

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ІННІ агротехнологій, селекції та екології
Кафедра геоматики, землеустрою
та планування територій**

**МЕТОДИЧНІ РОЗРОБКИ
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ
з дисципліни
«ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»**

**Освітньо-професійна програма Геодезія та землеустрій
для здобувачів вищої освіти
Навчально-наукового інституту
агротехнологій, селекції та екології
193 Геодезія та землеустрій
СВО бакалавр**



Полтава 2026

Методичні розробки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна геодезія» для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 Геодезія та землеустрій освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр».

Укладач:

Куришко Р.В. старший викладач кафедри геоматики, землеустрою та планування територій

Куришко Р.В. Інженерна геодезія. Методичні розробки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна геодезія» для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 Геодезія та землеустрій. Полтава, 2026. 57 с.

Методичні розробки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна геодезія» схвалено на кафедрі геоматики, землеустрою та планування територій, протокол № 5 від 12 січень 2026 р.

Методичні розробки щодо виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Інженерна геодезія» для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 193 Геодезія та землеустрій освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій» освітнього ступеня «Бакалавр» схвалено Радою з якості вищої освіти спеціальності «193 Геодезія та землеустрій», протокол № 5 від 12 січень 2026 р.

© Куришко Р.В. 2026

© Полтавський державний
аграрний університет, 2026

ЗМІСТ

Вступ	4
Перелік практичних робіт:	
Лабораторна робота № 1. Нівелювання поверхні по квадратах.....	8
Лабораторна робота № 2. Розв'язування прямої геодезичної засічки за формулами Юнга.....	13
Лабораторна робота № 3. Обернена кутова засічка (задача Потенота).....	18
Лабораторна робота № 4. Знесення координат з вершини пункту на землю.....	21
Лабораторна робота № 5. Побудова і проєктування поздовжнього профілю траси лінійної споруди.....	23
Лабораторна робота № 6. Аналіз проєктної документації будівлі (інженерної споруди) та визначення її основних конструктивних і геодезичних елементів.....	34
Список рекомендованої літератури.....	41
Додатки.....	42

ВСТУП

Сучасний розвиток будівельної індустрії, інженерної інфраструктури та просторового планування висуває високі вимоги до якості підготовки фахівців у галузі геодезії та землеустрою. Навчальна дисципліна «Інженерна геодезія» є однією з ключових нормативних дисциплін у системі професійної підготовки бакалаврів зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Вона забезпечує майбутніх інженерів фундаментальними знаннями та практичними навичками, необхідними для виконання геодезичних робіт на всіх етапах життєвого циклу будівель і споруд – від вишукувань та проєктування до зведення й моніторингу їхнього стану в процесі експлуатації.

Ці методичні рекомендації розроблені відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Інженерна геодезія» для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм навчання освітнього ступеня «Бакалавр» освітньо-професійної програми «Геодезія та землеустрій». Структура посібника охоплює комплекс взаємопов'язаних практичних та розрахунково-графічних робіт, які відображають вирішення реальних інженерно-геодезичних завдань.

Самостійна та аудиторна робота за цими рекомендаціями передбачає освоєння таких ключових тем:

- великомасштабне топографічне знімання для вертикального планування територій (*Нівелювання поверхні по квадратах*);
- визначення координат пунктів геодезичної основи спеціальними методами (*Розв'язування прямої геодезичної засічки за формулами Юнга та Обернена кутова засічка (задача Потенота)*);
- передача планових координат на вихідні горизонти при будівництві (*Знесення координат з вершини пункту на землю*);
- трасування та лінійні вишукування лінійних споруд (*Побудова і проєктування поздовжнього профілю траси лінійної споруди*);
- експертиза вихідних даних для винесення проєкту в натуру (*Аналіз проєктної документації будівлі та визначення її основних конструктивних і геодезичних елементів*).

Методичні вказівки містять необхідний теоретичний мінімум, покрокові алгоритми виконання обчислень, вимоги до графічного оформлення результатів, а також варіанти індивідуальних завдань. Це дозволяє здобувачам денної форми навчання систематизувати отримані знання, а студентам заочної форми – ефективно організувати самостійну роботу в міжсесійний період.

Метою методичних рекомендацій є забезпечення ефективного засвоєння здобувачами вищої освіти практичних навичок та теоретичних знань з розділів інженерної геодезії, необхідних для самостійного виконання геодезичних робіт під час топографічних знімачів, інженерно-геодезичних вишукувань, трасування лінійних споруд, винесення проєктів у натуру та контролю будівництва.

Основними завданнями методичних рекомендацій є:

1. Навчити здобувачів виконувати нівелювання поверхні по квадратах з метою створення висотної основи для вертикального планування території.

2. Сформувати вміння розв'язувати пряму геодезичну засічку за формулами Юнга для оперативного визначення координат точок на місцевості.

3. Опанувати алгоритми розв'язання оберненої кутової засічки (задачі Потенота) як одного з основних методів геодезичних згущувальних мереж.

4. Забезпечити практичні навички виконання знесення координат з вершини пункту на землю для забезпечення геодезичних робіт при обмеженій видимості або втраті центрів пунктів.

5. Розвинути компетенції з побудови та проєктування поздовжнього профілю траси для оцінки технічних показників автомобільних доріг, каналів, трубопроводів та інших лінійних споруд.

6. Навчити здійснювати аналіз проєктної документації будівлі (інженерної споруди) з визначенням її основних конструктивних (геометричних) та геодезичних елементів для подальшого виконання розмічувальних робіт.

Реалізація поставленої мети сприятиме формуванню у здобувачів фахових компетентностей, необхідних для успішної професійної діяльності у сфері геодезії та землеустрою.

Компетентності:

інтегральна:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі геодезії та землеустрою.

фахові:

ФК02. Здатність застосовувати теорії, принципи, методи фізико-математичних, природничих, соціально-економічних, інженерних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою.

ФК05. Здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань геодезії та землеустрою.

ФК06. Здатність виконувати дистанційні, наземні, польові та камеральні дослідження, інженерні розрахунки з опрацювання результатів досліджень, оформляти результати досліджень, готувати звіти при вирішенні завдань геодезії та землеустрою.

ФК07. Здатність збирати, оновлювати, опрацьовувати, критично оцінювати, інтерпретувати, зберігати, оприлюднювати і використовувати геопросторові дані та метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження.

ФК09. Здатність застосовувати інструменти, прилади, обладнання, устаткування при виконанні завдань геодезії та землеустрою.

ФК11. Здатність здійснювати геодезичний моніторинг земної поверхні, природних об'єктів, інженерних споруд.

Програмні результати навчання / результати навчання:

РН7. Виконувати обстеження і вишукувальні, топографо-геодезичні, картографічні, проектні та проектно-вишукувальні роботи при виконанні професійних завдань з геодезії та землеустрою.

РН8. Брати участь у створенні державних геодезичних мереж та спеціальних інженерно-геодезичних мереж, організовувати та виконувати топографічні та кадастрові знімання, геодезичні вимірювання, інженерно-геодезичні вишукування для проектування, будівництва та експлуатації об'єктів будівництва.

РН9. Збирати, оцінювати, інтерпретувати та використовувати геопросторові дані, метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження, застосовувати статистичні методи їхнього аналізу для розв'язання спеціалізованих задач у сфері геодезії та землеустрою.

РН10. Обирати і застосовувати інструменти, обладнання, устаткування та програмне забезпечення, які необхідні для дистанційних, наземних, польових і камеральних досліджень у сфері геодезії та землеустрою.

РН11. Організовувати та виконувати дистанційні, наземні, польові і камеральні роботи в сфері геодезії та землеустрою, оформляти результати робіт, готувати відповідні звіти.

РН13. Планувати і виконувати геодезичні, топографічні та кадастрові знімання, опрацьовувати отримані результати у геоінформаційних системах.

РН14. Планувати складну професійну діяльність, розробляти і реалізовувати проєкти у сфері геодезії та землеустрою за умов ресурсних та інших обмежень.

РН15. Розробляти і приймати ефективні рішення щодо професійної діяльності у сфері геодезії та землеустрою, у тому числі за умов невизначеності.

Методи навчання:

Словесні методи: лекція, розповідь, пояснення, бесіда. Наочні методи: ілюстрування, плакати, демонстрування. Практичні методи навчання: вправи, лабораторні завдання, робота з навчально-методичною літературою, робота з геодезичними приладами. Комп'ютерні і мультимедійні методи: використання мультимедійних презентацій, використання комп'ютерних навчальних програм, елементів дистанційного навчання та відеоконтента. Методи усного контролю: опитування, бесіда, доповідь. Методи лабораторно-практичного контролю: контрольні-лабораторні роботи, навчально-контрольні комп'ютерні програми.

Лабораторна робота № 1.

