

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями**

**ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ ГЕОДЕЗИЧНОГО СУПРОВОДУ
ПРОКЛАДАННЯ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ НА
ТЕРИТОРІЇ С. БІЛА.**

**Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти - другий (магістерський)**

Виконав:
студент ІІ курсу, групи 208-М
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
ОПП «Геодезія»
ОЛЕНТИР Микола Сергійович

Керівник к. *геогр .н., доц.* геодезії,
картографії та управління
територіями
ДАРЧУК Костянтин Вікторович

До захисту допущено:
протокол засідання кафедри № 3
від «18» «листопада» 2025 р.
Зав. кафедою _____ доц. Костянтин ДАРЧУК

Анотація

У роботі представлено комплексний геодезичний супровід реконструкції магістрального водогону DN800 між Шубранцем і Поповою, включаючи супровід прокладання труб, влаштування камер та оформлення виконавчої документації. Описано використані методи вимірювань, побудову геодезичної основи, застосоване обладнання та поетапну фіксацію робіт. Наведено процес обробки даних у Civil 3D, створення цифрових моделей та формування виконавчих схем і технічних звітів.

Ключові слова: геодезичний супровід, водогін DN800, Civil 3D, виконавча документація, тахеометр, GNSS, цифрова модель.

Abstract

The paper presents a comprehensive geodetic support of the reconstruction of the DN800 main water pipeline between Shubranets and Popova, covering pipe installation, chamber construction, and preparation of as-built documentation. It describes the applied surveying methods, creation of the geodetic control network, equipment used, and step-by-step field recording. The workflow in Civil 3D is detailed, including data processing, creation of digital models, and preparation of as-built drawings and technical reports.

Keywords: geodetic survey, DN800 pipeline, Civil 3D, as-built documentation, total station, GNSS, digital model.

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

М.С. Олентир
(підпис)

Заява

Олентиря Миколи Сергійовича

Номер студентської книжки:

Я заявляю, що наукова робота:

Прикладні аспекти геодезичного супроводу прокладання водопровідних мереж на території с. Біла

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 був, проінформований, про права та обов'язки студента, Університету, про правила, що стосуються перевірки оригінальності наукових робіт. Тому я заявляю, що я згоден, 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 свідомий, 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

<i>Вступ</i>	5
Розділ 1. Теоретико-методичні основи трасування лінійних споруд	7
1.1 Нормативно-правова база та вимоги до проєктування і будівництва водопровідних мереж	7
1.2 Геодезичне забезпечення будівництва водопроводу та підготовчі роботи	19
1.3 Винесення проєктної траси та створення геодезичної основи	24
Висновок до 1 розділу	28
Розділ 2. Геодезичний супровід земляних робіт та монтажу трубопроводу DN800	29
2.1 Геодезичний контроль розробки траншеї та знімання обсягів ґрунту	29
2.2 Улаштування основи трубопроводу та укладання труб DN800	37
2.3 Засипка трубопроводу та геодезичний супровід улаштування камер водопровідної мережі	40
Висновок до 2 розділу	56
Розділ 3. Обробка геодезичних вимірювань	57
3.1 Прилади геодезичних вимірювань	57
3.2 Обробка даних і складання документації	62
3.3 Аналіз точності якості виконаних робіт	69
Висновок до 3 розділу	74
Висновки	75
Список використаних джерел	78
Додатки	81

ВСТУП

Питання реконструкції та оновлення інженерних мереж водопостачання є особливо актуальним для більшості населених пунктів України. Значна частина магістральних водопроводів була збудована у другій половині ХХ століття та на сьогодні перевищила нормативний строк експлуатації. Фізичний знос труб, корозійні процеси, постійний робочий тиск у мережі та складні інженерно-геологічні умови призводять до частих аварій, втрат води та загрози стабільному водопостачанню споживачів.

Однією з таких проблемних ділянок є водопровідна магістраль, що проходить через село Біла Чернівецької області та забезпечує водопостачання міста Чернівці. Станом на початок виконання робіт трубопровід, прокладений понад 55–60 років тому, перебував в аварійному стані. Особливо критичними були ділянки з високим рівнем ґрунтових вод, наявністю підземних джерел, вологих піщано-гравійних ґрунтів та локальних водотоків. У таких умовах будь-які відхилення від проєктних рішень могли призвести до серйозних технічних та експлуатаційних проблем.

У зв'язку з цим геодезичний супровід будівництва водопровідних мереж набуває особливої ролі, оскільки саме від точності вимірювань, винесення траси та контролю монтажу залежить надійність і довговічність інженерної споруди.

Метою магістерської роботи є аналіз та узагальнення практичного досвіду геодезичного супроводу прокладання водопровідної мережі в селі Біла Чернівецької області з використанням сучасних вимірювальних технологій, а також оцінка точності та якості геодезичних робіт у складних природних умовах.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено вирішення таких завдань:

- проаналізувати нормативно-правову базу, що регламентує проєктування та будівництво зовнішніх водопровідних мереж;
- розглянути організацію геодезичного забезпечення реконструкції водогону;

- дослідити методику винесення проєктної траси трубопроводу в натуру;
- описати геодезичний супровід земляних робіт, укладання труб DN800 та влаштування камер;
- проаналізувати застосування електронних тахеометрів, GNSS-обладнання та нівелірів у процесі будівництва;
- оцінити точність вимірювань і якість виконавчої документації, сформованої у середовищі Autodesk Civil 3D.

Предметом дослідження є методи та технології геодезичного супроводу прокладання водопровідних мереж у складних інженерно-геологічних умовах.

Об'єктом дослідження є процес будівництва та реконструкції магістральної водопровідної мережі на ділянці, що проходить територією села Біла Чернівецької області.

Наукова новизна роботи полягає у систематизації практичних рішень геодезичного забезпечення будівництва водопроводу великого діаметра (DN800) з урахуванням складних ґрунтових умов, а також у комплексному використанні GNSS-технологій і електронної тахеометрії з подальшою цифровою обробкою результатів у середовищі Civil 3D.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання наведених методик і результатів під час виконання геодезичних робіт на аналогічних об'єктах реконструкції водопровідних мереж. Матеріали роботи можуть бути корисними для інженерів-геодезистів, проєктних організацій та студентів спеціальності «Геодезія та землеустрій».

Магістерська робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. У першому розділі розглянуто нормативні та організаційні основи геодезичного супроводу будівництва водопровідних мереж. Другий розділ присвячено геодезичному супроводу земляних робіт і монтажу трубопроводу DN800. У третьому розділі розглянуто особливості геодезичного забезпечення влаштування камер. Четвертий розділ містить опис вимірювального обладнання, обробки результатів, виконавчої документації та аналізу точності геодезичних робіт.

Розділ 1. Загальні положення щодо прокладання водопровідних мереж

1.1 Нормативно-правова база та вимоги до проєктування і будівництва водопровідних мереж

Проєктування, будівництво та експлуатація зовнішніх водопровідних мереж в Україні регулюється низкою нормативно-правових актів, державних будівельних норм (ДБН), стандартів (ДСТУ) та галузевих правил. Дотримання цих документів є обов'язковим для забезпечення безпеки, надійності та якості виконання робіт.

1. ДБН В.2.5-74:2013 „Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди“ (зі змінами)

Цей документ є базовим при проєктуванні водопровідних систем. Він встановлює основні вимоги до розроблення проєктної документації, матеріалів, способів укладання труб, гідравлічного розрахунку та інших аспектів.

Згідно з вимогами ДБН:

- Мінімальний діаметр трубопроводу для населених пунктів — 80 мм, навіть для сільських територій;
- Глибина закладання водопроводу залежить від рівня промерзання ґрунту і становить не менше 0,5 м, а у більшості регіонів — до 1,5–2 м;
- Санітарно-захисні зони мають бути витримані при прокладанні поблизу джерел забруднення (каналізацій, смітників, складів паливно-мастильних матеріалів);
- Перетин з іншими мережами (газопроводи, кабелі, колектори) повинен здійснюватися з урахуванням нормативних відстаней та обов'язковим застосуванням футлярів або захисних оболонок;
- Траси прокладання мають обиратися з урахуванням мінімального впливу на забудову, дороги, зелені зони тощо.

Також у ДБН чітко регламентується поділ водопровідних систем за

категоріями надійності, з урахуванням кількості споживачів, а також необхідності дублювання ліній для об'єктів критичної інфраструктури.

2. ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 „Проектування та монтаж мереж водопостачання з полімерних труб“

Цей стандарт доповнює основні положення ДБН і регламентує:

- Вимоги до полімерних труб, переважно поліетиленових (ПЕ), включаючи їх типи, клас тиску, діаметр, товщину стінок; Методи монтажу: зварювання стикове, електромуфтове, використання фітінгів, хомутів;
- Допуски на вигини труб, радіуси поворотів, а також методи кріплення на опорах або в траншеях; Особливості експлуатації полімерних труб, їх сумісність із ґрунтом, поведінка при різних температурах, вплив ультрафіолету та агресивного середовища.

Згідно з цим ДСТУ, полімерні труби повинні мати відповідні сертифікати відповідності, супровідні документи та бути встановлені у чіткій відповідності до технічних умов.

3. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України

Затверджені наказом Мінжитлокомунгоспу № 30 від 05.07.1995 року (остання редакція 2016 року), ці правила містять вимоги до:

- Підтримання працездатності систем — обстеження трубопроводів, перевірка арматури, облік втрат води;
- Організації чергових та аварійних бригад;
- Регламентних термінів — міжремонтного обслуговування, заміни, випробувань систем;
- Технічної документації — ведення паспортів, журналів обліку, схем розташування водопровідних мереж;
- Актування та контроль виконання робіт — обов'язкове оформлення актів на приховані роботи, фотофіксація тощо.

Ці правила є обов'язковими як для підприємств водопостачання, так і для будівельно-монтажних організацій, що виконують нове прокладання або

реконструкцію водопроводів.

4. Інші ДБН, що регламентують документацію та супровід

- ДБН А.2.2-3:2012 – визначає вимоги до складу проєктної документації на стадії «Робочий проєкт»;
- ДБН А.3.1-5:2009 – встановлює вимоги до організації будівельного контролю та технічного нагляду;
- ДБН В.1.2-5:2007 – регламентує класи наслідків (відповідальності) будівель, що впливає на точність, методику контролю, вимоги до документації.

Проектування та будівництво зовнішніх водопровідних мереж повинно здійснюватися відповідно до нормативної документації, з урахуванням особливостей рельєфу, гідрогеологічних умов, очікуваного тиску води та матеріалу труб. У випадку водопроводу великого діаметру, зокрема DN800, пред'являються підвищені вимоги до точності проєктних рішень і контролю за монтажем.

Під час проектування траси водопроводу враховуються інженерні, гідравлічні та планувальні умови місцевості. Зокрема, траса прокладається з урахуванням мінімальної загальної довжини мережі за умови забезпечення необхідних відстаней між точками водоспоживання. Особлива увага приділяється уникненню перетинів із наявними підземними комунікаціями та іншими інженерними спорудами. Перевага надається ділянкам із твердими або стійкими ґрунтами, що зменшує ризики деформацій траншеї. Також обов'язково забезпечується можливість самопливного режиму або створення оптимального робочого тиску в трубопроводі.

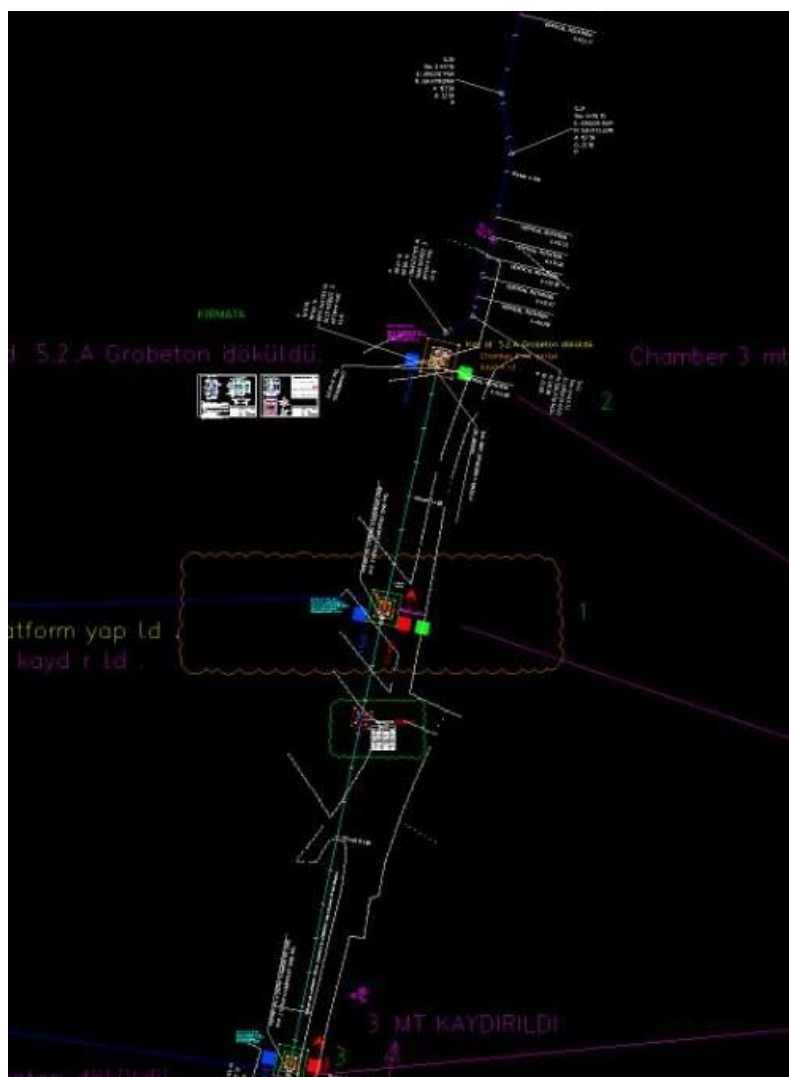


Рис. 1.1.1 Вигляд проекту

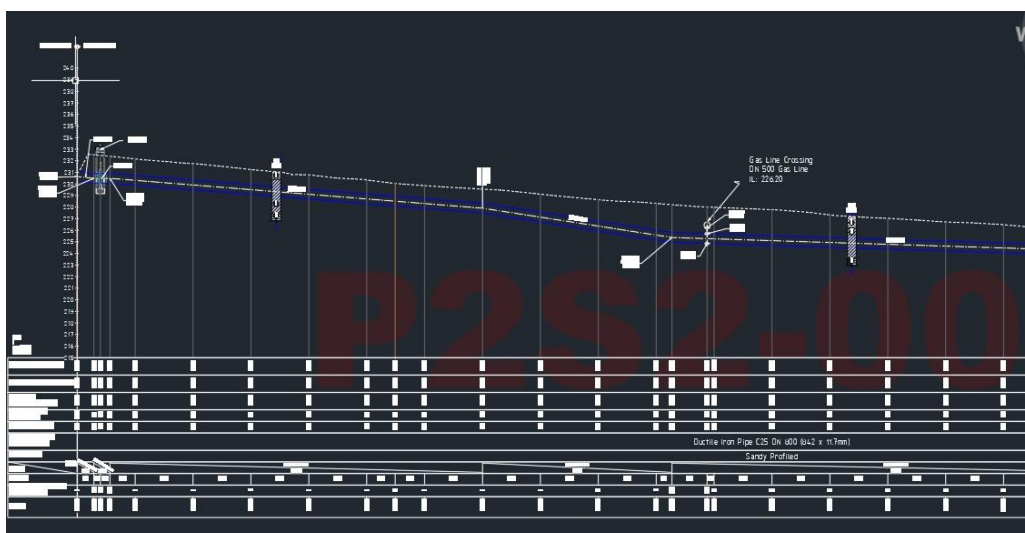


Рис. 1.1.2 Вигляд проекту в розрізі

Використовуються сталеві або полімерні труби. У більшості випадків у сільській місцевості або при подачі води до міста з великою відстані застосовують труби DN800, які здатні витримувати високий тиск.