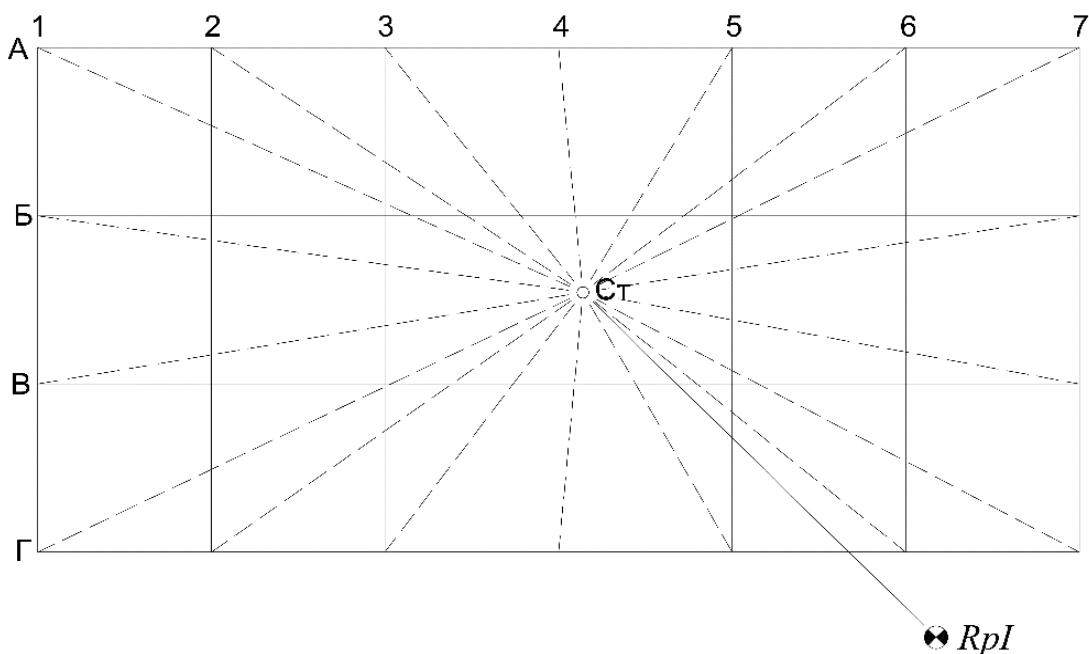
Тема. Нівелювання поверхні по квадратах.

Мета: Вивчити створення топографічних планів місцевості методом нівелювання по квадратах, навчитись обраховувати журнал нівелювання та будувати план.

Проектування інженерних споруд виконується на топографічних планах і картах. Знімання топографічного плану відкритої місцевості з слабо вираженим рельєфом і невеликою кількістю контурів і предметів з високою точністю доцільно виконувати *методом нівелювання поверхні по квадратах*.

Нівелювання поверхні по квадратах виконують при відсутності топографічного плану майданчика крупного масштабу (1:2000 – 1:500) з перерізом рельєфу через 1,0-0,25 м.

На місцевості в межах майданчика розбивають сітку квадратів зі сторонами 20х20 м. для цього на межі майданчика вибирають кутову точку 1, яку фіксують кілком. В залежності від форми майданчика вибирають два взаємно перпендикулярних напрямка, уздовж яких розбивають сторони квадратів.



Для цього на місцевості вибирають початковий напрямок 1-7 і під кутом 90° теодолітом будують перпендикулярний напрямок АГ. Рулеткою або мірною стрічкою впродовж отриманих напрямків відкладають відрізки через відстань 20 м. Отримані точки 1, 2, ..., 7; А,

Б, В, Г закріплюють тимчасовими дерев'яними кілками, або металевими відрізками.

Далі послідовно встановлюють в точках 2, 3, ..., 7; Б, В, ..., Г теодоліт, відкладають від вихідних напрямків 1-7 та АГ кути в 90° або 270° і впродовж отриманих ліній розмічують проміжні точки B_2, B_2, Γ_2 , і т.д. Отримують сітку квадратів.

Після розбивки сітки квадратів приступають до нівелювання майданчика. Місце встановлення нівеліра вибирають так, щоб з нього можна було віднівелювати найбільшу кількість вершин квадратів. Максимальна відстань від нівеліра до точки (плече нівелювання) не повинно перевищувати 130 м. Нівелір приводять в робочий стан (горизонтують), трубу наводять на репер і беруть відлік b_{RP} з чорного боку рейки.

Обчислюють горизонт приладу за формулою:

$$\Gamma\Pi = H_{RP} + b_{RP}$$

де H_{RP} – відмітка репера;

b_{RP} – відлік з чорного боку рейки, встановлений на репері.

В нашому випадку горизонт приладу дорівнює:

$$\Gamma\Pi = 99,50 + 1,200 = 100,70.$$

Нівелюють всі точки сітки квадратів, для чого рейку послідовно встановлюють на землю поруч з кожною точкою. Нівелювання виконують тільки з чорного боку рейки. Всі польові записи (відліки) і обчислення роблять в журналі нівелювання по квадратах.

Після цього рейку по черзі встановлюють на землю в кожній вершині квадратів і знімають відліки по чорній стороні. Висоти вершин квадратів обчислюються за формулою:

$$H_i = \Gamma\Pi - b_i,$$

де b_i – відлік з чорного боку рейки в точці номером i .

Журнал нівелювання по квадратах

Номера точок	Відлік рейки, мм	Горизонт приладу $\Gamma\Pi$, м	Відмітки землі H_i , до 0,01 м	Примітка
1	2	3	4	6
RpI	b_{RP}	$\Gamma\Pi$	H_{RP}	
$A1$	b_{A1}		H_{A1}	
$A2$	b_{A2}		H_{A2}	
$A3$	b_{A3}		H_{A3}	
...	...	...	...	
$\Gamma7$	$b_{\Gamma7}$		$H_{\Gamma7}$	

В нашому випадку вершина квадрата AI дорівнює:

$$AI = 100,70 - 0,490 = 100,21.$$

Горизонт приладу III залишається постійним, коли місце встановлення нівеліра не міняють протягом всього часу нівелювання майданчика.

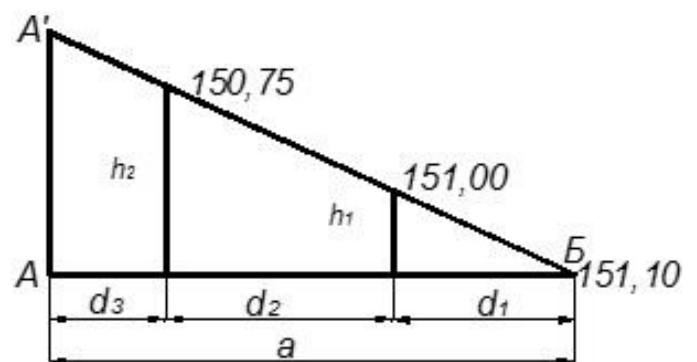
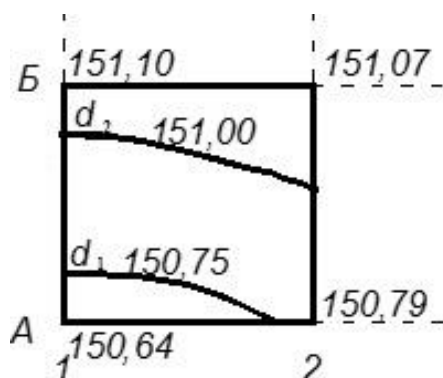
Рельєф місцевості зображують горизонталями. Отримані позначки вершин квадратів виписують на плані нівелювання і проводять горизонталі через взяті висоти перетину горизонталей. Виконують графічною інтерполяцією між точками, які знаходяться на одній відстані, тобто, визначають на плані точки, висоти яких кратні прийнятій висоті перерізу. В нашому прикладі - 0,50 м.

Побудова топографічного плану за результатами нівелювання поверхні.

На аркуші креслярського паперу будують сітку квадратів зі стороною 20 x 20 м. в заданому масштабі та підписують її згідно схеми планової основи.

Підписують висоти всіх вершин квадратів згідно журналу нівелювання по квадратах та додаткових точок в характерних місцях і наносять ситуацію. За відомим перерізом рельєфу виконують інтерполювання та проводять горизонталі.

Інтерполювання проводять таким способом, що за відомими відмітками вершин квадратів на плані, між цими точками визначають розташування точок з відмітками, які кратні висоті перерізу, за допомогою розв'язання подібних трикутників.



Наприклад, сторону між вершинами AI ($H = 150,64$) і BI ($H = 151,10$) мають перетнути горизонталі 150,75 та 151,00 (якщо переріз рельєфу через 0,25 м). Для її визначення обчислюємо відстань d_1 від точки AI ($H = 150,64$) до горизонталі 150,75 за формулою:

$$d = \frac{H_{\Gamma} - H_{\Gamma}}{\Delta h} * a,$$

де $\Delta h = H_{BI} - H_{AI}$ – перевищення між точками сторони квадрата;

H_{Γ} – висота шуканої горизонталі (150,75 або 151,00);

H_{Γ} – висота точки (AI);

a – довжина сторони квадрата (20).

Тоді
$$d_1 = \frac{150,75 - 150,64}{0,46} * 20 = 4,8 \text{ м.}$$

Для відстані d_2 від точки AI ($H = 150,64$) до горизонталі 151,00 буде дорівнюватись:

$$d_2 = \frac{151,00 - 150,64}{0,46} * 20 = 15,6 \text{ м.}$$

Відклавши в масштабі плану 1:500 довжини 4,8 та 15,6 м від вершини AI отримаємо положення горизонталей з висотами 150,75 та 151,00. Аналогічно визначаємо положення горизонталей по інших сторонам квадратів. З'єднавши точки з однаковими позначками плавними кривими лініями, отримаємо горизонталі. В розриві між горизонталями фіксують висоту горизонталі у напрямку вершини.

План викреслюється: сітка квадратів синім або зеленим кольором, висоти всіх вершин – чорним (округлені до 0,01 м), горизонталі та висота горизонталей – коричневим, кожна п'ята горизонталь проводиться потовщеною (0,2 мм). В нижній частині плану підписують масштаб, а нижче масштабу пишуть «Суцільні горизонталі проведені через 0,5 м».

Для виконання роботи за індивідуальним завдання значення відліків по рейці беруть з таблиці «Журнал нівелювання по квадратах».

Журнал нівелювання по квадратах

Номера точок	Відлік рейки, мм	Номера точок	Відлік рейки, мм	Номера точок	Відлік рейки, мм
A_1	490	B_4	1860	B_6	2660
A_2	960	B_5	2700	B_7	2430
A_3	1630	B_6	3620	Γ_1	2150
A_4	2290	B_7	3000	Γ_2	1730
A_5	3430	B_1	1570	Γ_3	1340
A_6	3880	B_2	910	Γ_4	1360
A_7	3620	B_3	320	Γ_5	2010
B_1	900	B_4	1540	Γ_6	1800
B_2	450	B_5	2090	Γ_7	1880
B_3	1100				

Лабораторні завдання:

1. Ознайомитись та засвоїти нівелювання по квадратах та вирахувати журнал нівелювання по квадратах згідно варіанту.

$$H_{RPI} = 100 + 5 * N + 0,51 * n;$$

$$b_{RPI} = 1200 + 150 * N + 25 * n.$$

де N – номер групи, n – номер значення задане викладачем.

2. Навчитись робити графічну інтерполяцією між точками та накреслити горизонталі.

3. Побудувати ПЛАН нівелювання поверхні по квадратах.

Лабораторна робота № 2.

Тема. Розв'язування прямої геодезичної засічки за формулами Юнга

Мета: засвоїти та зробити пряму кутову засічку за формулами Юнга та оцінку точності положення визначеного пункту.

Для остаточного згущення існуючої геодезичної мережі до необхідної щільності іноді визначають додаткові пункти за допомогою кутових і лінійних засічок.

Застосування геодезичних засічок виникає також при:

- прив'язці ходів і систем полігонометричних ходів до пунктів опорної мережі;
- позацентровому встановленні супутникових приймачів.
- передачі (знесенні) координат з вершини недоступного знака на землю.

Координати геодезичного пункту можна визначити прямою та комбінованою засічкою з двох вихідних пунктів або оберненою засічкою за трьома вихідними пунктами. Такі засічки називають одноразовими і задача розв'язується за необхідною кількістю пунктів та вимірів але безконтрольно.

Рішення прямокутної кутової засічки включає в себе визначення координат точок і розмірів кутів. Основні кроки для розв'язання прямокутної кутової засічки включають наступне:

1. Вимірювання кутів: Спочатку вимірюють кути між лініями, які утворюють засічку. Ці кути зазвичай вимірюються за допомогою геодезичних інструментів, таких як теодоліти або тахеометри.

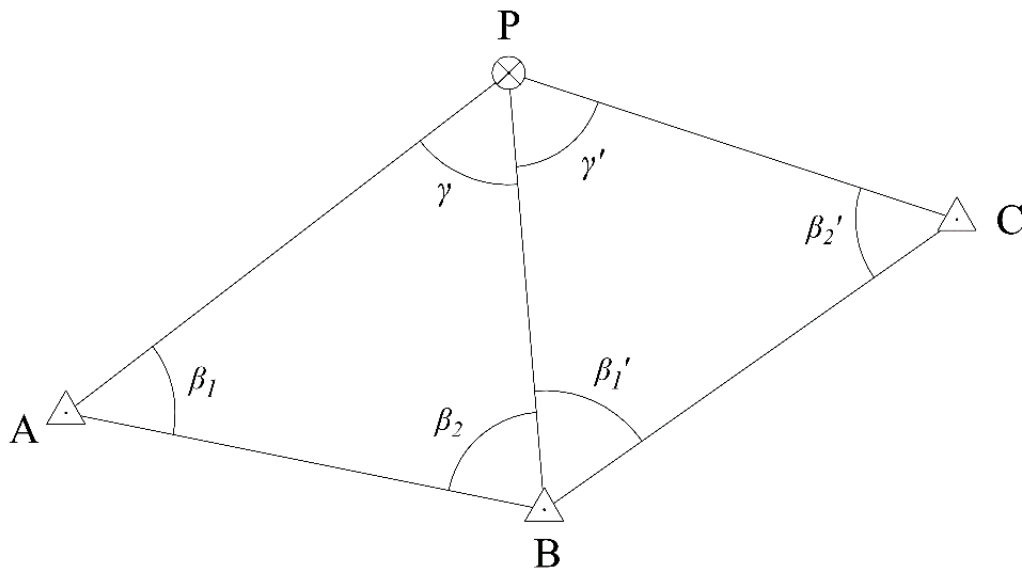
2. Вимірювання відстаней: Також вимірюють відстані між точками, які визначаються в прямокутній кутовій засічці. Відстані можуть бути виміряні за допомогою вимірювальних стрічок, електронних дальномерів або GPS-пристроїв.

3. Розрахунок координат: На основі вимірювань кутів і відстаней розраховують координати точок, які входять у засічку. Цей розрахунок може виконуватися за допомогою геодезичних обчислень і тригонометричних формул.

4. Проведення виправлень: У геодезії необхідно враховувати різні джерела похибок, такі як атмосферні умови, некоректне встановлення інструментів тощо. Тому проводять виправлення для зменшення похибок і досягнення більшої точності.

5. Перевірка результатів: Після розрахунку координат і виправлень необхідно перевірити результати, щоб впевнитися в їхній правильності і надійності.

Важливо враховувати, що точність результатів залежить від якості вимірювань, обладнання та методології розрахунків. У деяких випадках може бути необхідно використовувати спеціальні коригувальні методи і технології для досягнення високої точності в геодезичних роботах.



$$X_P = \frac{X_A \operatorname{ctg} \beta_2 + X_B \operatorname{ctg} \beta_1 + Y_B - Y_A}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} = \frac{K}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$

$$Y_P = \frac{Y_A \operatorname{ctg} \beta_2 + Y_B \operatorname{ctg} \beta_1 - X_B + X_A}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} = \frac{O}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$

де X_A, Y_A, X_B, Y_B – координати пунктів A і B ;

β_1 – виміряний кут між вихідним напрямком AB та напрямком AP , який визначаємо;

β_2 – виміряний кут між вихідним напрямком BA та напрямком BP , який визначаємо.

Для контролю правильності визначення координат пункту P вводять третій пункт C та вимірюють кути β_1', β_2' .

У другому рішенні використовують формули:

$$X'_P = \frac{X_B \operatorname{ctg} \beta_2' + X_C \operatorname{ctg} \beta_1' + Y_C - Y_B}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'} = \frac{K'}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'}$$

$$Y'_P = \frac{Y_B \operatorname{ctg} \beta_2' + Y_C \operatorname{ctg} \beta_1' - X_C + X_B}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'} = \frac{O'}{\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'}$$

де X_B, Y_B, X_C, Y_C – координати пунктів B і C ;

β_1' – виміряний кут між вихідним напрямком BC та напрямком BP , який визначаємо;

β_2' – вимірний кут між вихідним напрямком CB та напрямком CP , який визначаємо.

Завдання до теми

Вихідні дані

Назва пункту	Координати, м		Вимірні кути			
	X	Y				
A	758,63	662,51	β_1	53°51'09"	β_2	50°04'12"
B	778,82	859,19	β_1'	58°15'46"	β_2'	59°05'49"
C	945,07	895,96				

1 рішення

X_A	758,63	$X_A \operatorname{ctg} \beta_2$	634,988
Y_A	662,51	$X_B \operatorname{ctg} \beta_1$	568,915
X_B	778,82	$Y_A \operatorname{ctg} \beta_2$	554,534
Y_B	859,19	$Y_B \operatorname{ctg} \beta_1$	627,624
β_1	53°51'09"	$\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2$	1,567503
β_2	50°04'12"	K	1400,583
$\operatorname{ctg} \beta_1$	0,730483	X_P	893,512
$\operatorname{ctg} \beta_2$	0,837020	O	1161,968
		Y_P	741,286

2 рішення

X_B	778,82	$X_B \operatorname{ctg} \beta_2'$	466,171
Y_B	859,19	$X_C \operatorname{ctg} \beta_1'$	584,536
X_C	945,07	$Y_B \operatorname{ctg} \beta_2'$	514,277
Y_C	895,96	$Y_C \operatorname{ctg} \beta_1'$	554,161
β_1'	58°15'46"	$\operatorname{ctg} \beta_1' + \operatorname{ctg} \beta_2'$	1,217070
β_2'	59°05'49"	K'	1087,476
$\operatorname{ctg} \beta_1'$	0,618510	X_P'	893,519
$\operatorname{ctg} \beta_2'$	0,598560	O'	902,187
		Y_P'	741,278

Середнє значення координат пункту P з двох рішень:

$$X_P = 893,52 \text{ м}$$

$$Y_P = 741,28 \text{ м}$$

Оцінка точності положення визначеного пункту P прямою кутовою засічкою.