Рис. 1.1.3 Вигляд розвантажених труб DN800

Глибина закладання та траншеї

Глибина залягання труб обирається з урахуванням глибини промерзання ґрунту (від 1,2 до 2,2 м в Україні), типу ґрунту та гідрогеологічних умов.

Траншеї виконувалися відповідно до проєктних рішень та вимог нормативних документів із суворим дотриманням геометричних параметрів і технології виконання робіт. Особлива увага приділялася стану дна траншеї, оскільки саме воно є основою для укладання труб і безпосередньо впливає на подальшу стабільність трубопроводу в процесі експлуатації. Дно траншеї ретельно вирівнювалося вручну і механізованим способом, після чого влаштовувалася піщана подушка з ущільненого промитого піску товщиною 10 см. Ущільнення піску виконувалося пошарово із застосуванням віброплит та ручного трамбування у важкодоступних місцях, що дозволяло досягти необхідної щільності та виключити подальші просідання.

Ширина траншеї у нижній частині перебувала під постійним контролем геодезистів та відповідала проєктним параметрам. Фактична ширина дна траншеї по всій довжині траси утримувалась на рівні 1,92 м, що є критично важливим для забезпечення безпечного монтажу труб DN800, виконання

зварювальних робіт, нанесення ізоляційних матеріалів, а також для вільного доступу монтажних бригад та геодезистів до контрольних точок. Контроль ширини та положення стінок здійснювався шляхом регулярних вимірювань тахеометром та рулеткою безпосередньо в траншеї, а результати фіксувалися у виконавчій документації.

У верхній частині траншеї ширина змінювалася залежно від глибини та фізико-механічних властивостей ґрунтів. У більшості випадків формувалися природні укоси, нахил яких забезпечував стійкість стінок та запобігав обвалам. У місцях із нестійкими піщаними ґрунтами, підвищеною вологістю або на ділянках поблизу водоносних горизонтів застосовувалися додаткові заходи щодо укріплення стінок траншеї. Зокрема, використовувалися тимчасові шпунтові огорожі, дерев'яні та металеві розпірки, що дозволяло запобігти обсипанню ґрунту, зберегти проєктну геометрію траншеї та забезпечити безпечні умови праці для робітників.

Під час улаштування траншей постійно здійснювався геодезичний нагляд за відмітками дна, шириною та лінійністю осі траси. Після кожного етапу розробки виконувалась контрольна зйомка дна траншеї, перевірялась відповідність фактичних відміток проєктним, а виявлені відхилення усувалися ще до початку укладання піщаної подушки та монтажу труб. Такий підхід дозволив мінімізувати ризики появи перепадів висот, локальних просідань основи та перекосів трубопроводу в процесі експлуатації.

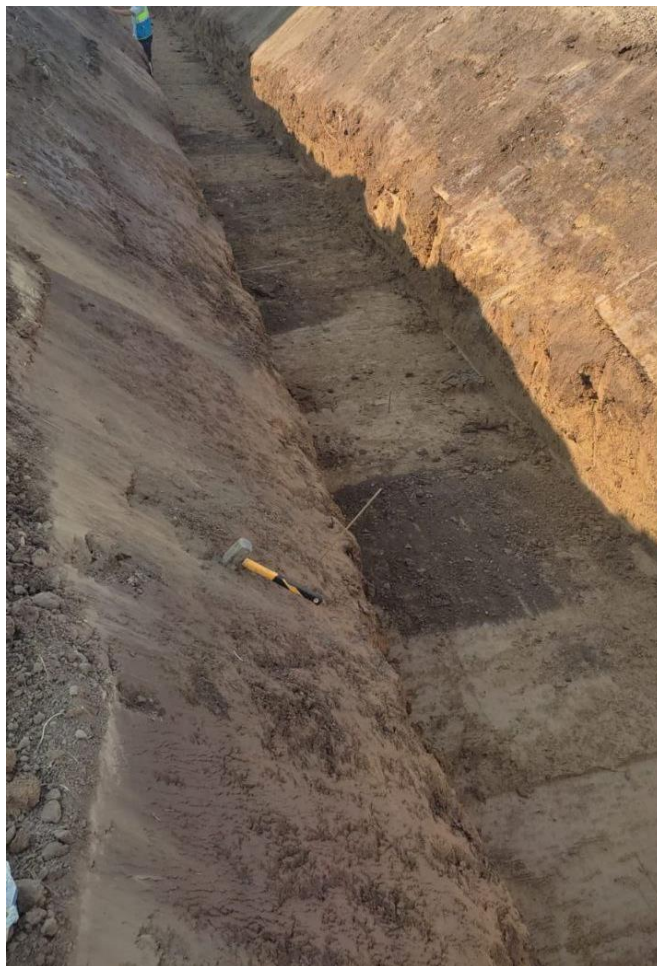


Рис. 1.1.4 Вигляд викопаної траншеї



Рис. 1.1.5 Вигляд викопаної траншеї та засипки подушки із піску під трубу

Монтаж трубопроводу виконується із застосуванням важкої будівельної техніки — екскаваторів, автокранів, тягачів та спеціальних стропувальних систем. Перед безпосереднім укладанням труби геодезисти проводять детальний контроль дна траншеї, перевіряючи відповідність проєктним

відміткам та рівність основи. Це гарантує правильне розташування трубопроводу та виключає можливі деформації під час експлуатації.

Під час монтажу геодезичний супровід є ключовим. Фахівці контролюють:

- точність положення осі трубопроводу;
- фактичні відмітки низа труби;
- дотримання поздовжнього ухилу згідно з проєктом;
- прив'язку кожного відрізка труби до координатної системи (через GNSS або тахеометр).

Труба встановлюється у проектне положення плавно, з мінімальними зміщеннями, після чого її положення додатково перевіряється перед початком засипання. На поворотних ділянках, стиках та місцях монтажу фланців виконується підвищений контроль, оскільки ці зони є найвідповідальнішими.

Після встановлення труби починається процес її фіксації та захисту шляхом підсипки та поетапного зворотного засипання траншеї.

Спочатку виконується бічна підсипка піском — зліва і справа по 40 см. Пісок ретельно ущільнюється шарами, щоб труба була надійно зафіксована та рівномірно оточена м'яким матеріалом, що запобігає пошкодженню під час подальших робіт. Далі здійснюється поступове засипання траншеї ґрунтом, також шарами з ущільненням.

Особлива увага приділяється ділянкам зі змінними ґрунтами, поблизу струмків або в місцях підвищеної вологості. Тут можуть застосовуватися додаткові захисні заходи — укладання гідроізоляційних матеріалів, стабілізація основи або навіть часткове бетонування для підвищення міцності та запобігання просіданню.

Завдяки такому комплексному підходу забезпечується надійність укладання трубопроводу DN800, його правильна робота та довговічність у складних геологічних умовах.

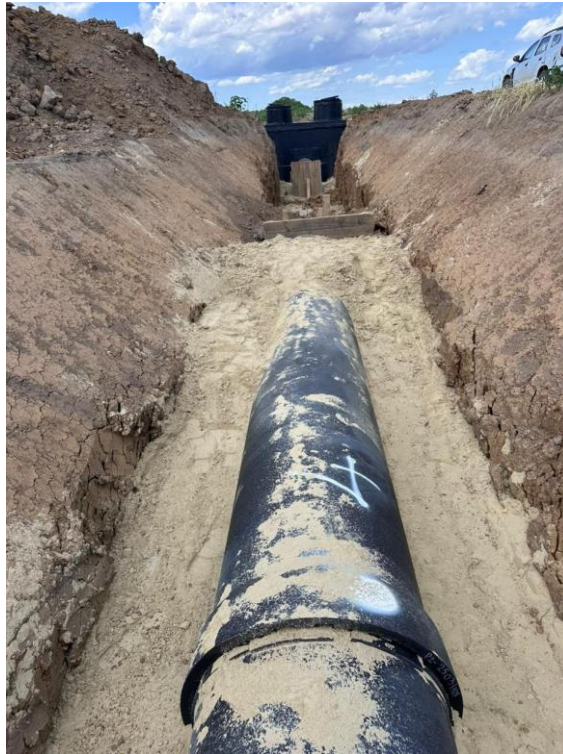


Рис. 1.1.6 Вигляд труби із боковими підсіпками піску

Під час виконання робіт на окремих ділянках траси виникали складні геологічні та гідрологічні умови, що суттєво впливали на технологію монтажу трубопроводу та камер. Найбільш проблемними були зони з мокрим ґравієм, пластичною глиною, високим рівнем ґрунтових вод, а також ділянки з природними перешкодами — перетинами струмків, ярів, місцями з нестабільними стінками траншеї та камер.

У таких умовах ґрунти втрачали стійкість, стінки траншей могли обсипатися, а рівень води швидко підніматися, що ускладнювало як розробку котлованів, так і точне встановлення проєктних відміток. Крім того, мокрий ґравій та розріджена глина вимагали додаткового ущільнення та стабілізації перед укладанням труб і бетонуванням камер.

Для забезпечення безпечного та якісного виконання робіт застосовували комплекс допоміжних заходів, зокрема:

- **Відкачування води насосами** — безперервне або періодичне зниження рівня ґрунтових вод до безпечної позначки, що дозволяло виконувати монтаж труб і бетонні роботи без ризику розмивання основи.

- **Улаштування тимчасових дренажів** — траншейні або точкові дренажні системи застосовувалися на ділянках з постійним притоком води, сприяючи стабілізації ґрунту навколо котлованів.
- **Бетонування основ або укріплення стінок гравійною обсіпкою** — дозволяло запобігти осіданню та зсувам, створювало тверду основу для монтажу камер, а також стабілізувало схили і бокові поверхні траншеї.
- **Застосування щитів або дерев'яного кріплення** (у разі потреби) — для фіксації нестійких ґрунтів і забезпечення безпечних умов роботи персоналу.

Завдяки таким заходам монтаж трубопроводу DN800 та камеру в складних умовах здійснювався з дотриманням проєктних параметрів, забезпечуючи довговічність та надійність споруд.



Рис. 1.1.7



Рис. 1.8

Рис. 1.1.7 та 1.1.8 Вигляд траншеї із ґрунтовими водами

Для всіх основних елементів водопровідної мережі — вузлів з'єднань, засувок, поворотів, перепадів висот та місць зміни діаметра труб — проектом передбачено влаштування камер. Їх будівництво має важливе значення, оскільки саме в камерах розміщуються елементи, доступ до яких потрібен для подальшої експлуатації, обслуговування та ремонтів.

Процес улаштування камери складається з кількох етапів. Після розробки ґрунту виконується підготовка основи — зазвичай це піщана або щебенева подушка, яка забезпечує рівномірний розподіл навантажень та стабільність конструкції. Далі відбувається заливання фундаменту з обов'язковим армуванням, що гарантує міцність та стійкість камери до ґрунтового тиску.

Після набору міцності фундаменту встановлюються стінки камери, які можуть бути монолітними або збірними, залежно від типу конструкції. Завершальним елементом є монтаж плит перекриття, де передбачаються отвори для люків або технологічних входів. На всіх етапах виконуються роботи з гідроізоляції, оскільки саме вона забезпечує довговічність конструкції,

захищаючи її від проникнення ґрунтових вод і подальшої корозії металевих елементів.



Рис. 1.1.9 Вигляд підготовки піщаної подушки камери



Рис. 1.1.10 Вигляд бетонної підготовки перед фундаментом (підбетонка)

1.2 Геодезичне забезпечення будівництва водопроводу та підготовчі роботи

Геодезичний супровід є критично важливим етапом при будівництві водопровідних мереж, особливо коли йдеться про великі діаметри, як-от DN800, де точність і контроль положення труб мають принципове значення для забезпечення герметичності, надійності та довговічності системи.

Усі геодезичні роботи поділяються на три основні етапи:

1.2.1. Початковий етап – підготовка та зйомка

Перед початком проєктування та будівельних робіт виконувалася детальна топографічна зйомка території, необхідна для отримання актуальної та точної інформації про місцевість. Зйомка охоплювала визначення рельєфу, форм мікрорельєфу, гідрографічних елементів, а також фіксацію існуючих інженерних мереж і будь-яких об'єктів, які можуть впливати на прокладання труб: будівель, дорожнього покриття, укосів, зелених насаджень чи інших потенційних перешкод. Особливу увагу приділяли проблемним або складним ділянкам — низинам, ярам, місцям зі заболоченим ґрунтом чи підвищеною вологістю.

Для забезпечення високої точності вимірювань використовувались тахеометри, GNSS-приймачі (базова станція та ровер) та нівеліри для уточнення висотних позначок. Паралельно із топографічною зйомкою створювався геодезичний полігон — система постійних реперів і закріплених точок, які служили основою для всіх подальших будівельно-монтажних та виконавчих робіт. Завдяки цьому забезпечувалась стабільність координатної основи на всіх етапах будівництва.



Рис. 1.2.1 Вигляд однієї точки полігону



Рис. 1.2.2 Розмічування проектної лінії труби та верху траншеї

1.2.2. Супровід прокладання – винесення в натуру

У процесі будівництва водопровідної мережі роль геодезиста є ключовою, оскільки саме він забезпечує точність положення трубопроводу та всіх конструктивних елементів на місцевості. Роботи виконуються у кілька етапів, і кожен з них вимагає максимальної уважності та точності. Перш за все виконується винесення осі майбутнього водогону в натуру — це базова операція, від якої залежить правильність розташування всієї траси. Після

визначення осі проводиться детальне встановлення проєктних відміток укладання труб. Для труб великого діаметра, таких як DN800, допустиме відхилення обчислюється буквально в сантиметрах, тому геодезист працює з високоточною апаратурою та перевіряє кожну установку двічі.

Окремо контролюється глибина траншеї: фактичні відмітки дна порівнюються з проєктними, щоб забезпечити необхідний ухил та уникнути провисань труби. Особлива увага приділяється ділянкам, де трубопровід змінює напрямок, має повороти, стикується з камерами, оглядовими колодзями або перетинає інші комунікації. Тут кожна похибка може створити накопичувальний ефект, який проявиться лише під час експлуатації — наприклад, при нерівномірному розподілі тиску або під час промивання лінії.

Складні інженерно-геологічні умови — різкі перепади рельєфу, нестабільні ґрунти, наявність діючих мереж, кабельних трас, газопроводів — потребують постійного моніторингу. Геодезист перевіряє фактичні параметри після кожного етапу розробки ґрунту, укладання труби, засипки або бетонування.

Оскільки труби DN800 мають великий діаметр та масу, їх практично неможливо "підкоригувати" після того, як їх опустили на проєктну відмітку. Тому точність на етапі монтажу є критично важливою. У нашому проєкті для цього використовувався високоточний тахеометр — він дозволяв виконувати прецизійні вимірювання, контролювати положення труби в плані та по висоті і давати монтажникам точні директивні значення. Паралельно застосовувалися GPS-приймачі для надійної прив'язки всієї траси до координатної системи SC63 zone 2, що забезпечувало узгодженість між польовими вимірюваннями, проєктними даними та подальшою обробкою у Civil 3D.