Розбіжність, отримана між першим та другим рішенням, має задовольняти нерівність:

$$r \leq 3 * M_r$$

$$r = \sqrt{(X_p - X_p')^2 + (Y_p - Y_p')^2}$$

$r = \sqrt{(893,516 - 893,521)^2 + (741,279 - 741,285)^2} = \pm 0,011$ м
де $X_P, Y_P, X_{P'}, Y_{P'}$ - координати пункту P отримані з першого та другого рішення.

$$\gamma = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$$

$$\gamma = 180^\circ - (53^\circ 51' 09'' + 50^\circ 04' 12'') = 76^\circ 04' 39''$$

$$\gamma' = 180^\circ - (\beta_1' + \beta_2')$$

$$\gamma' = 180^\circ - (58^\circ 15' 46'' + 59^\circ 05' 49'') = 62^\circ 38' 25''$$

де γ, γ' - значення кутів при вершині кута P відповідно в першому та другому рішеннях;

$$S_1 = \sqrt{\Delta X_{AP}^2 + \Delta Y_{AP}^2}$$

$$S_1 = \sqrt{(758,63 - 893,52)^2 + (662,51 - 741,28)^2} = 156,202 \text{ м}$$

$$S_2 = \sqrt{\Delta X_{BP}^2 + \Delta Y_{BP}^2}$$

$$S_2 = \sqrt{(778,82 - 893,52)^2 + (859,19 - 741,28)^2} = 164,492 \text{ м}$$

$$S_3 = \sqrt{\Delta X_{CP}^2 + \Delta Y_{CP}^2}$$

$$S_3 = \sqrt{(945,07 - 893,52)^2 + (895,96 - 741,28)^2} = 163,043 \text{ м}$$

де S_1, S_2, S_3 - відстані від вихідних пунктів A, B, C до середнього значення координат пункту P , м.

Визначення середньої квадратичної похибки положення пункту P :

$$M_r = \sqrt{M_1^2 + M_2^2}$$

$$M_1 = \pm \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{S_1^2 + S_2^2}$$

$$M_1 = \pm \frac{5''}{206265 \sin 76^\circ 04' 39''} \sqrt{156,202^2 + 164,492^2} = \pm 0,006 \text{ м}$$

$$M_2 = \pm \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma'} \sqrt{S_2^2 + S_3^2}$$

$$M_2 = \pm \frac{5''}{206265 \sin 62^\circ 38' 25''} \sqrt{164,492^2 + 163,043^2} = \pm 0,006 \text{ м}$$

де M_1, M_2 - середні квадратичні похибки положення пункту P з двох рішень.

де m_β - середня квадратична похибка виміру кута, її величина приймається в залежності від приладу, що використовується для вимірювання кутів, сек. $m_\beta = 5''$;

$$\rho = 206265'';$$

$$M_r = \sqrt{0,006^2 + 0,006^2} = \pm 0,008 \text{ м}$$

$$0,011 \leq 3 * 0,008$$

Отже, визначення координат пункту P виконано правильно.

Лабораторні завдання:

1. Ознайомитись та засвоїти розв'язування прямої геодезичної засічки за формулами Юнга.
2. Зробити розрахунки згідно варіанта за номером здобувача в додатках.

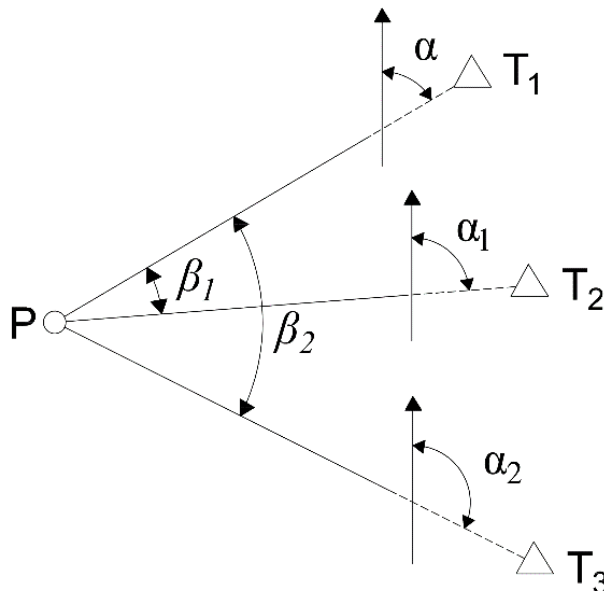
Лабораторна робота № 3

Тема. Обернена кутова засічка (задача Потенота)

Мета: засвоїти методику розв'язання оберненої кутової засічки (задачі Потенота).

Сутність зворотної одноразової кутової засічки полягає у визначенні координат шуканого пункту P (X , Y) за вимірними горизонтальними кутами (β_1 і β_2) на цьому пункті та напрямками з нього на три пункти з відомими координатами T_1 (X_1 , Y_1), T_2 (X_2 , Y_2) і T_3 (X_3 , Y_3).

Зворотна одноразова засічка (задача Потенота) широко використовується у геодезичній практиці, оскільки для визначення координат шуканого пункту передбачає вимірювання лише двох горизонтальних кутів на цьому пункті.



Задачу Потенота розв'язують у такому порядку.

Завдання до теми

Вихідні дані

Назва пункту	Координати, м		Виміряні кути	
	X	Y		
T ₁	55575,7	32473,11	β_1	13°51'04"
T ₂	55489,3	32672,49	β_2	39°57'21"
T ₃	55217,6	32542,48		

1. Знаходять дирекційний кут α напрямку $P-T_1$ за формулою Делаμβра:

$$\alpha = \arctg \frac{(Y_2 - Y_1) * ctg\beta_1 - (Y_3 - Y_1) * ctg\beta_2 + (X_3 - X_2)}{(X_2 - X_1) * ctg\beta_1 - (X_3 - X_1) * ctg\beta_2 - (Y_3 - Y_2)}$$

$$= \arctg \frac{A}{B}$$

2. Обчислюють дирекційні кути напрямків $P-T_2$ і $P-T_3$ (α_1 і α_2) за формулами:

$$\alpha_1 = \alpha + \beta_1$$

$$\alpha_2 = \alpha + \beta_2$$

3. Визначають координати пункту P .

Абсцису обчислюють за формулою:

$$X_P = X_2 + \frac{(X_2 - X_1) * tg\alpha - (Y_2 - Y_1)}{tg\alpha_1 - tg\alpha}$$

Ординату обчислюють за формулою:

$$Y_P = Y_2 + (X - X_2) * tg\alpha_1$$

Результати обчислень, виконаних за вихідними даними:

Формула	Результати обчислення	Формула	Результати обчислення	Формула	Результати обчислення
$Y_2 - Y_1$	199,377	$ctg \beta_1$	4,055649319	α_2	105°25'15"
$Y_3 - Y_1$	69,367	$ctg \beta_2$	1,193620988	$tg \alpha$	2,190762191
$Y_3 - Y_2$	-130,010	A	454,035287	$tg \alpha_1$	5,300569154
$X_2 - X_1$	-86,355	B	207,249919	$tg \alpha_2$	-3,625303738
$X_3 - X_1$	-358,125	α	65°27'54"	X_P	55364,39
$X_3 - X_2$	-271,770	α_1	79°18'58"	Y_P	32010,20

4. Контроль обчислень полягає у знаходженні допоміжних координат пункту P дирекційних кутів α_1 і α_2 шляхом розв'язання зворотних геодезичних задач за лініями $P-T_2$ і $P-T_3$:

$$X_P = X_3 + \frac{(X_3 - X_1) * tg\alpha - (Y_3 - Y_1)}{tg\alpha_2 - tg\alpha}$$

$$Y_P = Y_3 + (X - X_3) * tg\alpha_2$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{Y_2 - Y}{X_2 - X} \quad \alpha_2 = \arctg \frac{Y_3 - Y}{X_3 - X}$$

Формула	Результати обчислення	Формула	Результати обчислення
X_P	55364,39	α_1	79°18'58"
Y_P	32010,20	α_2	105°25'15"

Лабораторні завдання:

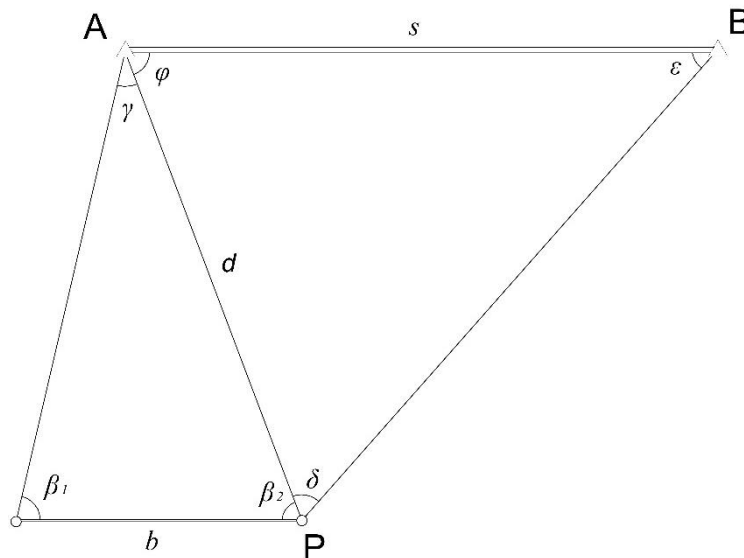
1. Ознайомитись та засвоїти розв'язування оберненої кутової засічки (задача Потенота).
2. Зробити розрахунки згідно варіанта за номером здобувача в додатках.

Лабораторна робота № 4.

Тема. Знесення координат з вершини пункту на землю.

Мета: Навчитися прив'язувати (з контролем) та обчислювати координати точок знімальних ходів та мереж до недоступних пунктів вищих класів.

При прив'язці полігонометричного (теодолітного) ходу до пункту тріангуляції, на якому не можна встановити прилад, вибирають на землі поблизу цього пункту A (на відстані 50-100 м від нього) точку P в такому місці, щоб, крім пункту A було видно віддалений пункт



вихідної мережі B і зручно було виміряти базисну лінію для визначення неприступної відстані AP .