Рис. 1.13 Встановлення тахеометра та прив'язка до полігону



Рис. 1.14 Вигляд координат однієї точки полігону



Рис. 1.15 Розмічування камери та вирахування рівня ескавації

Після завершення монтажу трубопроводу виконується комплекс виконавчих геодезичних робіт, спрямованих на документальне підтвердження відповідності фактичного прокладання проєктним даним. На цьому етапі геодезист формує виконавчі схеми у Civil 3D (або AutoCAD), де відображаються реальні положення труб, поворотів, з'єднань, камер та арматури.

Додатково готується акт геодезичного контролю, у якому фіксуються координати всіх ключових елементів — вузлів, колодязів, поворотних точок, засувок та інших конструктивних деталей. Завершальним результатом є геодезичний звіт, що включає графічні матеріали, таблиці координат, висотні відмітки та фото-документацію, яка підтверджує якість і послідовність виконаних робіт.



Рис. 1.16 Вигляд робочого проєкту в паперовому варіанті.

1.3 Винесення проєктної траси та створення геодезичної основи

Перед початком геодезичних робіт було проведено візуальне обстеження траси майбутнього водопроводу на ділянці між резервуарами чистої води в Шубранці та резервуарами в Поповій (офіс і штаб геодезичного супроводу знаходився в с. Біла), а також аналіз географічних, гідрогеологічних та інженерно-будівельних умов. Протяжність траси складала кілька кілометрів і проходила як по відносно рівнинній території, так і через складні ділянки з високим рівнем ґрунтових вод, мокрим ґравієм та заболоченими зонами.

Рельєф місцевості — переважно рівнинний, однак із незначними перепадами висот. У кількох місцях прокладання траси перетиналося зі струмками та водонасиченими ділянками. Також частина маршруту проходила неподалік існуючих забудов, старого водопроводу віком понад 55 років.

Після завершення монтажу трубопроводу проводиться комплекс виконавчих геодезичних робіт, метою яких є документальне підтвердження фактичного виконання робіт відповідно до проєкту. На цьому етапі у Civil 3D формується повний комплект виконавчих схем, де відображаються реальні положення труб, колодязів, поворотів, засувок та інших елементів системи. Паралельно готується акт геодезичного контролю, у якому фіксуються координати та висотні відмітки всіх ключових вузлів.

До фінального пакета документації також входить геодезичний звіт, що містить цифрові моделі, креслення, таблиці координат, а також фотофіксацію виконаних робіт. Це забезпечує прозорість, точність і повну трасованість всіх етапів будівництва.



Рис. 1.3.1



Рис. 1.3.2

Рис. 1.3.1 та 1.3.2 Вигляд підготовки робочої зони

Після отримання топографічної основи й проєктної документації було виконано винесення в натуру осі водопроводу. Для створення актуальної топографічної основи замовник найняв компанію «Мірничий», яка виконала повну топографічну зйомку вздовж запроєктованої траси водопроводу протяжністю 7 км. Зйомка проводилась у смузі шириною 15 м ліворуч та 15 м праворуч від центральної осі, що забезпечило достатній обсяг даних для коректного проєктування та подальших будівельних робіт.

У процесі виконання цих робіт наша геодезична група супроводжувала спеціалістів компанії «Мірничий», забезпечуючи доступ до ділянок та

комунікацію з місцевими жителями. Оскільки частина траси проходила через приватні земельні ділянки, необхідно було узгодити вхід на територію з їхніми власниками. Геодезисти попередньо проводили роз'яснювальну роботу, пояснювали мету зйомки та отримували згоду людей на виконання топографічних робіт. Це дозволило безперешкодно завершити зйомку на всіх ділянках і уникнути конфліктних ситуацій.

Після завершення формування топооснови та отримання усіх вихідних даних виконано винесення в натуру осі водопроводу. Геодезистами була забезпечена точна передача проєктного положення осі трубопроводу на місцевість із прив'язкою до діючої координатної системи, використовуючи GPS-приймачі в режимі RTK.

Точки осьового винесення фіксувалися кілками, маркерами або фарбуванням у місцях, де це дозволяв рельєф та умови проходження техніки. Додатково встановлювались пікети в місцях поворотів траси, розташування камер, вузлів та технологічних елементів, що забезпечувало точність монтажних робіт та дотримання проєктної геометрії трубопроводу.



Рис. 1.3.3 Розмітка лінії водогону та межі робочої зони

Створення геодезичної основи (полігон точок)

Для забезпечення стабільного та точного геодезичного контролю було закладено геодезичну основу у вигляді полігону точок. Точки встановлювались по всій довжині траси та фіксувались у координатній системі С.

При створенні полігону враховувалась зручність доступу, наявність вільного простору для роботи приладів, стабільність основи (щоб уникнути зміщення під час будівництва).



Рис. 1.3.4



Рис. 1.3.5

Рис 1.3.4 та 1.3.5 Вигляд тимчасової марки та реперної точки у вигляді забитої арматури та з використанням кернера для стабільної точки.

Висновки до розділу 1

Розглянуто загальні положення щодо проєктування, будівництва та геодезичного забезпечення прокладання водопровідних мереж великого діаметра на прикладі водопроводу DN800. Проаналізовано основну нормативно-правову базу, яка регламентує виконання робіт у сфері водопостачання, зокрема державні будівельні норми, національні стандарти та правила технічної експлуатації. Встановлено, що дотримання вимог ДБН і ДСТУ є обов'язковою умовою забезпечення надійності, безпеки та довговічності водопровідних мереж, особливо на об'єктах критичної інфраструктури.

У розділі детально описано особливості проєктування траси водопроводу, вибору матеріалів труб, глибини закладання, параметрів траншей та технології монтажу труб DN800 у різних інженерно-геологічних умовах. Особливу увагу приділено впливу складних ґрунтових і гідрологічних умов на організацію земляних робіт, монтаж труб і влаштування камер, а також необхідності застосування додаткових технічних заходів для стабілізації основи та захисту конструкцій.

Значну роль у забезпеченні якості будівництва відіграє геодезичний супровід, який охоплює всі етапи реалізації проєкту — від створення топографічної основи та геодезичного полігону до винесення проєктної траси в натуру, контролю монтажу трубопроводу та оформлення виконавчої документації. Показано, що використання сучасного геодезичного обладнання (GNSS-приймачів, тахеометрів, нівелірів) у поєднанні з цифровою обробкою даних у середовищі Autodesk Civil 3D забезпечує високу точність вимірювань і повну відповідність фактичного виконання робіт проєктним рішенням.

Отже, розглянуті у розділі теоретичні та практичні положення створюють необхідну основу для подальшого детального аналізу геодезичного супроводу земляних робіт, монтажу трубопроводу та інших етапів будівництва водопровідної мережі, що буде висвітлено у наступних розділах роботи.

Розділ 2. Гедезичний супровід земляних робіт та монтажу трубопроводу DN800

2.1 Гедезичний контроль розробки траншеї та знімання обсягів ґрунту

Перед початком земляних робіт виконувалося знімання родючого шару ґрунту товщиною 30–40 см. Роботи проводились по всій довжині траси майбутньої траншеї для водопроводу DN800, відповідно до заданої гедезичної осі.

Від проєктної лінії знімання здійснювалось:

- на 2,75 м вліво,
- на 9 м та 15 м вправо.

Хоча сама траншея мала ширину 0,95 м зліва та справа від осі (вгорі — до 1,5 м), родючий шар знімався на значно ширшій ділянці. Це дозволяло використовувати простір праворуч від траншеї для складування вийнятої глини без її змішування з родючим шаром, що важливо для подальшого відновлення ландшафту.

Гедезичне забезпечення включало фіксацію меж знімання та контроль фактичної товщини знятого шару. Для цього застосовувались GPS-приймачі (у режимі RTK) та тахеометрична зйомка. Дані вносились у виконавчу документацію та оброблялись у середовищі Civil 3D.



Рис. 2.1.1



Рис. 2.1.2.



Рис. 2.1.3.

Рис. 2.1.1, 2.1.2, та 2.1.3 Вигляд робіт по зніманню родючого шару ґрунту.

Роботи в складних інженерно-геологічних умовах

Будівництво камер часто відбувається в складних ґрунтових умовах, що потребує постійного контролю та коригування технології робіт. На ділянках із глинистими ґрунтами під час розробки котловану можливі зсуви укосів, налипання ґрунту на стінки та нестабільність ґрунтової маси. У таких умовах

геодезист регулярно перевіряє фактичні розміри котловану та зіставляє їх із проєктними, контролюючи відмітки дна й можливі осідання.

На піщаних ділянках ситуація ускладнюється тим, що стінки котловану швидко обсипаються, особливо за наявності води. Тому обов'язковим є встановлення шпунтового або іншого тимчасового огородження, яке забезпечує стійкість котловану. Геодезист додатково контролює стабільність укосів і відмітки дна після кожного етапу робіт.



Рис. 2.1.4 Обвал ґрунту після розкриття піщаної основи під глиною

У районах із високим рівнем ґрунтових вод застосовується система відкачування або голкофільтри для пониження рівня води. Після осушення дна обов'язково виконується повторна нівелірна перевірка, щоб виключити ризик деформацій перед початком бетонування. Якщо підтоплення повністю усунути неможливо, бетонування проводять із використанням протифільтраційних бетонів або спеціальних сумішей, які дозволяють працювати у вологих умовах і забезпечують надійну основу та стінки камери. Такий підхід дозволяє безпечно та якісно виконувати будівництво камер навіть у найскладніших інженерно-геологічних умовах.



Рис. 2.1.5 Вигляд впливу підземних вод та невеликого струмка



Рис. 2.1.6 Вигляд швидко підступаючої води із-за підземних вод, та їх постійне викачування

У траншеях із підвищеним рівнем ґрунтових вод обов'язково застосовується відкачування води або система голкофільтрів для стабілізації дна. Після видалення води геодезист виконує повторну нівелірну перевірку, оскільки розмоклий ґрунт часто дає нерівномірні осідання.

Якщо дно траншеї залишається розрихленим чи водонасиченим, додатково знімають 10–15 см проблемного ґрунту й замінюють його сухим матеріалом — зазвичай піском або сухою ґрунтовою сумішшю з подальшим ущільненням.

Така заміна забезпечує стабільну основу для подальшого укладання труб, мінімізує ризик деформацій і гарантує якість монтажу водогінної лінії навіть у складних гідрогеологічних умовах.



Рис. 2.1.7 Вплив пошкодженої сусідньої гілки водогону

Земляні роботи виконувались із застосуванням екскаваторної техніки з поетапним очищенням дна траншеї від сипкого ґрунту. Глибина розкопок визначалася проєктними відмітками та в середньому становила від 2,0 до 3,5 м залежно від рельєфу місцевості, поздовжніх ухилів траси та гідрогеологічних умов ділянки.

Ширина траншеї у нижній частині відповідала проєктним рішенням та забезпечувала можливість безперешкодного монтажу трубопроводу з урахуванням піщаної підготовки під трубу, а також виконання стикових з'єднань. У верхній частині траншея розширювалася за рахунок природного укосу ґрунту, який досягав до 1,5 м з кожного боку від осі трубопроводу. Таке розширення було необхідне для забезпечення стійкості укосів, безпечної роботи персоналу та розміщення будівельної техніки.

У процесі розробки траншеї здійснювався постійний геодезичний контроль її планового та висотного положення. З метою контролю обсягів виконаних земляних робіт, перевірки відповідності фактичних параметрів траншеї проєктним рішенням, а також для подальшого складання виконавчої документації застосовувалась геодезична зйомка.

Для цього використовували:

- електронний тахеометр – для фіксації контурів траншеї та глибин у характерних місцях;

- GPS-приймач у режимі RTK – для швидкого визначення координат контрольних точок та висот;
- Нівелір – для перевірки глибин у процесі копання.

Зйомка виконувалась після проходження кожної технологічної ділянки траншеї, а також після досягнення проєктної глибини. Особлива увага приділялася контролю поздовжнього ухилу дна траншеї, оскільки від цього залежала правильність укладання труб та дотримання самопливного режиму роботи трубопроводу.

Польові вимірювання фіксувалися у виконавчих журналах із зазначенням дати, ділянки робіт, глибин та відміток. Отримані дані оброблялися у програмному середовищі Autodesk Civil 3D, де виконувалося цифрове моделювання фактичного рельєфу траншеї, побудова поперечних профілів та обчислення об'ємів вийнятого ґрунту. Це дозволяло зіставити фактичні обсяги розробки з проєктними показниками, своєчасно виявляти відхилення та оперативно коригувати хід виконання робіт.



Рис. 2.1.8 Копання траншеї із геодезичним супроводом.

Після завершення розробки траншеї та її підготовки виконувалося влаштування піщаної подушки під прокладання трубопроводу діаметром DN800. Товщина піщаного шару відповідала проєктним вимогам і становила 10 см. Піщана основа призначалася для створення рівної опорної поверхні, зменшення концентрації напружень у зоні контакту труби з ґрунтом та запобігання локальним просіданням.

Для виконання робіт застосовувався промитий пісок без домішок глинистих та органічних включень, що забезпечувало належні умови для ущільнення та стабільність основи. Пісок доставлявся на об'єкт автосамоскидами та складався у попередньо підготовлені тимчасові відсипи, після чого за допомогою екскаватора рівномірно розподілявся по дну траншеї.

Особливу увагу приділяли процесу ущільнення піщаного шару, оскільки від цього безпосередньо залежить несуча здатність основи та довговічність трубопроводу. Ущільнення виконувалося у два способи: механічними віброплитами у нижній та відкритій частині траншеї, а також ручними трамбівками у важкодоступних місцях, зокрема поблизу укосів та в зонах обмеженого доступу техніки.

Для забезпечення однакової товщини піщаної подушки по всій довжині траси перед початком засипки у дно траншеї забивалися відрізки арматури довжиною до 70 см, рівні який виводилися в проєктну відмітку за допомогою тахеометра та червоної ізоленти. Це дозволяло здійснювати постійний геодезичний контроль відміток піщаного шару безпосередньо під час виконання робіт. Допустиме відхилення по товщині шару не перевищувало ± 1 см.

Правильно влаштований та рівномірно ущільнений піщаний шар забезпечував рівномірний розподіл навантаження від трубопроводу на основу, зменшував ризик виникнення деформацій, перекосів і додаткових напружень у трубі, а також сприяв підвищенню загальної надійності та довговічності експлуатації водопровідної мережі.



Рис. 2.1.9 Вигляд засипки 10 см шару піску



Рис. 2.1.10 Трамбування 10 см шару піску

2.2 Улаштування основи трубопроводу та укладання труб DN800

Монтаж трубопроводу DN800 здійснювався після завершення підготовчих робіт, облаштування піщаної подушки та перевірки її відміток. Для укладання використовувалася важка техніка — екскаватори та автокрани з вантажопідйомністю, достатньою для переміщення секцій труб. Ї

Технологія монтажу:

- труби доставлялися на ділянку автотранспортом та розвантажувалися за допомогою крана-маніпулятора;
- укладання проводилось поетапно від початкового колодязя у напрямку траси;
- підйом і встановлення труби в траншею здійснювався екскаватором спеціальними стропами з м'якими прокладками, щоб уникнути пошкодження антикорозійного покриття;
- після встановлення труба вирівнювалася згідно з проєктними відмітками за допомогою геодезичного контролю виключно тахеометром

Геодезичний контроль:

- перевірка осевого положення труби відносно проєктної лінії;
- контроль висотних відміток низу труби;

Особливу увагу приділяли герметизації стиків. Монтаж стикових з'єднань проводився з використанням гумових ущільнювальних кілець та спеціальної змазки.