Знесення координат з вершини пункту на землю розв'язують у такому порядку.

Завдання до теми

Вихідні дані

Назва пункту	Координати, м		Виміряні кути	
	X	Y		
A	30674,90	16077,19	β_1	$125^\circ 29' 48''$
B	30887,83	16533,89	β_2	$50^\circ 42' 48''$
b	31,95		δ	$93^\circ 34' 30''$

Визначити координати пункту P (X_P , Y_P), якщо відомі координати пунктів A , B виміряні кути β_1 , β_2 , δ та базис b_1 .

Пункти A , B недоступні для безпосередніх вимірювань.

Визначити координати пункту P , отриманого методом знесення координат з вершини знаку на землю, у такому порядку.

$$\tan \alpha_{AB} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{16533,89 - 16077,19}{30887,83 - 30674,90} = \frac{456,700}{212,93} = 2,14483633$$

$$\alpha_{AB} = \arctan 2,14483633 = 65^{\circ}00'12''$$

$$S_{AB} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha_{AB}} = \frac{30887,83 - 30674,90}{\cos 65^{\circ}00'12''} = 503,90$$

$$S_{AB} = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha_{AB}} = \frac{16533,89 - 16077,19}{\sin 65^{\circ}00'12''} = 503,90$$

$$\gamma = 180^{\circ} - (\beta_1 + \beta_2) = 3^{\circ}47'24''$$

$$d = \frac{b \sin \beta_1}{\sin \gamma} = \frac{31,95 \times \sin 125^{\circ}29'48''}{\sin 3^{\circ}47'24''} = 393,53$$

$$\varepsilon = \arcsin \frac{d \sin \delta}{S} = \arcsin \frac{393,53 \times \sin 93^{\circ}34'30''}{503,90} = 51^{\circ}12'35''$$

$$\varphi = 180^{\circ} - (\delta + \varepsilon) = 180^{\circ} - (93^{\circ}34'30'' + 51^{\circ}12'35'') = 35^{\circ}12'55''$$

$$\alpha_{AP} = \alpha_{AB} + \varphi = 65^{\circ}00'12'' + 35^{\circ}12'55'' = 100^{\circ}13'07''$$

$$X_P = X_A + d \cos \alpha_{AP} = 30674,90 + 393,53 \times \cos 100^{\circ}13'07'' = 30605,09$$

$$Y_P = Y_A + d \sin \alpha_{AP} = 16077,19 + 393,53 \times \sin 100^{\circ}13'07'' = 16464,48$$

Контроль обчислень:

$$d_{PB} = \sqrt{(X_B - X_P)^2 + (Y_B - Y_P)^2} = 291,14$$

$$S_{AB} = \frac{d_{PB} \sin \delta}{\sin \varphi} = \frac{291,14 \times \sin 93^{\circ}34'30''}{\sin 35^{\circ}12'55''} = 503,90$$

Лабораторні завдання:

1. Ознайомитись та засвоїти розв'язування знесення координат з вершини пункту на землю.
2. Зробити розрахунки згідно варіанта в додатках за номером здобувача.

Лабораторна робота № 5.

Тема. Побудова і проєктування поздовжнього профілю траси лінійної споруди.

Мета: навчитися проводити обробку даних нівелювання, обчислювати відмітки пікетів, плюсових і проміжних точок, будувати поздовжній профіль; наносити проектну лінію, обчислювати проектні, робочі та сині відмітки; будувати поперечні профілі.

Обробка журналу. Перевірка журналів технічного нівелювання починається з контролю правильності записаних відліків за основними і додатковими шкалами рейок на всіх станціях за допомогою обчислення різниці нулів п'яток рейок.

Обчислити п'яткові різниці – різниці висот нулів червоної і чорної сторін рейки для задньої і передньої рейок, по всьому ходу:

$$\Delta 3 = a_k - a_{ч}; \Delta п = b_k - b_{ч}.$$

Наприклад, у журналі технічного нівелювання на першій станції:

$$7462 - 2675 = 4787,$$

$$6083 - 1295 = 4788.$$

Ухилення різниці нулів основної та додаткової шкал кожної рейки від значень, визначених під час їх дослідження, не повинні перевищувати 3 мм. На кожній станції за формулою обчислюють перевищення між сполучними точками за основними і додатковими шкалами рейки.

Для першої станції перевищення дорівнюють:

$$h = a - b$$

$$h_{ч} = 2675 - 1295 = + 1380,$$

$$h_{чер} = 7462 - 6083 = + 1379.$$

Значення перевищень відповідно до їх знаку записують в графу 6 або 7 «Перевищення».

Перевищення $h_{ч}$ і $h_{чер}$, визначені за основними та додатковими шкалами рейки, як правило, відрізняються за рахунок випадкових помилок відліків. Якщо відмінність у перевищеннях становить не більше 5 мм, то спостереження на цій станції вважаються задовільними і можна обчислити середнє перевищення:

$$h_{cp} = \frac{1380 + 1379}{2} = +1379,5$$

Значення середнього перевищення записують відповідно до його знака в графу 8 або 9 колонки «Середні перевищення». Аналогічно обробляються усі наступні станції.

На кожній сторінці журналу виконують посторінковий контроль і підраховують:

а) суму всіх задніх відліків за основною та допоміжною шкалами, наприклад, $\Sigma a = 2675 + 7462 + \dots + 2782 + 7570 = 43752$ мм;

б) суму всіх передніх відліків:

$$\Sigma b = 1295 + 6083 + \dots + 1150 + 5936 = 40470 \text{ мм};$$

в) сумарні перевищення на цій сторінці:

$$\Sigma h = \frac{43752 - 40470}{2} = +1641 \text{ мм};$$

г) суму подвійних перевищень за графами 6 і 7:

$$\Sigma h_{\text{пв}} = 1380 + 1379 + \dots + 1632 + 1634 = +8048 \text{ мм},$$

$$\Sigma h_{\text{пв}} = 930 + 930 + \dots + 1452 + 1454 = 4766 \text{ мм};$$

д) алгебраїчну півсуму подвійних перевищень:

$$\frac{\Sigma h_{\text{пв}}}{2} = \frac{+8048 + (-4766)}{2} = +1641 \text{ мм};$$

е) суму середніх перевищень за графами 8 та 9.

$$\Sigma h_{\text{ср}} = 1370,5 + 1011,5 + \dots + 1633 = +4024 \text{ мм},$$

$$\Sigma h_{\text{ср}} = -930 - \dots - 1453 = -2383 \text{ мм};$$

ж) алгебраїчну суму середніх перевищень:

$$\Sigma h_{\text{ср}} = +4024 + (-2383) = +1641 \text{ мм}.$$

Отримані дані записують внизу сторінки до відповідних граф. Якщо на цій сторінці усі обчислення правильні, то контрольна рівність дорівнює:

$$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \frac{\Sigma h_{\text{пв}}}{2} = \Sigma h_{\text{ср}}.$$

Аналогічно здійснюють посторінковий контроль і на інших сторінках журналу.

У зв'язку перевищень розімкнутого нівелірного ходу, прокладеного між двома реперами, виконують у такій послідовності. Підраховують практичну суму перевищень $\Sigma h_{\text{пр}}$ між початковим і кінцевим пунктами нівельованої траси як суму середніх перевищень $\Sigma h_{\text{ср}}$ на кожній сторінці. У нашому прикладі дорівнює +1641 мм. Обчислюють теоретичну суму перевищень $\Sigma h_{\text{теор}}$ як різницю відліків кінцевого і початкового реперів:

$$\Sigma h_{\text{теор}} = H_{\text{РпII}} - H_{\text{РпI}} = 81,297 - 79,650 = +1647 \text{ мм}.$$

У завданні

$$H_{\text{РпI}} = (100 + 10N + 0.333n) \text{ м};$$

$$H_{\text{РпII}} = H_{\text{РпI}} + 8.255 + 0.002n;$$

$$h_{\text{пко проект}} = h_{\text{пко фактич}} + h_{\text{пко}},$$

де $h_{\text{пко}} = 0,03 N + 0,05 n$,

при цьому n парні h «+»; n непарні h «-».

Визначають нев'язку в перевищеннях:

$$fh = \Sigma h_{\text{прак}} - \Sigma h_{\text{теор}} = 1641 - 1647 = -6 \text{ мм.}$$

Отриману нев'язку fh порівнюють з граничною і обчислюють за формулою:

$$fh_{\text{дон}} = 30\sqrt{L},$$

де L – довжина нівелірного ходу, км.

Для розглянутого прикладу

$$fh_{\text{дон}} = 30\sqrt{0.5} = \pm 21 \text{ мм.}$$

Якщо $fh \leq fh_{\text{дон}}$, то можна приступити до розподілу неув'язки.

Поправку в перевищенні обчислюють за формулою:

$$v_h = \frac{fh}{n},$$

де n число станцій.

У розглянутому прикладі нівелірний хід містить п'ять станцій, тому поправка в перевищенні дорівнює:

$$v_h = +\frac{6}{5} = +1,2 \text{ мм.}$$

Однак при розподілі поправок враховують, що для спрощення подальших обчислень ув'язані перевищення повинні містити тільки цілі міліметри. Тому спочатку поправку вводять у перевищення, що містять десяті частки міліметра, а потім решту неув'язки розподіляють в інші перевищення. Сума поправок в перевищеннях повинна дорівнювати неув'язці з протилежним знаком, тобто:

$$\Sigma v_h = -fh.$$

У разі виконання цієї умови кожне середнє перевищення виправляють згідно з поправкою і результат записують відповідно до знака перевищення в графі «Урівняні перевищення».