Рис. 2.2.1

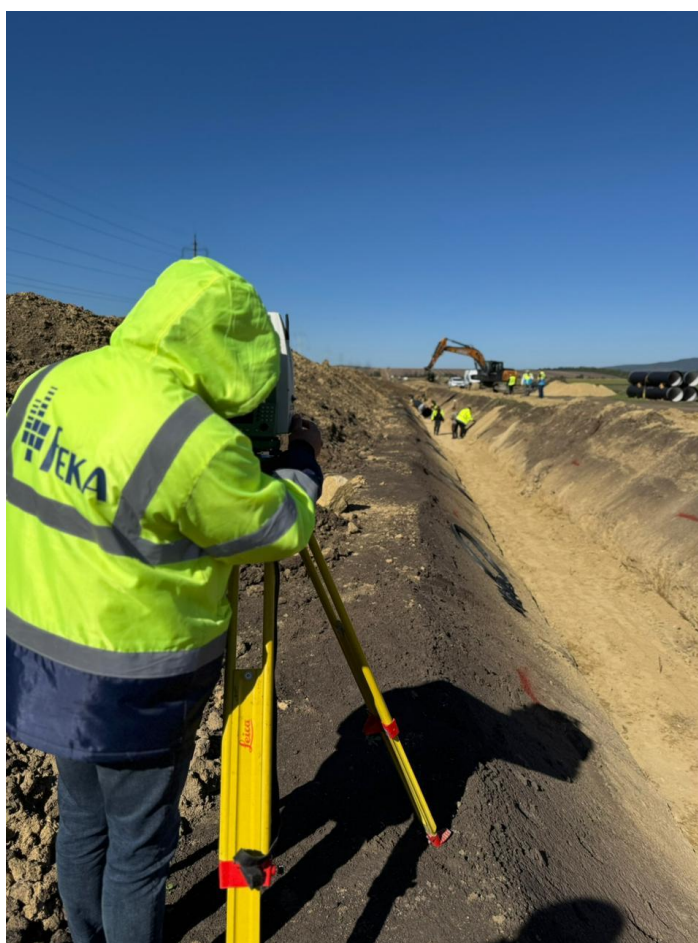


Рис. 2.2.2



Рис. 2.2.3

Рис. 2.2.1 – 2.2.3 Вигляд монтажу та геодезичного супроводу труб типу ДН800.

2.3 Засипка трубопроводу та геодезичний супровід улаштування камер водопровідної мережі

Після укладання труб DN800 виконувалась бічна підсипка піском. Цей етап є одним із найвідповідальніших, адже правильне ущільнення навколо труби забезпечує її стійкість та захист від деформацій під дією ґрунтового тиску.

Технологія виконання:

- з обох боків від труби влаштовувалася піщана підсипка товщиною не менше 40 см;
- пісок завозився самоскидами та розподілявся екскаватором уздовж траншеї;
- безпосередньо біля труби пісок укладався вручну лопатами, щоб уникнути пошкодження ізоляції;
- пошарове ущільнення здійснювалося віброплитою або ручними трамбівками у два етапи по 20 см;
- особливу увагу приділяли рівномірності ущільнення з обох боків, щоб труба не зсунулася зі своєї проєктної відмітки.

Геодезичний контроль:

- перед засипкою створювались позначки верхньої частини шару кольоровою фарбою;
- після засипки та трамбування виконувалася перевірка проєктної відмітки піску.

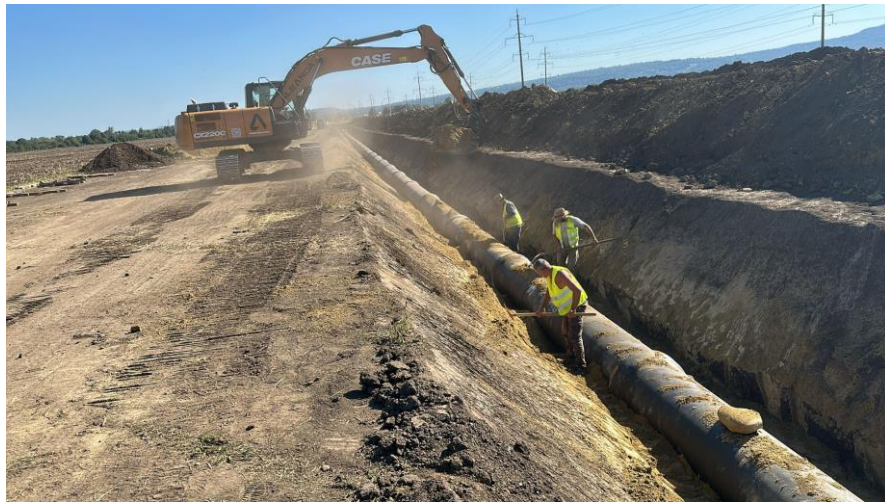


Рис. 2.3.1 Вигляд засипки піску



Рис. 2.3.2 Вигляд ручних трамбівок



Рис. 2.3.3 Фінальний вигляд засипки 40 см шару піску

Після завершення бічної підсіпки та забезпечення стійкості труби DN800 виконувалась зворотна засипка траншеї. На цьому етапі використовувалась глина яка була вилучена під час розробки траншеї.

Технологія виконання:

- перші шари засипки до рівня 30 над трубою виконувалися глиною без великих каменів, будівельного сміття чи органічних залишків, щоб не пошкодити ізоляцію труби;
- у місцях проходження автомобільних доріг та інших навантажених ділянок засипка виконувалась із посиленим ущільненням або повною заміною глиною піском

Особливості виконання:

- глина, знята на початкових етапах, відсипалась у верхній частині траншеї.
- у випадках високого рівня ґрунтових вод зворотна засипка виконувалась із урахуванням дренажних заходів (обсипка щебнем, облаштування тимчасових водовідводів).

Геодезичний контроль:

- після завершення засипки проводилася перевірка позначок поверхні та відповідності її проєктному рельєфу;
- фіксувалася висота засипки в контрольних точках для подальших виконавчих схем.



Рис. 2.3.4. Розмітка лінії зворотної засипки глини

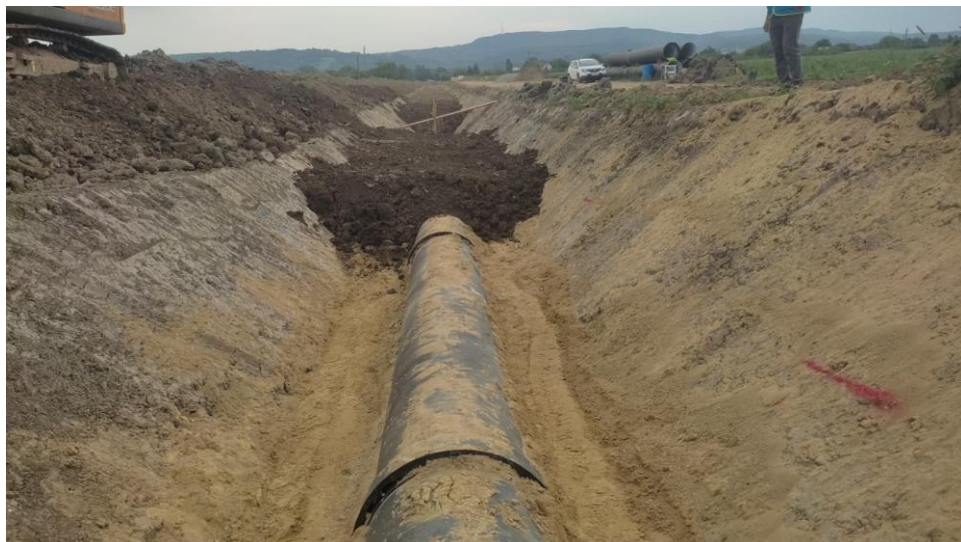


Рис. 2.3.5 Вигляд зворотної засипки



Рис. 2.3.6. Вигляд 30 см глини поверх труби

Геодезичний супровід будівництва передбачав щоденне знімання фактично виконаних робіт.

Це дозволяло:

- контролювати правильність укладання трубопроводів DN800;
- своєчасно виявляти відхилення від проєктних відміток і координат;
- вести виконавчу документацію у відповідності до нормативних вимог.

Методика виконання:

- знімання виконувалось електронним тахеометром та GPS-приймачами;
- фіксувалися координати осі трубопроводу, відмітки низу та верху труби, положення стиків і вузлів;
- дані записувалися у журнал польових вимірювань і передавалися на камеральну обробку;
- після засипки проводився контроль рельєфу для перевірки відновлення проєктних відміток поверхні.

Документація:

- результати щоденного знімання оформлювались у вигляді схем та виконавчих креслень;
- ці матеріали використовувались для звітності та передачі замовнику як підтвердження обсягів та якості виконаних робіт.



Рис. 2.3.7 Вигляд проведення тахеометричної зйомки траншеї

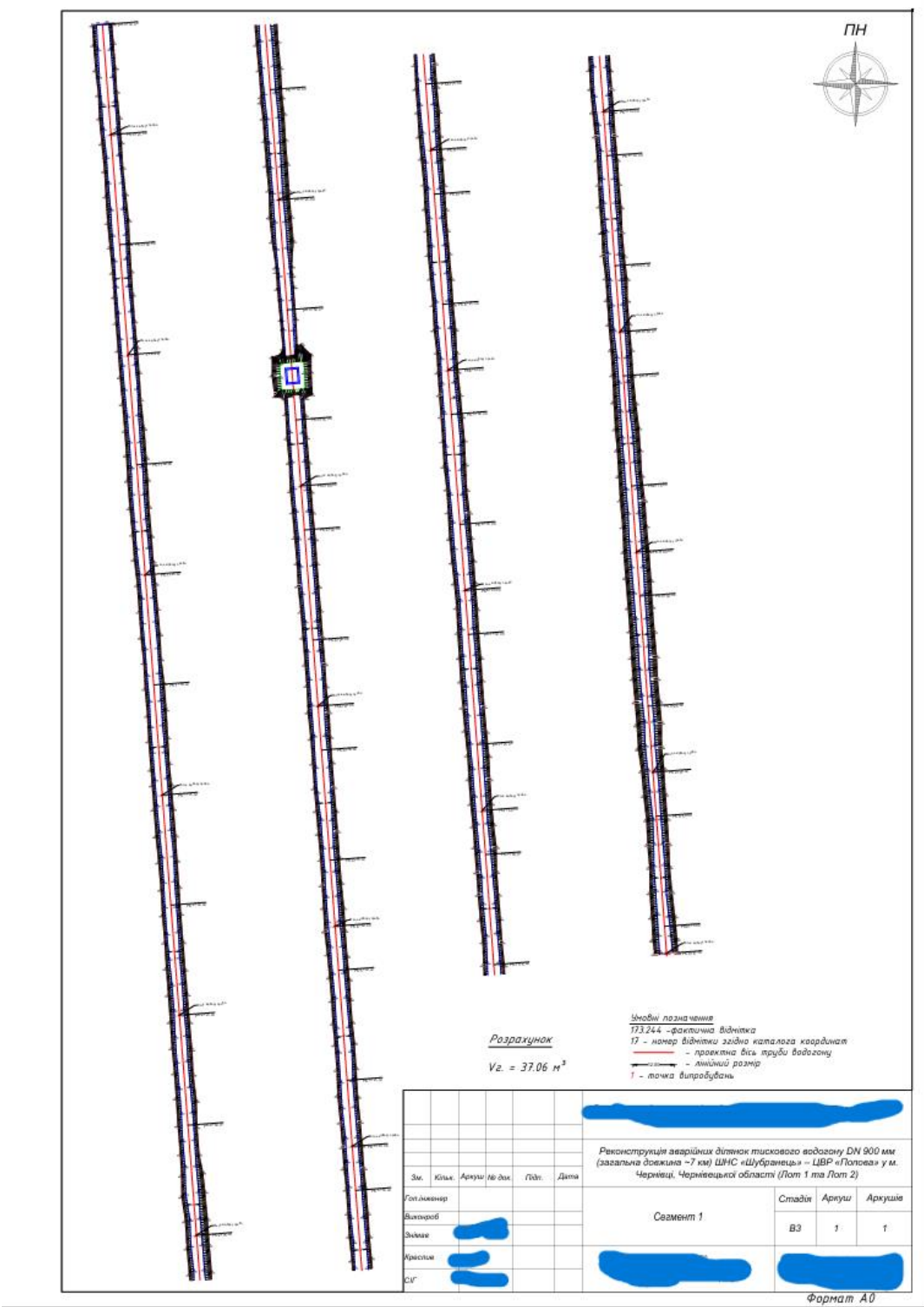


Рис. 2.3.8 Вигляд виконавчої схеми

У додатку 1 представлено схеми каналу та камери.

Камери водопровідних мереж є ключовими елементами системи, оскільки в них розміщуються засувки, з'єднання труб та контрольні вузли. Перед початком земляних робіт геодезисти виконують винесення осей та контурів камери в натуру.

Основні операції:

- За проектними координатами визначаються центральні осі камери та місця примикання трубопроводів.
- За допомогою електронного тахеометра виконується закріплення чотирьох основних кутових точок котловану. Для зручності закріплюють додаткові допоміжні точки з віднесенням за межі зони екскавації.
- Висотні відмітки дна камери контролюються нівелюванням та контролем тахеометра.

Екскавація котловану здійснюється з урахуванням типу ґрунтів:

- у зв'язних (глинистих) ґрунтах можливий розроблений котлован із крутішими укосами;
- у піщаних і водонасичених ґрунтах — обов'язкове укріплення шпунтовим огородженням.

Роль геодезиста на цьому етапі — контроль глибини та розмірів котловану, правильності дотримання проектних розмірів і ухилів дна.



Рис. 2.3.9 Вигляд ескавації камери (глибина 4.5 – 5 м.)

Дно котловану після завершення земляних робіт проходило кілька етапів підготовки, спрямованих на забезпечення надійності фундаментної основи та тривалого строку експлуатації камери. Після механічної розробки ґрунту дно вручну вирівнювали лопатами та планувальними інструментами, усуваючи локальні ями, підсипання та нависаючі ділянки, які могли вплинути на рівність та стабільність основи.

Перед улаштуванням підготовчого шару обов'язково проводилася перевірка стану ґрунту: визначалась його щільність, вологість та наявність м'яких прошарків. Якщо виявлялися слабкі ґрунти (суглинки високої вологості, торф'яні включення, пластичні глини), їх вибирали додатково на глибину 10–30 см із подальшою заміною на більш стійкий матеріал. Це дозволяло уникнути нерівномірних осідань камери під час експлуатації.

У стандартних умовах на дно влаштовувався піщаний шар товщиною 10см. Пісок засипався шарами по 5 см із поетапним ущільненням вібротрамбуванням до досягнення проєктного коефіцієнта ущільнення (не менше 0,95 згідно з вимогами ДБН В.2.3 та ДСТУ-Н Б А.3.1-5).

Піщана основа виконувала відразу декілька функцій:

- рівномірно розподіляла навантаження від конструкції камери;
- компенсувала нерівності природної основи;
- запобігала капілярному підйому вологи;
- створювала стабільну поверхню для подальшого бетонування.

Якщо в котловані фіксувалась підвищена вологість, вихід ґрунтових вод, або при проходженні обводнених ділянок, застосовувався щебінь фракції 20–40 мм. Щебенева основа забезпечувала кращі дренажні властивості, дозволяла воді проходити через шар і уникнути її накопичення під фундаментною плитою. За необхідності додатково облаштовувались дренажні канали або встановлювався трубчастий дренаж, особливо в місцях з високим горизонтом ґрунтових вод.

Геодезичний супровід на цьому етапі був критично важливим. Перед початком засипання геодезисти виконували контрольну нівелірну зйомку дна котловану для визначення фактичних відміток та їх відповідності проєктним. Після укладання кожного шару піску або щебеню проводилась повторна перевірка.

Особливу увагу приділяли:

- точності горизонтальності основи;
- відповідності товщини шару проєкту;
- дотриманню проєктної позначки з точністю до ± 1 см;
- рівномірності ущільнення по всій площі фундаменту;
- контролю відсутності локальних провалів або просідань після трамбування.

Для документування всіх виконаних робіт складалися виконавчі схеми та акти прихованих робіт, де фіксувалися відмітки дна котловану, характеристики матеріалу основи, результати геодезичного контролю та дані щодо ущільнення. Це забезпечувало повну відповідність будівельних процесів нормам та вимогам технічного нагляду, особливо на ділянках зі складними геологічними умовами.



Рис. 2.3.10 Вигляд засипки та трамбування піску на дні камери

Після завершення формування та ущільнення піщаної або щебеневої основи виконувалась наступна стадія — улаштування бетонної підготовки або монолітної фундаментної плити під камеру. Вибір типу основи залежав від проєктних рішень та геологічних умов: на сухих та стійких ґрунтах застосовувалась бетонна підготовка товщиною 80–100 мм, а на ділянках із підвищеними навантаженнями або складною гідрогеологією — повноцінна монолітна плита зі встановленим класом бетону (як правило С20/25 або С25/30).

Перед початком бетонування обов’язково встановлювались опалубні щити, фіксатори захисного шару, та проводилося армування згідно з проєктом. На цьому етапі геодезичний супровід був ключовим для забезпечення точності виконання фундаментних конструкцій, оскільки від положення фундаментної плити наряду залежало правильне встановлення стінок камери, люків, сходів та з’єднань із трубопроводом DN800.

Геодезичні роботи включали:

- **Винесення в натуру проєктних осей камери** — осі закріплювали на арматурному каркасі, опалубці або тимчасових конструкціях. Для цього використовували електронний тахеометр, що дозволяв забезпечити точність розташування елементів на рівні до міліметрів.

- **Нанесення проєктних відміток рівня бетонної підготовки.**

Геодезисти переносили висотні позначки на арматуру або опалубку у вигляді фарбованих міток, ізоленти чи спеціальних «контрольних реперів». Це давало бетонникам точне розуміння, до якого рівня потрібно піднімати бетон.

- **Контроль горизонтальності фундаменту.**

Протягом бетонування використовували нівелір або тахеометр у режимі безперервного контролю, щоб уникнути перекосів фундаментної плити, які можуть ускладнити монтаж камери та з'єднання трубопроводу.

- **Винесення кутових точок фундаментної плити на бетон**

— після набору початкової міцності бетону (через 24–48 годин) геодезисти встановлювали металеві цвяхи або робили керни по бетону. Ці точки слугували базовими реперами для монтажу стінових панелей, люків, сходів та вводу труб.

- **Перевірка положення анкерних закладних та отворів під введення труб.**

Для камер водопроводу DN800 надзвичайно важливою була точність місця введення труби у стіну камери. Геодезисти здійснювали контроль координатних положень монтажних блоків та закладних деталей.

- **Моніторинг деформацій під час бетонування.**

При великих плитах або на ділянках зі слабкими ґрунтами додатково перевіряли можливе просідання опалубки або зміщення арматурного каркасу.

Після завершення бетонування і первинного твердіння бетону виконувалась заключна геодезична перевірка: нівелювання поверхні фундаменту, визначення фактичної товщини плити та порівняння її з проєктними значеннями. Усі дані вносилися у виконавчу документацію — схемі плити, таблиці відхилень, акти прихованих робіт.



Рис. 2.3.11 Вигляд бетонної подушки

Стінки камер можуть виконуватися двома основними методами залежно від проектних вимог, глибини залягання, швидкості виконання робіт та загальних умов будівництва:

Монолітний метод передбачає встановлення опалубки по всьому периметру камери та заливання бетону безпосередньо в котловані. Цей підхід використовується у випадках, коли потребується підвищена міцність конструкції, можливість гнучкого підлаштування під геометрію та складні ґрунтові умови. Опалубка, як правило, виготовляється зі щитів із металевими рамами або вологостійких дерев'яних панелей, укріплених розпівками.

Збірні конструкції застосовують тоді, коли на об'єкті необхідно забезпечити високу швидкість монтажу або коли проєкт передбачає використання стандартних заводських елементів. Вони доставляються краном у котлован і встановлюються на фундаментну плиту, після чого проводиться стикування та жорстка фіксація.

Оскільки точність геометрії стінок камери є критично важливою для подальшого монтажу перекриття, люків, сходів та підключення трубопроводу DN800, на етапі бетонування геодезичні роботи проводилися з підвищеними вимогами до точності.

Гедезичний супровід включав такі основні операції:

- Винесення положення стін камери на фундаменті

За допомогою електронного тахеометра виконувалося винесення у плані проєктних осей та кутів майбутніх стін. Точки закріплювали металевими цвяхами або кернами по бетонній плиті. Це забезпечувало точне позиціонування опалубки і дозволяло будівельникам правильно орієнтувати конструкції.

- Контроль вертикальності опалубки

Після встановлення опалубки гедезисти виконували перевірку її вертикальності тахеометром у режимі «промірювання точок по висоті» або з використанням лазерного рівня. Особлива увага приділялась ділянкам стиків та місцям, де опалубка піддається найбільшому навантаженню від бетонної суміші. Допуски перевірялися згідно з будівельними нормами — зазвичай не більше 5–8 мм відхилення по висоті стіни.

- Винесення висот майбутньої камери на опалубці

Для забезпечення точного рівня бетонування виконувалося перенесення проєктних відміток на дерев'яну або металеву поверхню опалубки. Позначки ставились цвяхами, фарбою або спеціальними маркерами. На основі цих відміток будівельники орієнтувалися під час заливки та вирівнювання верхнього рівня монолітної стінки.

Додаткові гедезичні дії:

- Перевірка відстані між внутрішніми поверхнями опалубки для контролю проєктної товщини стін;
- Контроль просторової геометрії камери — діагоналей, кутів, паралельності протилежних стін;
- Фіксація фактичних координат після завершення бетонування для формування виконавчої документації.



Рис. 2.3.12 Вигляд Фундаменту камери



Рис. 2.3.13 Вигляд опалубки стін камери



Рис. 2.3.14 Вигляд готової камери

Перед улаштуванням фундаментної плити виконують горизонтальну гідроізоляцію на підготовленій основі. Це необхідно для запобігання капілярному підсосу води та захисту бетонних елементів від тривалого зволоження. Зазвичай застосовують бітумно-полімерні рулонні матеріали або обмазувальні мастики в два шари.

Після зведення стін камери виконується вертикальна гідроізоляція зовнішніх поверхонь. Її наносять перед зворотною засипкою ґрунтом, щоб забезпечити захист від бокового проникнення води та ґрунтової вологи. Вертикальну ізоляцію виконують обмазувальними або наплавлюваними матеріалами, приділяючи увагу стикам, вводам труб і кутам конструкцій. Таке комплексне гідроізоляційне рішення забезпечує довговічність камери, запобігає утворенню тріщин від промерзання та продовжує строк експлуатації всієї споруди.

Висновки до розділу 2

Завершальні етапи будівництва водопровідної мережі, зокрема засипка трубопроводу та улаштування камер, потребують комплексного геодезичного супроводу, оскільки саме на цих стадіях остаточно формується просторове положення елементів інженерної інфраструктури. Геодезичний контроль виконуваних робіт забезпечував відповідність фактичних параметрів прокладання трубопроводу DN800 і камер проєктним рішенням, а також дозволяв своєчасно фіксувати виконані обсяги робіт.

У процесі засипки трубопроводу здійснювався постійний контроль положення осі труби, її відміток та геометричних параметрів траншеї, що мало вирішальне значення для збереження проєктних ухилів і недопущення зміщення труб під час ущільнення ґрунту. Паралельно виконувалося щоденне геодезичне знімання виконаних робіт, результати якого використовувалися для складання виконавчих схем і підтвердження обсягів будівельно-монтажних робіт.

Геодезичний супровід улаштування камер здійснювався у тісному взаємозв'язку з роботами на трубопроводі, оскільки положення камер безпосередньо залежить від просторового розташування трубної нитки. Контроль геометрії камер, їх положення у плані та по висоті дозволив забезпечити узгодженість усіх елементів водопровідної мережі в єдиній координатній системі. Особлива увага приділялася роботам у складних умовах, де вплив ґрунтових вод і нестійких ґрунтів вимагав підвищеної точності та оперативності геодезичних вимірювань.

Застосування сучасних геодезичних методів і приладів на даному етапі робіт забезпечило необхідний рівень точності та надійності будівництва водопровідної мережі, а отримані результати стали основою для формування повної виконавчої документації об'єкта.

Розділ 3. Обробка геодезичних вимірювань

3.1 Прилади для геодезичних вимірювань

Геодезичний супровід прокладання водопроводу DN800 та будівництва камер вимагав застосування високоточних та надійних вимірювальних приладів. Використане обладнання забезпечувало необхідну точність для виконання робіт у складних умовах — у зоні ґрунтових вод, на проблемних ділянках поблизу струмків, у мокрому ґравії та змішаних ґрунтах. У цьому розділі наведено характеристики та призначення приладів, що застосовувалися під час виконання робіт.

Тахеометри

Електронний тахеометр використовувався на всіх етапах зйомки, винесення в натуру, а також під час контролю глибини траншеї та положення труб. Основна перевага тахеометра — висока точність та можливість роботи без прямої видимості між точками.

Його застосування було особливо доцільним на ділянках із обмеженою видимістю, щільною забудовою або складним рельєфом. Роботи виконувались як із призмами, так і в безвідбивачному режимі.



Рис. Встановлений тахеометр на будмайданчику.

У процесі виконання геодезичних робіт застосовувалися електронні тахеометри швейцарського виробника Leica Geosystems, які забезпечують високу точність кутових і лінійних вимірювань, а також оперативне виконання польових задач.

Використані моделі:

- **Leica TS06 Plus** Точність: 5". Вбудований далекомір з відбивачем і безвідбивачний режим

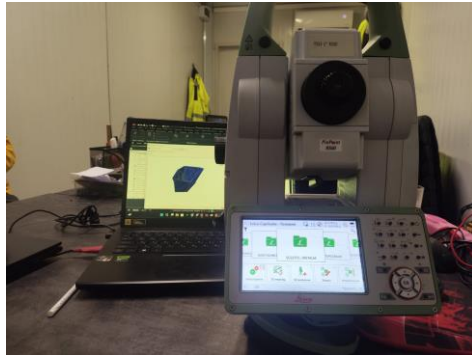
Використовувався переважно для: винесення осей траси контролю рельєфу дна траншеї побудови полігонометричного ходу зйомки поворотних точок трубопроводу, є найстаршим тахеометром у нашому проєкті.



- **Leica TS13** Робота з ATR (автоматичне наведення). Вища швидкість та точність (1"), застосовувався у місцях з інтенсивним рухом техніки та там, де потрібна висока продуктивність. Сенсорний екран, можливість підключення контролера і в комплекті разом із віхою 360° надає можливість працювати одній людині без допомоги інших геодезистів. Багато корисних функцій, наприклад швидкого вирахування об'єму або ж винесення поверхні в натурі та багато інших.

Основні задачі:

- ◆ винесення точок камер
- ◆ контроль монтажу труб
- ◆ точне визначення положення фланців та стиків
- ◆ максимально точна зйомка камер та труб



- **Leica TS03** Точність: 3". Легкий в управлінні, легкий в розумінні інтерфейс, гарно підходить для навчання та розуміння як працюють тахеометри, має всі необхідні функції для робіт будь-якої складності та будівництві різних видів.



GPS-обладнання (GNSS)

Для пришвидшення польових робіт, побудови опорної геодезичної мережі та оперативного винесення траси застосовувалися GNSS-приймачі двох систем:

GNSS-комплекси:

- **Торсон (База + Ровер)** Професійне GNSS-обладнання з підтримкою RTK Створення опорної геодезичної мережі винесення лінії траси у відкритих ділянках визначення реперів на складних ділянках контроль довгих прямих відрізків між поворотними точками трубопроводу, та зйомка викопаних траншей та ям під камери.



- Sino GNSS (База + Ровер) Бюджетніша, але надійна система. Додавалася у роботу як паралельний комплект. Робилися контрольні вимірювання побудова дублюючих реперних точок уточнення положення труб після засипки окремих ділянок, також була функція IMU яка давала змогу робити нахил віхи до 120° для комфорту знімань у важкодоступних місцях.



GNSS значно скорочував час польових робіт, особливо на рівнинних ділянках між Шубранцем і Поповою, де сигнал супутників стабільний.

Додаткові прилади

Для комплексного виконання геодезичних задач використовувався широкий набір допоміжного обладнання. Воно забезпечувало точність встановлення приладів, створення марок, фіксацію висот та закріплення тимчасових реперів.

Використане додаткове обладнання:

- Нівеліри Leica застосовувалися для контролю глибин траншеї, відміток дна, висот фланців, бетонних фундаментів під камери та нівелювання опорних точок (Bench marks) “Додаток 3 (наведено журнали нівелювання”



- Рулетки будівельні, металеві метри, використовувалися для локальних промірів, перевірок відстаней у камерах, замірів габаритів
- Бетонні цвяхи закладались у бетонні конструкції та стовпи, арматурні кернери для створення стабільних реперів



- Геодезичні наклейки-марки на металевих пластинах використовувались при побудові стійких точок для тахеометра та ручного використання наприклад для зйомки фундаменту, стандартні без металевої пластини кріпилися на стіни будівель, опори ЛЕП, бетонні споруди



- Будівельні маркери та фарба в балончиках використовувались для маркування осей на асфальті, бетоні
- Вапно (для винесення траси) вказівки для екскаваторників створювалися довгі видимі лінії по полю забезпечуючи точний напрямок руху техніки та мотузки високої міцності Для створення контрольних осей у

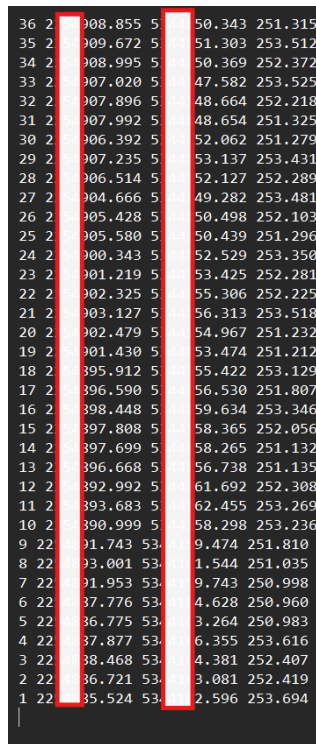
траншеях використовувалися під час бетонування фундаментів та стінок камер



3.2 Обробка даних і складання документації

Первинні геодезичні дані, отримані під час польових вимірювань, завантажувалися безпосередньо у *Autodesk Civil 3D*, де виконувалась їхня систематизація та базова обробка. На цьому етапі здійснювалась перевірка структури файлів, коректності кодів і відповідності кожної точки конкретному елементу місцевості — дну траншеї, осі труб, поверхні піщаної подушки, стінкам котлованів під камери чи бетонним основам. *Civil 3D* автоматично виявляв та усував грубі похибки в плановому положенні та відмітках, що дозволяло одразу відфільтрувати неточні або помилкові дані.