Підраховують суму урівняних перевищень, яка повинна дорівнювати теоретичній сумі перевищень. У розглянутому прикладі

$$\Sigma h_{\text{урів}} = +4028 - 2381 = +1647 \text{ мм.}$$

Обчислення відміток сполучних і проміжних точок здійснюють за урівняними перевищеннями від позначки початкового репера за формулою $H_B = H_A + h$.

Для розглянутого прикладу:

$$H_{\text{ПК0}} = 79,650 + 1,381 = 81,031 \text{ м,}$$

$$H_{\text{ПК1}} = 81,031 + 1,013 = 82,044 \text{ м т. д.}$$

Контролем обчислення відміток зв'язуючих точок є отримання відмітки $H_{\text{РП}}$ в кінці нівелірного ходу. Обчислені відмітки записують у графу «Абсолютні відмітки» проти відповідних зв'язуючих точок. Відмітки проміжних точок обчислюють через горизонт приладу (ГП)

за формулою. Наприклад, на станції № 3 горизонт приладу можна обчислити від ПК1 і ПК2:

$$\text{ГП} = 82,044 + 0,266 = 82,270 \text{ м,}$$

$$\text{ГП} = 81,115 + 1,156 = 82,271 \text{ м.}$$

Різниця ГП, обчисленого за заднім та переднім відліками, не повинна перевищувати 5 мм. Обчислений горизонт приладу записують в графу 12 поруч з відміткою, від якої він обчислений.

Для обчислення відміток проміжних точок відмінність у значеннях ГП у межах допуску не має значення і можна брати будь-який з двох ГП. Наприклад, на станції № 3 для плюсової точки ПК1 + 45 відмітка дорівнює:

$$H_{\text{ПК1} + 45} = 82,270 - 2,230 = 80,040 \text{ м.}$$

Аналогічно обчислюють відмітки інших проміжних точок і записують в графу 13 проти відповідних проміжних точок.

Побудова повздовжнього профілю

Профілем називають проекцію сліду перетину місцевості вертикальною площиною, що проходить через дві точки на цю площину.

Повздовжній профіль траси, тобто профіль місцевості по осі траси проектованої споруди, побудувати на міліметрівці в масштабах: горизонтальний – 1 : 5 000; вертикальний – 1 : 500 у такій послідовності. На аркуші міліметрового паперу розміром 40 x 35 см викреслюють олівцем профільну сітку. При цьому лінію «Умовний горизонт» поєднують з однією з потовщених сантиметрових ліній на міліметрівці. Найнижча лінія графі «Ґрунти» повинна проходити від краю міліметрівки на 4–5 см.

Заповнення граф профільної сітки та її графічне оформлення виконують так:

1. Користуючись даними пікетажного журналу та журналу технічного нівелювання, заповнюють графу «Відстані». Починаючи від ПК0, відкладають у прийнятому горизонтальному масштабі відстані до пікетів і плюсових точок по осі споруди. При цьому відстані між пікетами та плюсовими точками записують у відрізках. Сума всіх відрізків між суміжними пікетами повинна дорівнювати 100 м. Наприклад, відстань між ПК2 та ПК3 дорівнює 100 м (40 + 60).

Якщо між пікетами плюсова точка відсутня, то відстань між ними, як величину відому і константу, не записують.

Нижче графі «Відстані» підписують номери пікетів, а кожен десятий пікет, тобто кілометр траси, зображують у вигляді кружка, наполовину пофарбованого червоним кольором і під ним підписують

число кілометрів. Висота цифр та букв на повздовжньому профілі повинна дорівнювати 2 мм.

2. Графи «Ґрунти» та «План місцевості» заповнюють, використовуючи дані пікетажного журналу. У графі «План місцевості» прямою лінією проводять вісь траси. У точках повороту траси стрілкою показують напрямок повороту траси із зазначенням порядкового номера кута повороту. На план умовними знаками в прийнятому горизонтальному масштабі наносять ситуацію, а в графі «Ґрунти» виписують назви ґрунтів, по яких пролягає траса.

3. Графу «План прямих та кривих» заповнюють, користуючись даними розрахунку точок кривої в пікетажному значенні.

На осі «План прямих та кривих» наносять початок кривої ПК і кінець кривої КК. Від цих точок проводять прямі лінії вгору до лінії пікетів. Близько ліній виписують зліва і справа відстані від найближчих пікетів. Числа зліва показують відстані від попереднього пікету до ПК, праворуч – відстані від ПК до наступного пікету. Сума цих відстаней повинна дорівнювати довжині одного пікету.

Умовно повороти траси зображують дугами: при повороті траси вправо дугу проводять вище осі, у разі повороту вліво – нижче осі. Біля дуг або всередині їх виписують основні елементи кругової кривої.

Над серединою прямих вставок траси виписують румби напрямків, а під лінією – довжину. Румб вихідної прямої вставки визначають по бусолі з урахуванням відхилення магнітної стрілки та зближення меридіанів у точці визначення.

Румби наступних прямих вставок траси обчислюють безпосередньо за кутами повороту траси, керуючись правилом: Румб подальшої лінії дорівнює румбу попередньої лінії плюс правий або мінус лівий кути повороту траси. За зміною назв румбів треба стежити в процесі обчислень.

Можна також використовувати формули обчислення дирекційних кутів ліній через праві та ліві кути повороту траси:

$$a_{n+1} = a_n + \Theta;$$

$$a_{n+1} = a_n - \Theta_1,$$

де a_n і a_{n+1} – дирекційні кути відповідно попередньої та наступної прямих вставок; Θ і Θ_1 – правий і лівий кути повороту траси.

Контролем правильності обчислення довжин прямих вставок і кривих служить їх сума, що дорівнює довжині всієї траси.

4. У графу «Відмітки землі» виписують відмітки пікетів і плюсових точок з журналу нівелювання. Відмітки пишуть вертикально на відповідній ординаті з округленням до 0,01 м.

5. Від верхньої лінії графі «Ухили», прийнятої за умовний горизонт, відкладають у вертикальному масштабі 1 : 500 відмітки точок на продовженні ординат відповідних пікетних і плюсових точок.

Необхідно взяти таку відмітку лінії умовного горизонту, щоб ординати профілю були на відстані 5–8 см від неї. Для розглянутого прикладу умовний горизонт дорівнює 120 м, оскільки найбільша ордината становить $(145,41 - 50,00) = 95,41$ м, тобто в масштабі це 8 см. Від лінії умовного горизонту проводять ординати до всіх відкладених точок профілю: точки послідовно з'єднують між собою прямими лініями і отримують поздовжній профіль траси.

Нанесення проектної лінії, обчислення проектних робочих та синіх відміток

Результати проектування інженерних споруд, пов'язані зі зміною поверхні траси, наносять на профіль у вигляді проектної лінії. При цьому слід керуватися такими положеннями.

1. Проектна лінія повинна виходити з точки $H_{\text{ПК}0} \pm h$, де h – робоча відмітка, зазначена в завданні.
2. Проектну лінію проводити так, щоб обсяги виїмок та насипів були приблизно однаковими і мінімальними. Цієї умови дотримуються, якщо площа виїмок на профілі приблизно дорівнює мінімальній площі насипів.
3. Сполучення ухилів у вертикальній площині має забезпечити безпеку руху за заданих розрахункових швидкостей та видимості зустрічного транспорту. При цьому відстані між переломами проектної лінії не повинні бути менше 150–200 м. Вигини проектної лінії роблять тільки на прямовисній лінії, що проходить через пікети або плюсові точки.
4. При підході до штучних споруд (мости) проектують горизонтальні площадки довжиною не менше 10 м.
5. Ухили проектної лінії, встановлені для автомобільних доріг місцевого значення, повинні дорівнювати 0,002–0,050 та виражатися цілими тисячними частками.

Продумавши ескіз проектної лінії, на профілі намічають олівцем початкові й кінцеві точки окремих її ділянок і приступають до розрахунків та нанесення проектної лінії.

Графічно визначають проектну відмітку кінцевої точки першої ділянки проектної лінії. За різницею відміток кінцевої і початкової точок обчислюють перевищення між ними. Знаючи перевищення та відстань між точками, визначають ухил всього елемента проектної лінії за формулою:

$$i = \frac{h}{d}.$$

Округливши отримане значення ухилу до тисячних часток, записують його цілим числом, наприклад, 7 замість 0,007, у рядок «Ухили в тисячних» чисельником, а під нахилом – довжину ділянки з даними ухилу в метрах.

Обчислюють проектні відмітки точок на певній ділянці проектною лінії за формулою:

$$H_{n+1} = H_n + id,$$

де H_{n+1} і H_n відмітки наступної та попередньої точок; i – ухил проектною лінії; d – горизонтальне прокладання між точками.

Першу ділянку проектною лінії прокреслити остаточно після нанесення на профіль його кінцевої точки.

У нашому прикладі (див. рис. 29) дані $H_{ПК0} = 140,63$, $i = +0,008$. На підставі формули (49) визначають $H_{ПК1}$:

$$H_{ПК1} = 140,69 + (0,008 \cdot 100) = 141,19.$$

Для проміжної точки $H_{ПК2} + 40 = 141,49 + (0,008 \cdot 40) = 141,81$. Подальше проектування ведуть аналогічно описаному, дотримуючись заданих умов.