Після цього весь масив вимірювань приводився до єдиної проєктної системи координат **СК-63 зона 2**, що гарантувало узгодженість із проєктними кресленнями та виконавчою документацією. Для зручності подальшої роботи точки групувалися за типами — створювались окремі *Point Groups* для дна траншеї, піску, труб, елементів камер, бетонних конструкцій та рельєфу. Така структуризація забезпечувала точність і надійність подальшого моделювання цифрової поверхні та виконавчих схем.



36	2	008.855	5	50.343	251.315
35	2	009.672	5	51.303	253.512
34	2	008.995	5	50.369	252.372
33	2	007.020	5	47.582	253.525
32	2	007.896	5	48.664	252.218
31	2	007.992	5	48.654	251.325
30	2	006.392	5	52.062	251.279
29	2	007.235	5	53.137	253.431
28	2	006.514	5	52.127	252.289
27	2	004.666	5	49.282	253.481
26	2	005.428	5	50.498	252.103
25	2	005.580	5	50.439	251.296
24	2	000.343	5	52.529	253.350
23	2	001.219	5	53.425	252.281
22	2	002.325	5	55.306	252.225
21	2	003.127	5	56.313	253.518
20	2	002.479	5	54.967	251.232
19	2	001.430	5	53.474	251.212
18	2	095.912	5	55.422	253.129
17	2	096.590	5	56.530	251.807
16	2	098.448	5	59.634	253.346
15	2	097.808	5	58.365	252.056
14	2	097.699	5	58.265	251.132
13	2	096.668	5	56.738	251.135
12	2	092.992	5	61.692	252.308
11	2	093.683	5	62.455	253.269
10	2	090.999	5	58.298	253.236
9	22	01.743	53	9.474	251.810
8	22	03.001	53	1.544	251.035
7	22	01.953	53	9.743	250.998
6	22	07.776	53	4.628	250.960
5	22	06.775	53	3.264	250.983
4	22	07.877	53	6.355	253.616
3	22	08.468	53	4.381	252.407
2	22	06.721	53	3.081	252.419
1	22	05.524	53	2.596	253.694

Рис. 3.2.1 Вигляд сирих даних

Програмне забезпечення (Civil 3D як єдине середовище обробки даних)

У рамках реалізації міжнародного проєкту з реконструкції водогону всі етапи обробки геодезичних даних виконувались виключно в Autodesk Civil 3D, що дозволило забезпечити цілісність інформації та уникнути розривів між різними програмами. Civil 3D виступав єдиним універсальним середовищем, у якому здійснювався імпорт польових вимірювань, їх фільтрація, побудова цифрових поверхонь, моделювання конструктивних елементів та формування виконавчої документації.

Особливу роль відіграло налаштування стилів точок, ліній і поверхонь, що забезпечувало однакову структуру даних на всіх ділянках водогону. На основі польових вимірювань створювалась цифрова модель рельєфу (DTM), а також окремі поверхні для траншеї, піщаної подушки, зворотної засипки та бетонних конструкцій камер. Усі ці моделі інтегрувалися у єдину просторову структуру, що дозволяло здійснювати точний контроль за геометрією проєктних та фактичних елементів.

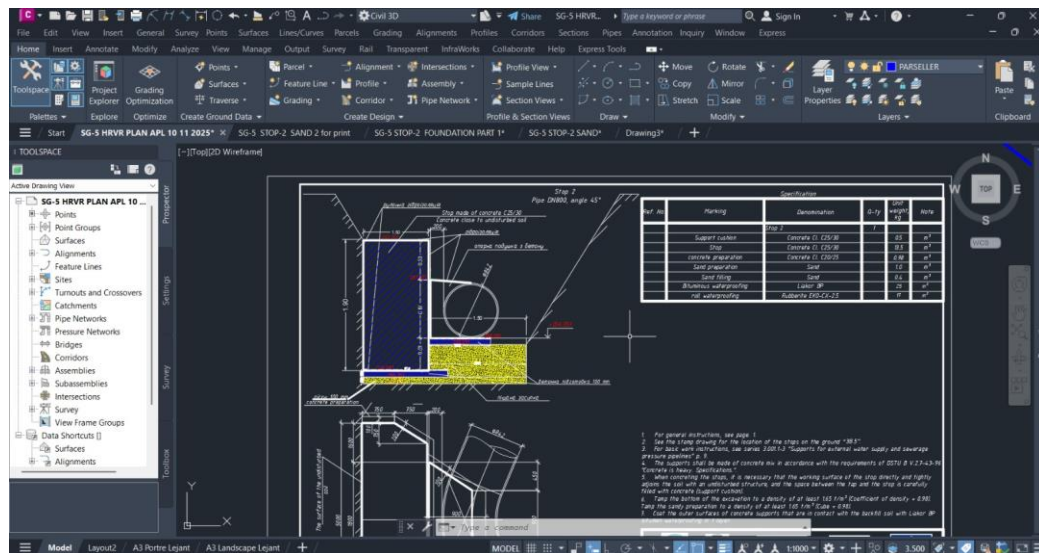


Рис. 3.2.2 Вигляд роботи в Civil 3D

Для формування виконавчих моделей активно застосовувалися інструменти Surface Editing, Point Groups, Alignment, Profile та Corridor. Це забезпечувало можливість створення реалістичних цифрових моделей трубопроводу на основі фактичних відміток і координат. Завершальним етапом була підготовка креслень, таблиць, поздовжніх профілів і PDF-комплектів для надсилання технічному нагляду, що здійснювалось також у Civil 3D без залучення AutoCAD як окремої платформи. У підсумку програмне забезпечення виконувало функції і редактора, і графічного середовища, і системи контролю якості.



Рис. 3.2.3а та 3.2.3б Вигляд виконаної поверхні за допомогою Surface Editing

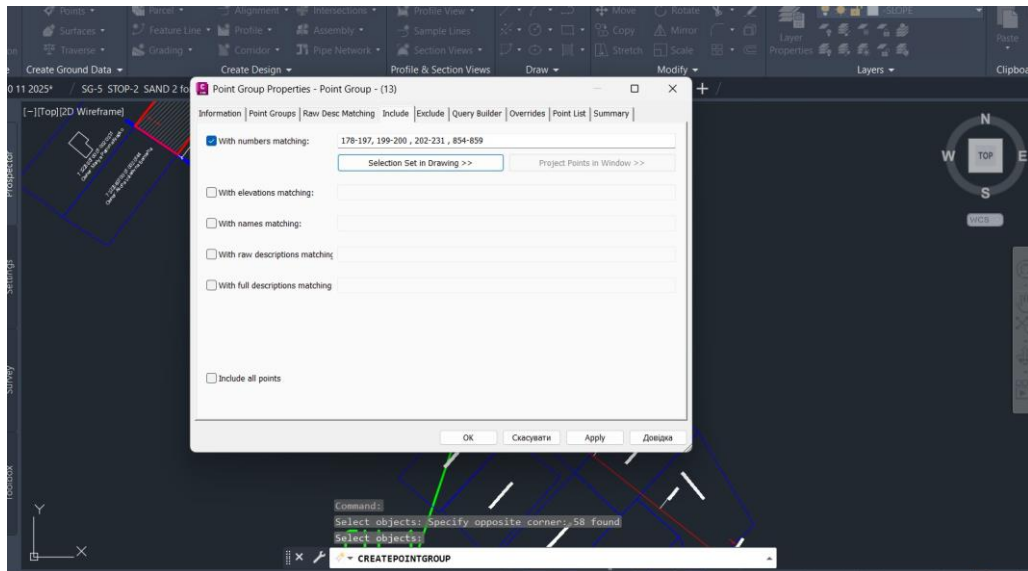


Рис 3.2.4 Вигляд інструменту Point Groups

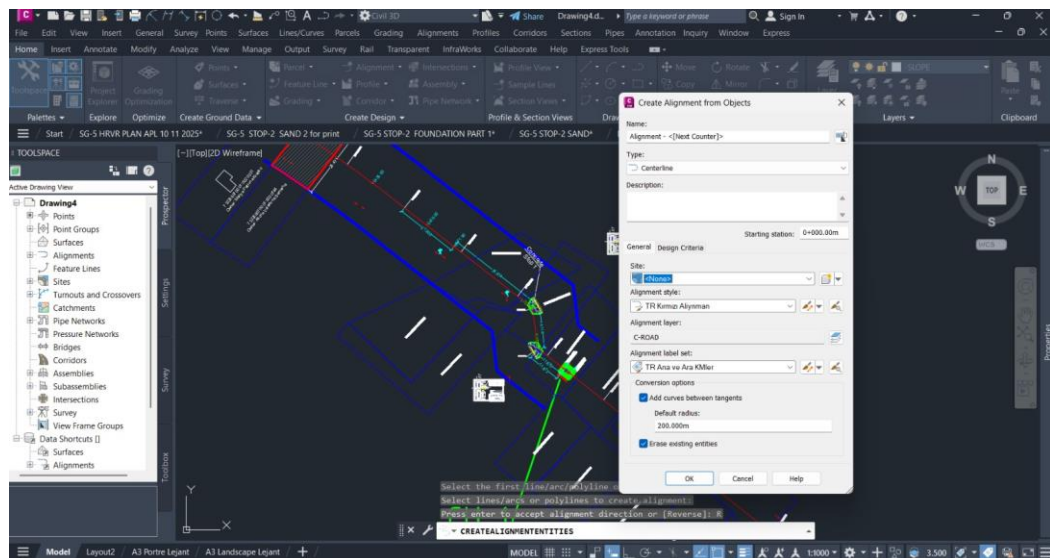


Рис. 3.2.5 Вигляд інструменту Alignment

Також у додатку 2 наведено приклад можливостей AutoCAD Civid 3D

Виконавчі схеми трубопроводу та супутніх конструкцій формувалися безпосередньо у Civil 3D на основі цифрових поверхонь і фактичних координат, отриманих під час геодезичних вимірювань. Усі моделі виконувались у реальних висотах та у проєктній системі координат, що забезпечувало повну сумісність із проєктною документацією та вимогами технічного нагляду.

Під час створення виконавчих схем особлива увага приділялась точності трасування трубопроводу. Планова виконавча лінія відтворювала фактичний хід траси, включаючи пікетаж, криві, переходи через перешкоди та відхилення від проєкту. Поздовжній профіль доповнювався реальними відмітками низа труби, що дозволяло порівняти фактичні глибини з проєктними та оцінити

можливі різниці, спричинені складними ґрунтовими умовами або необхідністю локальних коригувань.

Окремо створювались схеми піщаної основи, бокової підсіпки та зворотної засипки — кожен технологічний шар відображався як окрема поверхня. Виконавчі креслення камер включали фактичні розміри котлованів, прив'язки до осей, відмітки плит, днища та бетонних елементів, що було особливо важливим на ділянках із нестійкими ґрунтами.

Для підвищення точності оформлення Civil 3D автоматично генерував таблиці фактичних відміток, координат та відхилень від проєкту. Фінальний комплект виконавчих схем готувався у форматах DWG та PDF і відповідав вимогам міжнародного технічного нагляду, що значно спрощувало перевірку матеріалів в форматах A2, A3, A4.

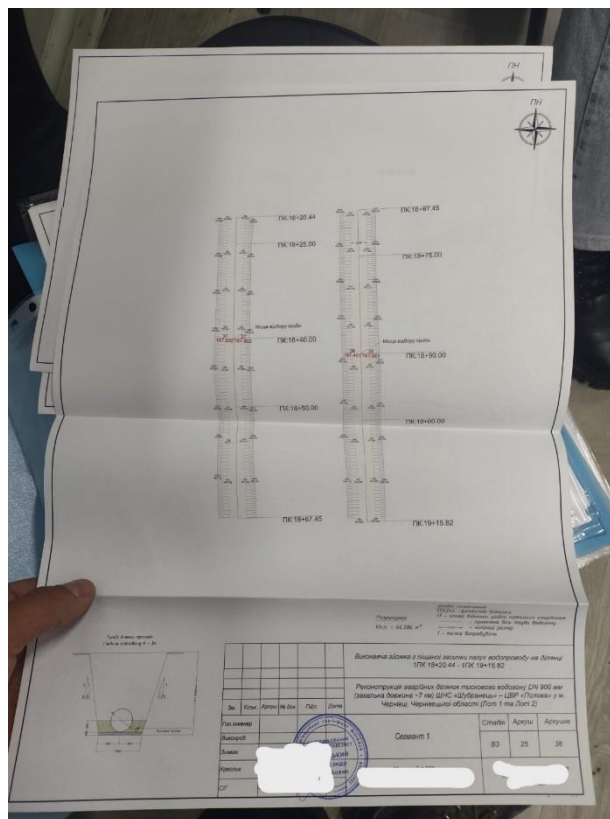


Рис 3.2.6 Вигляд друку виконавчої документації

Технічна звітність забезпечувала систематичний контроль за ходом будівництва водопровідної лінії та підтверджувала відповідність виконаних робіт проєктним вимогам і нормам. На відміну від виконавчих схем (підрозділ

6.3), які відображали геометрію та просторове положення елементів, технічна звітність зосереджувалася на документуванні послідовності виконання робіт, їх фактичних параметрів, обсягів та технологічних відхилень.

Основою звітності були польові журнали, матеріали геодезичних знімань, службові записки та щоденні рапорти.

На кожному етапі фіксувалися:

- пікетажі виконаних робіт;
- параметри траншеї (глибина, ширина низу, стан укосів, наявність укріплення);
- товщина та якість піщаної подушки;
- фактичні позначки укладання труб DN800;
- відмітки засипок, бетонування та монтажу камер;
- погодження і зауваження технічного нагляду.

Для визначення обсягів робіт використовувались цифрові моделі та їх аналіз у Civil 3D, проте акцент у звітності робився не на побудові поверхонь, а на порівнянні виконаних обсягів із проектними та актуванні. Інструментальний контроль проводився за допомогою тахеометрів та GNSS, а результати конвертувались у таблиці, придатні для підписання технаглядом, підрядником і службою замовника.

Особливе значення мала фіксація відхилень у звітності вказувались:

- причини зміни глибини або поздовжнього профілю;
- корекції траси через складні ґрунти, наявність комунікацій чи обмеженість робочої зони;
- технологічні зміни при монтажі камер, бетонуванні та ізоляційних роботах.

У разі виявлення критичних розбіжностей складалися окремі повідомлення про відхилення, що направлялись технічному нагляду для погодження.

До фінального складу технічної звітності входили:

- щоденні та щотижневі звіти геодезиста;
- акти на приховані роботи;
- акти виконаних робіт
- порівняльні таблиці відхилень;
- обсяги земляних робіт і бетонування;
- журнали перевірки геодезичної основи;
- фотофіксація основних етапів;
- протоколи випробувань трубопроводу.



Рис. 3.2.7 Приклад фотофіксації похованої труби якої не було на топографічній зйомці

Таким чином, технічна звітність виконувала функцію документального підтвердження якості, послідовності та обґрунтованості всіх дій, здійснених під час будівництва водогону. Завдяки цифровій моделі об'єкта та уніфікованому підходу до складання документів вдалося забезпечити прозорість контролю та повну відповідність вимогам технічного й міжнародного нагляду.

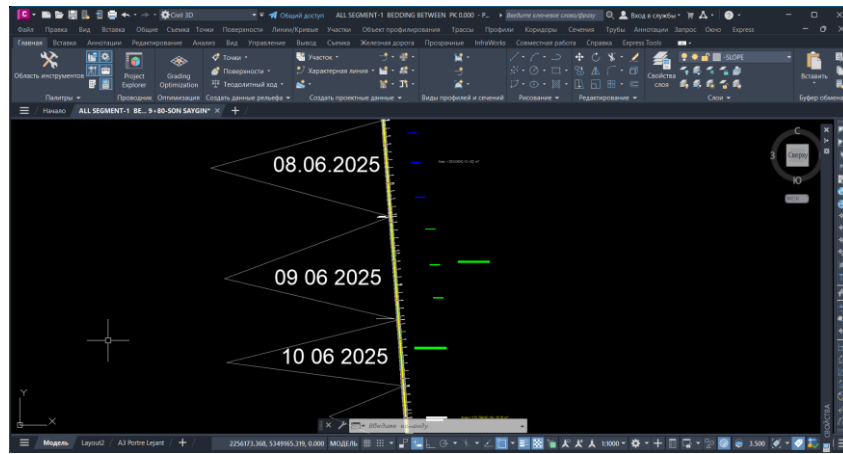


Рис. 3.2.8 Вигляд щоденного звіту виконаних робіт в файлі DWG

3.3 Аналіз точності та якості виконаних робіт

Під час геодезичного супроводу прокладання водопровідних мереж важливим завданням є контроль точності отриманих вимірювань. Від правильності координат залежить не лише якість виконавчої документації, а й подальша безпечна експлуатація трубопроводу, особливо там, де є вимоги до мінімальних відстаней від інших комунікацій, до глибини закладання чи до дотримання проектного ухилу.

У процесі робіт виникали різні види похибок, і кожен групу доводилося враховувати.

Тахеометр. До основних відносилися неточне наведення на віху, slightні відхилення вертикального кута та вплив температури на дальномір. Реальна похибка відстані зазвичай трималась у межах 2–3 мм + 2–4 мм/км, що є типовим для таких інструментів.

GNSS-приймач. Найбільше впливали мультитас та погіршення сигналу поруч із лісосмугами, металевими конструкціями чи поблизу резервуарів. У таких місцях іноді виникали стрибки координат 1–3 см, які потім згладжувалися під час обробки.

Похибки, пов'язані з людським фактором

Серед найпоширеніших були:

- неточне виставлення віхи над точкою;
- нахил віхи під час зйомки дна траншеї;

- недостатня фіксація ситуаційних змін (наявність техніки, рух ґрунту, тимчасові перешкоди).

Вплив зовнішніх умов

На результат помітно впливали:

- вібрації від екскаваторів та катків поблизу;
- сильний вітер, дощ чи недостатнє освітлення під час зйомки ввечері;
- різкі температурні зміни, що впливали на роботу оптики та дальноміра тахеометра.

Похибки на етапі обробки даних

Певні неточності могли з'являтися й під час роботи з даними в Civil 3D:

- некоректний імпорт польових кодів або неправильне віднесення точок до груп;
- помилки у стилях точок, через які інколи неправильно формувалися лінії та профілі;
- дублювання точок або втрата окремих кодів під час конвертації FBK/CSV.

Усі ці моменти враховувалися при подальшій перевірці даних та моделі. Після імпорту проводилась додаткова внутрішня перевірка, щоб помилки зйомки або обробки не потрапили у виконавчу документацію.

Контроль точності

Щоб забезпечити надійність і коректність усіх геодезичних матеріалів, протягом виконання робіт застосовувався поетапний контроль точності. Перевірка проводилася як безпосередньо на місцевості, так і під час обробки даних у Civil 3D.

Першим етапом був щоденний контроль інструментів. Перед початком робіт проводилися перевірка колімації тахеометра, тестування стабільності сигналу GNSS-приймача та огляд обладнання на предмет механічних пошкоджень. Це дозволяло уникнути систематичних помилок, які можуть накопичуватися протягом усього дня зйомки.

Під час знімання контролювалися всі критичні точки — дно траншеї, верх труби, бровки, елементи камер та бетонні конструкції. Якщо виникали сумніви щодо точності, точку одразу дублювали кілька разів або з різних позицій приладу. Такі повторні вимірювання давали змогу швидко виявляти випадкові похибки або проблеми з геометрією.

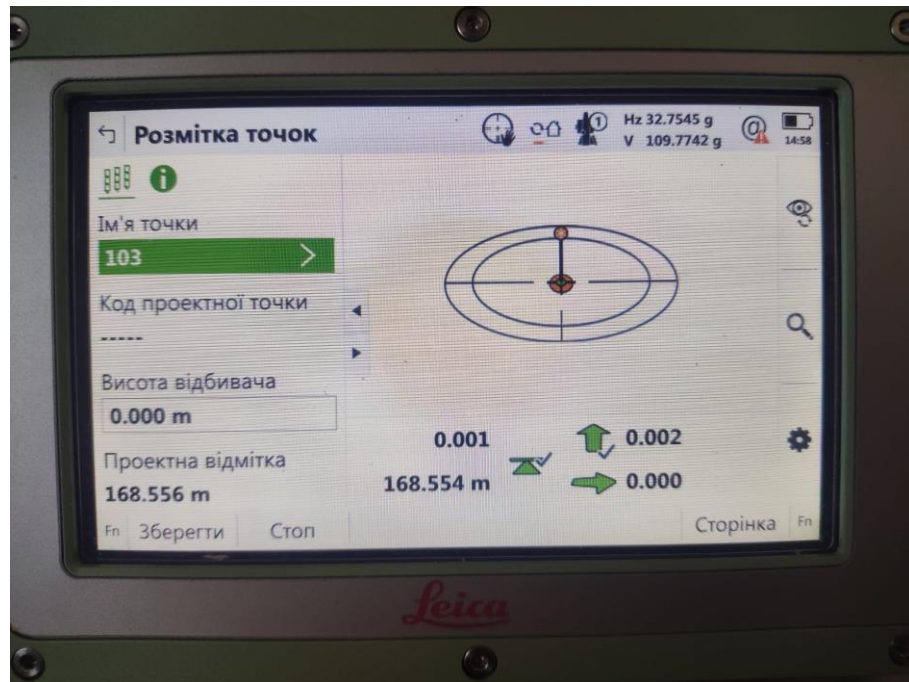


Рис. 3.3.1 Вигляд контролю проектних точок

Окрему увагу приділяли умовам зйомки. Якщо поруч працювала техніка або ґрунт у траншеї рухався, такі точки позначалися як ризикові й повторно перевірялися після стабілізації ситуації. На ділянках із осіданням ґрунту чи підвищеною вологістю контроль проводився частіше, ніж на звичайних відрізках траси. Після переносів даних у Civil 3D виконувалася внутрішня геодезична перевірка: аналіз розбіжностей між суміжними точками, зіставлення фактичних позначок з проектними, пошук локальних “скачків” у рельєфі або профілі. Якщо програма виявляла підозрілі значення, відразу проводилося уточнення — або шляхом аналізу польового журналу, або повторною зйомкою.

За результатами виконаних робіт можна зробити висновок, що обрана методика геодезичного супроводу виявилася ефективною та придатною для роботи в різних інженерно-геологічних умовах. Поєднання тахеометричних

вимірювань і GNSS-зйомки дало можливість отримати точні та стабільні координати навіть на складних ділянках — у зонах з підтопленням, рухливими ґрунтами, біля металевих резервуарів та в місцях з обмеженою геометрією.



Рис. 3.3.2 Вигляд пошкодженної сусідньої гілки водогону

Використання Civil 3D як єдиної платформи для обробки дозволило уникнути помилок, які зазвичай виникають при роботі в кількох програмах. Усі моделі, профілі та схеми будувалися безпосередньо на основі польових даних, що значно скоротило ризик втрати інформації та забезпечило точну відповідність між вимірюваннями та фінальними кресленнями.

Важливо, що постійний польовий контроль та повторне дублювання ключових точок дали змогу своєчасно виявляти неточності, спричинені складними умовами будівництва — вібраціями, рухом траншеї, роботою важкої техніки або впливом ґрунтових вод. Завдяки цьому у виконавчій документації вдалося досягти високої точності та повної відповідності проєктним вимогам.



Рис. 3.3.4 Вигляд обмежених умов роботи та скупчення техніки із присутньою постійною вібрацією

Висновки до розділу 3

У даному розділі розглянуто практичні аспекти геодезичного забезпечення будівництва водопровідної мережі DN800 та супутніх інженерних споруд у складних природних і виробничих умовах. Особливу увагу приділено характеристиці вимірювального обладнання, методам збору первинних даних, їх обробці та документуванню результатів відповідно до вимог технічного і міжнародного нагляду. Застосування сучасних електронних тахеометрів і GNSS-обладнання дозволило забезпечити необхідну точність визначення просторового положення елементів трубопроводу, камер та земляних споруд на всіх етапах виконання робіт.

Використання Autodesk Civil 3D як єдиного програмного середовища для обробки геодезичних даних забезпечило цілісність інформації, уніфікацію підходів до моделювання та зменшення ймовірності виникнення помилок при переході між різними форматами і програмами. Створення цифрових моделей рельєфу, технологічних шарів та конструктивних елементів дозволило виконувати оперативний контроль фактичних параметрів будівництва, аналізувати відповідність проєктним рішенням і формувати повний комплект виконавчої документації у встановлених форматах.

Проведений аналіз джерел похибок — інструментальних, обумовлених людським фактором та впливом зовнішніх умов — підтвердив необхідність постійного поетапного контролю вимірювань як у польових умовах, так і під час камеральної обробки. Застосування дублюючих вимірювань, контрольних перевірок і внутрішнього аналізу даних дозволило мінімізувати вплив випадкових помилок та забезпечити стабільну якість результатів. Отримані в межах розділу результати засвідчують ефективність застосованої системи геодезичного супроводу та її придатність для використання на аналогічних об'єктах реконструкції інженерних мереж.

ВИСНОВКИ

У ході виконання роботи було проведено комплексний геодезичний супровід будівництва водопровідних мереж, який охоплював весь цикл польових та камеральних операцій — від початкового топографічного знімання до остаточного оформлення виконавчої документації. Отриманий досвід дозволив оцінити як технічні, так і організаційні аспекти ведення геодезичного контролю в умовах реального будівельного процесу, де на точність, оперативність і якість результатів постійно впливають зовнішні фактори, технологічні обмеження та інженерно-геологічні умови.

Під час виконання топографо-геодезичних робіт було підтверджено, що саме початкова зйомка визначає якість усієї подальшої роботи. Завдяки точно побудованому геодезичному полігону та застосуванню тахеометричних і GNSS-методів вдалося отримати детальну та достовірну модель місцевості, на яку надалі спиралися проектувальники, будівельники та технічний нагляд. Особливо важливим було правильне поєднання двох типів вимірювань: GNSS забезпечував оперативність на відкритих ділянках, тоді як тахеометр давав стабільність у місцях зі складними умовами прийому сигналу. Це дозволило уникнути помилок, які часто виникають у зонах з мультипасом, підтіненням або близькістю до великих металевих конструкцій.

На етапі будівельних робіт чітко проявився практичний аспект геодезичного супроводу. Робота в траншеях з різними типами ґрунтів — піском, глиною, змішаними шарами — показала, наскільки важливою є оперативна взаємодія геодезиста з екскаваторниками, майстрами та технічним наглядом. Часті обвали піщаних укосів, підмиви водою, просідання дна після проходження техніки вимагали швидкої реакції та повторного контролю відміток. У багатьох випадках саме повторні перевірки дозволили виявити зміни, які могли призвести до неправильного укладання труби або відхилення від проектного ухилу. Окремо варто зазначити взаємозв'язок геодезичних робіт та гідрогеологічних умов: при появі води в котловані доводилось не лише контролювати фактичні відмітки після осушення, а й перевіряти стабільність ґрунту, який у вологому стані швидко втрачає несучу здатність.

Монтаж трубопроводу DN800 та бетонних камер підтвердив, що геодезичний контроль на таких об'єктах є критично важливим. Будь-які неточності у поздовжньому профілі або відхилення по плану можуть призвести до проблем у подальшій експлуатації — нерівномірного наповнення, перегинів, зсувів або неможливості правильно встановити арматуру в камерах. Під час монтажу камер особливу увагу приділяли дну котловану, правильності виставлення шпунтового огороження, фіксації деформацій після відкачування води та точності встановлення плит і стінок конструкції.

Усі польові вимірювання опрацьовувалися виключно у Civil 3D, що дало змогу вибудувати цілісний процес від імпорту даних до формування остаточних креслень. Практика показала, що використання одного програмного комплексу значно зменшує ризик помилок, пов'язаних з конвертацією файлів, втратами кодів або некоректною інтерпретацією вимірюваних елементів. Civil 3D добре себе зарекомендував як інструмент для створення цифрової моделі траншеї, піщаної основи, поверхонь бетонування та профілів укладання труб. Важливо, що програма дозволяє миттєво перевіряти збіжність фактичних даних із проектом, знаходити відхилення та оперативно формувати виконавчі схеми, які затверджуються технічним наглядом.

Велике значення мало також постійне дублювання критичних точок, вимірювання з різних позицій і регулярний контроль інструменту. Аналіз проведених робіт показав, що основні похибки виникають не стільки через інструмент, скільки через зовнішні фактори: роботу важкої техніки поряд із траншеєю, погодні умови, рух ґрунту, недостатню стабілізацію укосів. Тому повторні перевірки, особливо на відповідальних ділянках, є невід'ємною частиною методики геодезичного супроводу.

За підсумками виконаного комплексу робіт можна стверджувати, що обрана методика дозволила забезпечити високу точність, надійність і повну відповідність виконавчої документації фактичному стану об'єкта. Всі етапи — від зйомки до оформлення фінальних матеріалів — були взаємопов'язані та логічно доповнювали один одного. Це дало можливість сформулювати актуальну цифрову модель водогону, яка відображає реальні характеристики траси, камер, бетонних елементів та засипки.

Узагальнюючи, можна відзначити, що:

1. точність вимірювань була досягнута завдяки поєднанню інструментальних методів та продуманого контролю на місцевості;
2. використання Civil 3D забезпечило системність і структурованість всієї виконавчої документації;
3. складні інженерно-геологічні умови (високі ґрунтові води, нестійкі ґрунти, обмежена видимість) успішно враховувалися за рахунок повторних перевірок і коригування методики в реальному часі;
4. взаємодія всіх учасників робіт дозволила уникнути критичних помилок і забезпечити якісне виконання монтажу труб та камер.

Таким чином, проведений геодезичний супровід підтвердив, що сучасні методи вимірювання у поєднанні з професійною обробкою даних та грамотною організацією польових робіт дозволяють досягти високого рівня точності та надійності навіть у складних умовах будівництва водопровідних мереж. Отримані результати можуть бути використані як приклад ефективної методики геодезичного контролю для аналогічних проєктів у майбутньому.

Список використаних джерел

1. **ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди».**

Базовий документ для проєктування, будівництва та експлуатації зовнішніх водопроводів.

2. **ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 «Проектування і монтаж пластикових трубопроводів».**

Регламентує вимоги до поліетиленових і ПВХ труб, їх монтажу та стикування.