Правильність обчислення проектних відміток поздовжнього профілю перевіряють за формулою:

$$H_K - H_H = \sum id,$$

де H_K і H_H – проектні відмітки кінцевої та початкової точок профілю; $\sum id$ – алгебраїчна сума добутків ухилів на їх протяжність з урахуванням підйомів зі знаком плюс, а спусків – зі знаком мінус.

У нашому прикладі: $H_K = 143,60$, $H_H = 140,69$, $i_1 = +0,008$, $i_2 = -0,011$, $i_3 = +0,015$, $i_4 = +0,003$, $i_5 = -0,011$, $i_6 = +0,007$ тоді за формулою обчислимо:

$$143,29 - 140,69 = (+0,008 \cdot 300) + (-0,011 \cdot 200) + (+0,015 \cdot 200) + (+0,003 \cdot 200) + (-0,011 \cdot 300) + (0,007 \cdot 300) = 2,60.$$

Після обчислення та запису відповідних точок проектних відміток всіх пікетів і плюсових точок визначають робочі відмітки. Робоча відмітка дорівнює проектній відмітці мінус фактична відмітка:

$$h_{раб} = H_{пр} - H_{ф},$$

яка зі знаком плюс означає висоту насипу і пишеться над проектною лінією профілю, а зі знаком мінус – глибину виїмки і зазначається під проектною лінією.

Обчисливши всі робочі відмітки, визначають відстані до точок нульових робіт і відмітки цих точок.

Відстань від найближчого пікету до точки нульових робіт обчислюють за формулою:

$$x = \frac{h_1}{h_1 + h_2} d,$$

де h_1 і h_2 – абсолютні значення робочих відміток; d – горизонтальне прокладання лінії між точками.

Для контролю обчислюють відстань:

$$d - x = \frac{h_2}{h_1 + h_2} d.$$

Наприклад, на поздовжньому профілі точка нульових робіт розташована між пікетами ПК1 та ПК1 + 40, потрібно знайти відстань до точки нульових робіт по ПК0. На підставі формули маємо:

$$x = \left(\frac{0,57}{0,57 + 0,74} \right) \cdot 40 = 17,4 \approx 17 \text{ м.}$$

Контроль за формулою:

$$d - x = \left(\frac{0,74}{0,74 + 0,57} \right) \cdot 40 = 22,6 \approx 23 \text{ м.}$$

Відмітки точок нульових робіт (сині) обчислюють за формулою:

$$H_0 = H_{np} + ix,$$

де H_0 та H_{np} – відмітка точки нульових робіт і проектної лінії; i – ухил проектної лінії; x – відстань до точки нульових робіт від молодшого пікету (чи плюсової точки).

Оформлення повздовжнього профілю. На повздовжньому профілі червоним кольором викреслюють: проектну лінію, робочі позначки, ухили та лінію дробу, проектні відмітки, роздільні лінії між ухилами і проектними відмітками, а також між проектними і фактичними відмітками, усі лінії та підписи в рядку «План прямих та кривих» (крім номерів пікетів), вісь траси і показники її поворотів на плані місцевості. Синім кольором – лінії перпендикулярів, опущених з точок нульових робіт на лінію умовного горизонту, нулі над проектною лінією, відстані від пікетів або плюсових точок, до точок нульових робіт, сині відмітки, лінію пікетів (нижню межу рядка горизонтального прокладання).

Все інше викреслюють чорним кольором.

На профілі акварельними фарбами світлого тону зафарбовують площі: насипів – червоним, виїмок – жовтим кольором.

Побудова поперечних профілів. Поперечний профіль будують так само, як і повздовжній, за відмітками точок та відстанями між

ними. Для більшої виразності і виключення спотворень в площах січення побудови поперечних профілів виконують в одному, більшому масштабі. У наведеному прикладі масштаб для поперечних профілів прийнятий 1 : 100. Спочатку будують профільну сітку, розміри якої, а також найменування граф показані на рисунку в додатках.

Профільну сітку поперечних профілів заповнюють за даними журналу нівелювання: лінійні дані беруть з графи 2, а відмітки – з графи 13.

Нижче графи «Відстані» пишуть номер пікету, а всередині – відстані вправо і вліво від осі пікету.

У графу «Проектні відмітки» з журналу нівелювання виписують позначки осьового пікету та поперечних профілів з округленням до 0,01 м.

Після заповнення профільної сітки будують ординати від прийнятого умовного горизонту. Кінці відкладених ординат з'єднують прямими і отримують поперечний профіль.

Приступають до проектування елементів полотна дороги. У графі «Довжини елементів поперечного профілю» від осьової точки вправо і вліво відкладають по 3 м (половину ширини проїжджої частини) і від отриманих точок – ширину узбіч, еквівалентну 2 м.

Крайні точки (бровки), віддалені від осі дороги на відстань 5 м, є вихідними для проектування поперечного профілю, оскільки обчислені проектні відмітки по осі дороги повздовжнього профілю у дорожньому проектуванні приймають за позначки бровки полотна як найбільш стійкі в дорожньому будівництві.

У розглянутому прикладі проектна відмітка осі дороги на ПК 7 дорівнює 143,89. Цю відмітку виписують у графу «Проектні позначки» на поперечному профілі у бровки, відкладають її від лінії умовного горизонту в прийнятому вертикальному масштабі по обидва боки від осі дороги й отримують дві точки бровок полотна дороги. Від цих точок проектують узбіччя з ухилом підйому до осі дороги: $i = 0,050$; $d = 2$ м. Відмітки:

$$H_{\text{кромки}} = H_{\text{бровки}} + id = 143,89 + 0,10 = 143,99 \text{ м.}$$

Обчислені відмітки країв полотна дороги записують в графу «Проектні відмітки».

Отримані відмітки країв полотна дороги є вихідними для проектування проїжджої частини дороги по ухилах підйому $i = 0,030$ і $d = 3$ м. Для наведеного прикладу:

$$H_{\text{оси}} = H_{\text{кромки}} + id = 143,99 + 0,09 = 144,08.$$

Ці відмітки кромки та осі дороги відкладають від лінії умовного горизонту і після з'єднання кінців ординат прямими лініями отримують проектний профіль полотна дороги.

Якщо запроектоване полотно дороги проходить у виїмці (ПК7), то необхідно ще запроектувати кювети трапецеїдальної форми.

Крутизна внутрішнього і зовнішнього схилів прийнята полуторним (1 : 1,5), тобто закладення схилів у півтора рази більше глибини кювету.

Для нашого прикладу при глибині кювету 0,6 м закладення дорівнює 0,9 м. Щоб побудувати схил на профілі, від відмітки бровки вниз по її ординаті відкладають 0,6 м і від цієї точки по горизонталі – 0,9 м, з'єднавши точку бровки з отриманою точкою, матимемо схил. Отже дно кювету шириною 0,6 м має схил $i = 0$.

Щоб обчислити робочі відмітки поперечного профілю, попередньо обчислюють фактичні відмітки усіх точок полотна дороги. За формулою визначають робочі відмітки і записують їх на профілі: у разі насипу – над проектною лінією відповідної ординати, а при виїмці – під проектною лінією.

Якщо дорога проходить по насипу, то кювети не проектують, а полотно дороги закінчується схилами прийнятої крутизни (ПК0).

У разі проектування: полотно дороги, коли його елементи перебувають частково у виїмці і на насипу, отримують точки нульових робіт. Відстані до них та їх відмітки обчислюють за формулами.

Поперечний профіль оформляють у таких кольорах:

червоним – проектну лінію, робочі відмітки, ухили, проектні відмітки, роздільні лінії між ухилами та проектними відмітками, а також між проектними та фактичними відмітками;

синім – лінії перпендикулярів, опущених з точок нульових робіт на лінію умовного горизонту, нулі у точок нульових робіт, відстані до точок нульових робіт, відмітки точок нульових робіт;

чорним – все інше.

Для відображення характеру земляних робіт на профілі площі насипів фарбують червоним, площу виїмок – жовтим кольором.

Лабораторні завдання:

1. Ознайомитись та засвоїти проектування поздовжнього профілю траси лінійної споруди.

2. Побудувати профіль поздовжнього нівелювання траси з нанесеною проектною лінією та зробити необхідні обчислення.

3. Побудувати профіль поперечного нівелювання траси (виїмка, насип) та зробити необхідні обчислення.

Лабораторна робота № 6.

Тема. Аналіз проєктної документації будівлі (інженерної споруди) та визначення її основних конструктивних і геодезичних елементів.

Мета: роботи полягає у формуванні в студентів умінь читати проєктну документацію інженерної споруди, визначати її основні конструктивні елементи, встановлювати геодезичні дані, необхідні для перенесення проєкту в натуру, а також готувати вихідні матеріали для розмічувальних робіт.

У результаті виконання роботи студент повинен:

- навчитися аналізувати склад проєктної документації;
- уміти знаходити осі споруди та визначати їх систему;
- встановлювати планові та висотні дані з креслень;
- розуміти принципи вибору способу винесення проєкту в натуру;
- уміти готувати розмічувальне креслення;
- усвідомлювати типові помилки під час читання проєкту.

Робочий проєкт інженерної споруди є сукупністю графічних і текстових матеріалів, які разом описують геометрію, конструкцію, розташування та технологію зведення об'єкта. Для геодезичних розмічувальних робіт особливе значення має графічна частина, оскільки саме вона містить дані для перенесення споруди в натуру.

До складу проєктної документації зазвичай входять:

- генеральний план;
- плани поверхів, фундаментів, колон, доріг або інших конструктивних елементів;
- фасади;
- розрізи;
- поздовжні та поперечні профілі;
- схеми розташування елементів;
- вузли та деталі;
- пояснювальна записка.