3. **ДБН А.2.2-3:2012 «Склад та зміст проєктної документації».**

Містить вимоги до структури, змісту та оформлення будівельних проєктів.

4. **ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».**
- Визначає правила виконання будівельно-монтажних робіт, включно з земляними й траншейними.*

5. **ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві».**
- Описує порядок виконання геодезичного супроводу, закріплення осей та виконавчої зйомки.*

6. **ДСТУ-Н Б В.2.5-62:2012 «Інженерні мережі. Вказівки з проєктування».**

Містить рекомендації для трасування, вибору матеріалів та гідравлічних розрахунків.

7. **ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Підпірні стінки та котловани».**
- Важливий документ щодо укріплення стінок траншей, шпунтових огорож.*

8. **Наказ Держжитлокомунгоспу №30 (05.07.1995) «Правила технічної експлуатації систем водопостачання».**
- Містить вимоги до обслуговування та технічного стану мереж.*

9. **ISO 4427-1:2019 «PE Pipes for Water Supply — General».**
- Регламентує поліетиленові труби для тискового водопостачання.*

10. **ISO 14692-4:2017 «GRP Piping Systems».**
- Стандарт для склопластикових труб — використовується для діаметрів понад 600–800 мм.*

11. EN 805:2016 «Water Supply Requirements for Systems and Components».

Один із головних європейських документів з проєктування водогонів.

12. EN 1610:2015 «Construction and Testing of Drains and Sewers».

Визначає правила копання траншей, подушок, засипки та випробувань.

13. EN 13501-5:2018 «Protection of Buried Pipelines».

Описує захист труб у ґрунті, включно з ізоляцією.

14. ASTM D2321-18 «Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipes».

Американський стандарт з укладання труб у траншеях з подушками та контролем ущільнення.

15. AWWA C600-21 «Installation of Ductile-Iron Water Mains».

Стандарт асоціації водопостачання США, дуже корисний для великих діаметрів.

16. AWWA Manual M55 (2017) «PE Pipe Design and Installation».

Детальна інструкція з монтажу поліетиленових магістральних труб.

17. AWWA M41 (2021) «Ductile-Iron Pipe and Fittings».

Допоміжний документ щодо фітінгів та монтажних вузлів.

18. TS 826 EN 805 (2017) — «Su Temini Sistemleri».

Турецький адаптований стандарт EN 805 для проєктування водопроводів.

19. TS EN 1610 (2016) — «Kanalizasyon ve Su Hatları Kazı ve Montaj».

Правила виконання траншейних робіт, засипки, ущільнення — адаптація європейського EN 1610.

20. İller Bankası Teknik Şartnamesi (2018) — İçme Suyu Hatları.

Технічні умови Туреччини щодо будівництва питних водогонів.

21. DSİ Teknik Talimatnamesi 2019 — Su İletim Hatları.

Регламент Державного водного управління Туреччини про монтаж та проєктування трубопроводів великих діаметрів.

22. Leica FlexLine TS Series User Manual (2017).

Посібник з тахеометрів — містить правила зйомки траншей та виконавчих робіт.

23. **Leica TS13/TS16 Documentation (2020).**

Інструкції для сучасних моделей, що застосовуються для розбивочних робіт.

24. **Topcon HiPer V/HR GNSS Receiver Guide (2019).**

Документація з роботи GNSS у RTK-режимі.

25. **ComNav N3 GNSS Professional User Manual (2021).**

Докладні налаштування GNSS-приймача для будівельних задач.

26. **Autodesk Civil 3D 2022 — Construction & As-Built Tools Documentation.**

Офіційний довідник з моделювання рельєфу, обсягів та виконавчих схем.

27. **Bentley OpenRoads Designer Documentation (2020).**

Сучасний інструмент для роботи з коридорами трубопроводів.

28. **Manual of Water Supply Practices M68 (2018) — Water Utility Management.**

Довідник з управління водопровідними системами та будівництва.

29. **PPI Handbook of Polyethylene Pipe (2017).**

Великий посібник з поліетиленових трубопроводів високого тиску.

30. **Pipeline Construction Manual — McGraw-Hill Engineering Series (2020).** *Практичний посібник з будівництва магістральних трубопроводів, включно з траншеями, ущільненням і випробуваннями.*



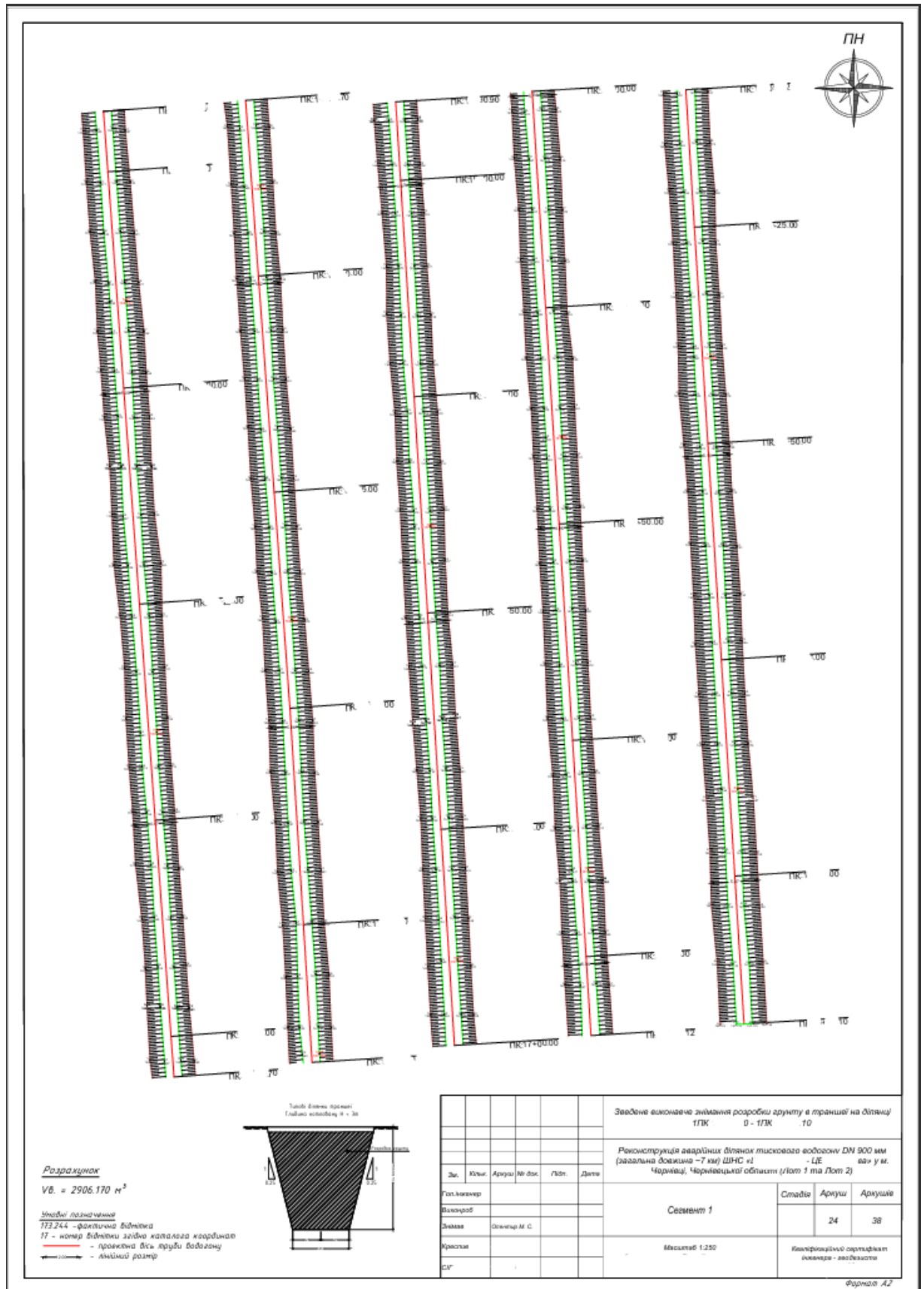


Рис. Д1-2 Виконавча схема траншеї

Додаток 2

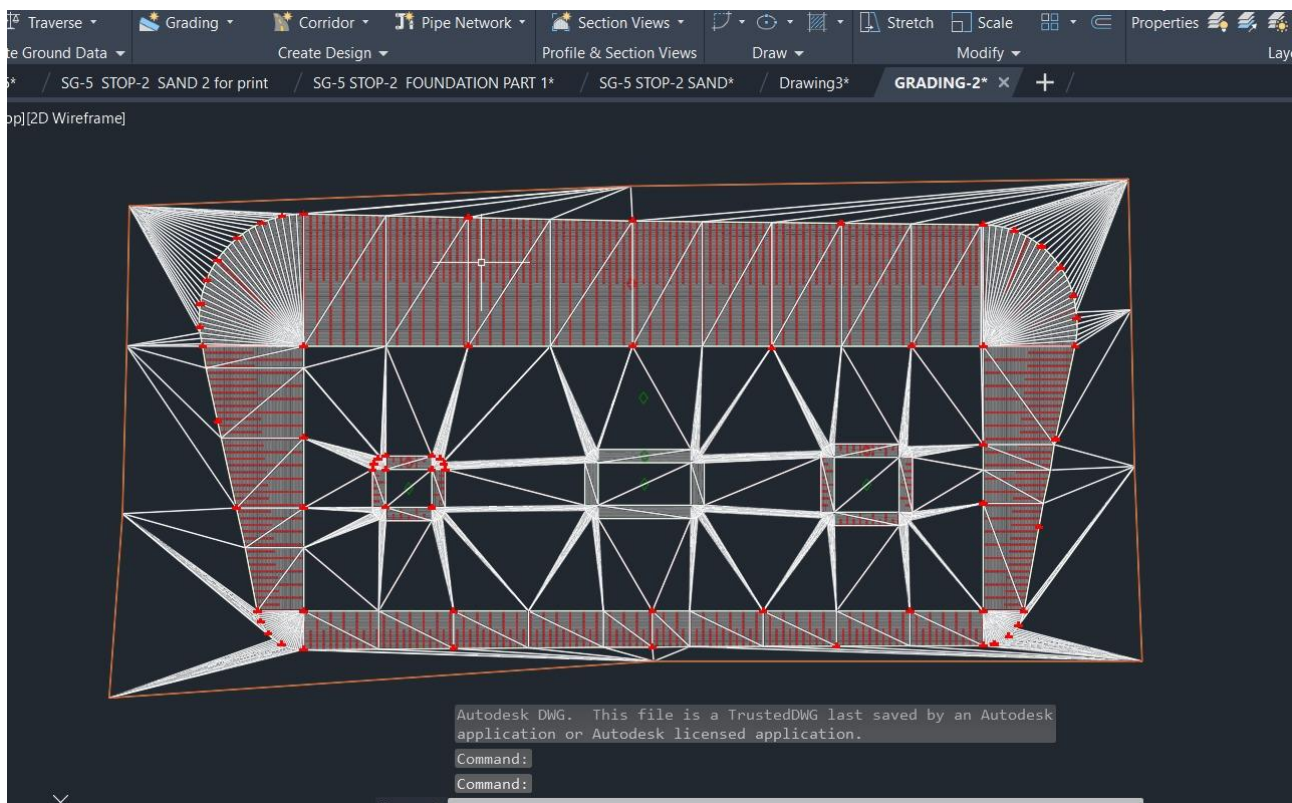


Рис. Д2-1 Підготовка проекту завдяки інструментів Civil 3D

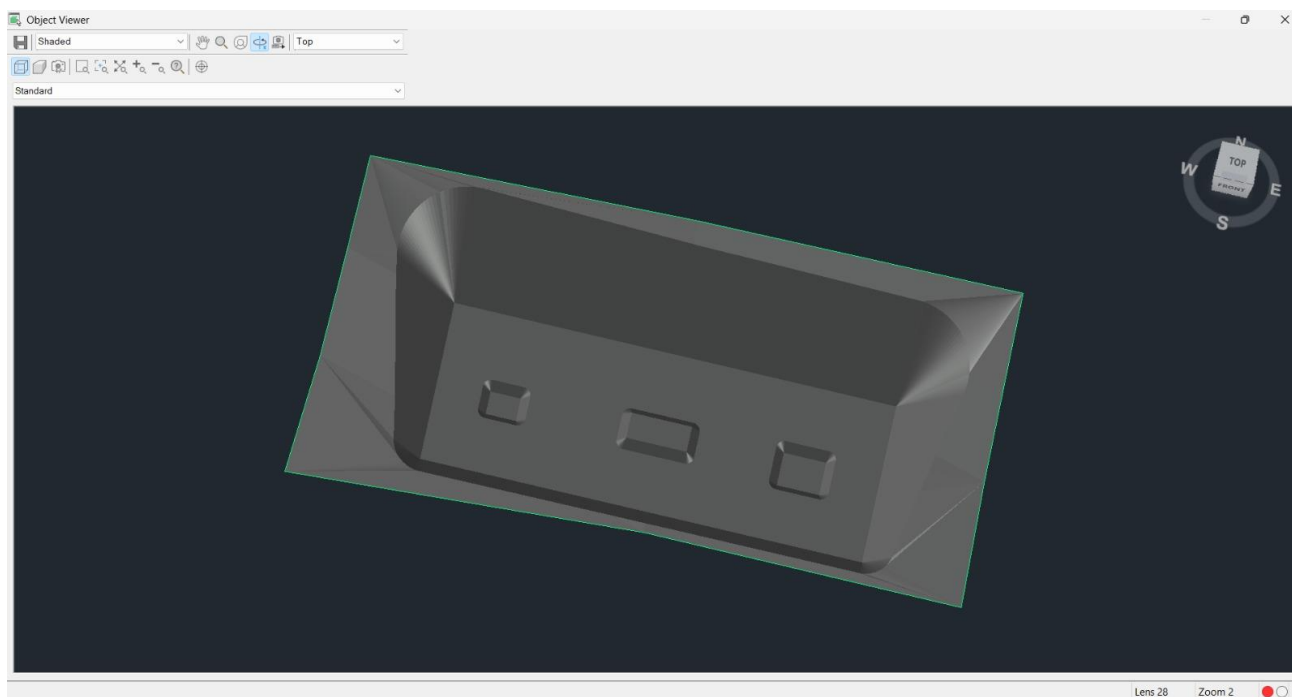


Рис. Д2-2 Вигляд 3Д моделі проекту

Додаток 3

	Nokta No.	Ara Uzunluk (m)	Mira Okumaları (mm)			Yükseklik Farkı (m)	
			geri	orta	ileri	+	-
1	1024	-	1278			-0,005	
	1025	-			1283	-	
	1024	-	1302			-0,005	
	1025	-			1307	-	
2	1025	-	1225			-0,256	
	1026	-			1481	-	
	1025	-	1225			-0,255	
	1026	-			1480	-	
3	1026	-	1433			-0,115	
	1027	-			1548		
	1026	-	1395			0,116	
	1027	-			1511		
4	1027	-	1237			0,466	
	1028	-			1703		
	1027	-	1288			0,466	
	1028	-			1754		
5	1028	-	1238			0,460	
	1029	-			1398		
	1028	-	1306			0,160	
	1029	-			1466		
6	1029	-	1352			0,218	
	1030	-			1570		
	1029	-	1328			0,218	
	1030	-			1546		
7	1030	-	1328			0,247	
	1031	-			1575		
	1030	-	1356			0,246	
	1031	-			1602		

Рис. ДЗ-1 Таблица приклад 1

[illegible]

Рис. ДЗ-2 Таблица приклад 2