Генеральний план (Генплан): Це головне креслення для планової прив'язки об'єкта. Він відображає проєктну споруду на топографічній основі реальної місцевості. З Генплану геодезист отримує інформацію про розташування пунктів геодезичної основи, напрямки червоних ліній забудови, контури існуючих будівель та проєктні координати кутів нової споруди.

Плани поверхів / конструктивні плани: Креслення, що показують горизонтальні розрізи споруди на певних рівнях (наприклад, план фундаментів, план колон, план першого поверху). Вони дають детальну інформацію про внутрішню геометрію об'єкта: розташування осей, товщину стін, розміри прольотів та місця встановлення технологічного обладнання.

Фасади: вертикальні проєкції зовнішнього вигляду споруди. Вони містять висотні відмітки: цоколя, підвіконь, прорізів, карнизу, гребеня даху. Фасади дозволяють перевірити взаємну узгодженість висотних даних.

Розрізи: вертикальні перетини споруди по характерних площинах. На розрізах відображені висотні відмітки підлог, сходових площадок, підосви фундаментів, рівнів ґрунту. Для геодезиста розрізи є основним джерелом висотних проєктних даних.

Поздовжні та поперечні профілі: Використовуються переважно для лінійних споруд (доріг, трубопроводів, мостових переходів). Вони містять інформацію про нахили земної поверхні та проєктні ухили споруди, глибину виїмок чи висоту насипів.

Схеми розташування елементів: Додаткові схеми містять уточнену інформацію про окремі вузли, конструктивні рішення, інженерні мережі та спеціальні елементи споруди. Для геодезиста всі зазначені креслення є джерелом планових і висотних даних, необхідних для підготовки та виконання розмічувальних робіт.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ СИСТЕМИ ОСЕЙ

Осі споруди є геометричною основою проєкту і головним орієнтиром при розмічуванні. Вони відображаються на планах у вигляді тонких штрихпунктирних ліній, що продовжуються за контури будівлі і завершуються позначеннями.

Типи осей: Виділяють головні осі (осі симетрії великих або складних споруд), *основні осі* (визначають зовнішній контур, габарити будівлі) та *проміжні / детальні осі* (осі окремих стін, опор, фундаментів). Поздовжні осі зазвичай орієнтовані вздовж більшої сторони споруди, поперечні – перпендикулярно до них.

Маркування осей: Згідно зі стандартними правилами оформлення креслень, поздовжні осі позначаються цифрами (у порядку зліва направо по плану), а поперечні – великими літерами кириличного алфавіту (у порядку знизу вгору). Позначення осей розміщуються в колах на краях креслення. Геодезист ідентифікує кожен вісь за її маркером та простежує її напрямок по всій довжині споруди.

Кількість та крок осей: Кількість осей по кожному напрямку встановлюється підрахунком маркерів. Крок (відстань між сусідніми паралельними осями) читається з розмірних ланцюжків, що розміщені вздовж контуру плану. Важливо розрізняти модульний крок (проліт між несучими конструкціями) і конструктивний крок (відстань між осями стін чи колон). Сума всіх кроків по кожному напрямку дає загальний розмір споруди, що є контролем зчитування.

СПОСОБИ ПРИВ'ЯЗКИ СПОРУДИ ДО МІСЦЕВОСТІ

Щоб перенести споруду в натуру, її потрібно "прив'язати" до пунктів на місцевості. **Прив'язка** – це встановлення просторового положення споруди відносно геодезичної або місцевої системи координат. У проєктах застосовують три основні підходи:

Абсолютні (державні) координати – на генплані вказано координати однієї або кількох точок споруди в державній системі. Це найточніший і найзручніший варіант, що дозволяє безпосередньо виконувати розмічування від пунктів геодезичної мережі.

Лінійна прив'язка від існуючих об'єктів – кутові або характерні точки споруди прив'язані відстанями (лінійними розмірами) від будівель, огорож, осей доріг та інших стаціонарних об'єктів, що є на місцевості.

Умовна система координат – на кресленні вводиться власна система з умовним початком відліку. Прив'язка до місцевості здійснюється через додаткові елементи (наприклад, через прив'язку осей будівлі до осі вулиці або до межі земельної ділянки).

Після встановлення системи прив'язки геодезист визначає спосіб, яким будуть виноситися точки в натуру. Вибір способу залежить від того, які дані наявні на кресленні:

Спосіб прямокутних координат (ординат) – найпоширеніший для планових об'єктів. Від відомої базисної лінії (наприклад, осі будівлі або осі дороги) відкладаються відстані вздовж бази та перпендикуляри до неї. На кресленні зчитуються абсциса (відстань вздовж бази) та ордината (відстань від бази до точки).

Полярний спосіб – точка виноситься від одного пункту за виміряним кутом і відстанню. На кресленні визначаються дирекційний кут напрямку та горизонтальна відстань.

Спосіб кутових засічок – положення точки визначається перетином напрямків з двох відомих пунктів. Зчитуються два горизонтальних кути або два дирекційних кути.

Спосіб лінійних засічок – точка визначається перетином двох відстаней від двох відомих пунктів. З креслення знімаються обидві відстані.

Створний спосіб – точка виноситься в перетині двох прямолінійних напрямків (створів), що задані іншими вже закріпленими точками. Застосовується при розмічуванні осей трубопроводів, рядів колон тощо.

Алгоритм вибору способу розпланування.

Вибір методу залежить від інформації на кресленні. Якщо на Генплані вказано чіткі координати точок та пунктів – обирають полярний спосіб (найбільш універсальний для сучасних електронних тахеометрів). Якщо споруда накреслена паралельно існуючій будівлі із зазначенням відступів – застосовують створний або лінійний спосіб. Якщо будівництво ведеться на великому промисловому майданчику з розбитою сіткою – використовують прямокутні координати.

ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ДАНИХ

На кресленнях наносяться різні *типи відміток* залежно від конструктивного елемента:

Відмітка планувальної поверхні землі – задається на генплані і характеризує проєктний рельєф після вертикального планування ділянки.

Відмітка чистої підлоги – для будівель це базова висотна відмітка, від якої рахуються всі внутрішні висоти. Позначається на планах символом у вигляді стрілки з числовим значенням.

Відмітка підшви фундаменту – мінімальна відмітка закладення основи, що визначає глибину фундаментної ями. Зчитується з розрізів або схем фундаментів.

Відмітка лотка труби – для трубопроводів це відмітка нижньої внутрішньої поверхні труби. Наноситься на поздовжньому профілі.

Бровка насипу та підшва укосу – для земляних споруд задаються відмітки верху насипу (бровки) та точок з'єднання укосу з поверхнею землі.

Відмітки конструктивних рівнів – перекриттів, прорізів, карнизів – зчитуються з фасадів і розрізів.

Репери та умовні висотні позначки.

Для висотного розмічування необхідно знайти на кресленні або в пояснювальній записці інформацію про вихідні висотні пункти (репери). **Репер** – це знак, висота якого відома в державній або умовній системі висот. На генплані позначаються наявні планові репери з їхніми абсолютними відмітками. Якщо проєкт виконаний в умовній

системі висот, то обов'язково вказується відмітка умовного нуля та її прив'язка до абсолютних висот (або відповідна поправка).

«Чорні» та «червоні» відмітки.

На поздовжніх профілях лінійних споруд обов'язково розрізняють два типи відміток:

«Чорні» відмітки – фактичні (існуючі) відмітки поверхні землі, отримані за результатами топографічного знімання до початку будівництва. Відображають дійсний рельєф місцевості.

«Червоні» відмітки – проєктні відмітки відповідного елемента споруди (наприклад, осі дороги або лотка трубопроводу). Відображають заплановане положення конструкції.

Різниця між червоною та чорною відмітками в одній точці називається робочою відміткою: при позитивному значенні вона означає підсипку (**насип**), при від'ємному – **виїмку**. Ця різниця є вихідним числом для розрахунку об'ємів земляних робіт і для висотного розмічування.

ОФОРМЛЕННЯ РОЗМІЧУВАЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ

Результатом аналізу проєкту та математичних обчислень є розмічувальне (розбивочне) креслення – робочий документ, з яким геодезист виходить безпосередньо на будівельний майданчик.

Склад розмічувального креслення: Воно містить спрощену графічну схему споруди з її головними осями, нанесені пункти геодезичної основи, лінії прив'язки. Біля кожної лінії чи кута чітко підписуються обчислені розмічувальні елементи: стрілками вказуються напрямки та значення кутів, лініями – відстані, а також виноситься схема висотних реперів із передаваними відмітками.

Контроль правильності обчислень: Математичні помилки на папері призведуть до браку в натурі. Контроль виконують геометричними методами:

- Сума обчислених кутів у закритому полігоні навколо споруди має дорівнювати теоретичній сумі кутів багатокутника.
- Алгебраїчна сума приростів координат по замкнутому контуру має дорівнювати нулю.
- Контроль лінійних обчислень перевіряється розрахунком відстаней між самими проєктними точками (наприклад, діагоналей будівлі) та порівнянням їх із чистими розмірами з архітектурного плану.

ПОШИРЕНІ ПОМИЛКИ ПРИ ЧИТАННІ ПРОЄКТУ

Неправильне зчитування масштабу.

Одна з найпоширеніших помилок – безпосереднє вимірювання відстаней на кресленні лінійкою без урахування його масштабу. Правильний підхід полягає у використанні виключно числових розмірів, що проставлені на розмірних ланцюжках. Вимірювання по кресленню допустиме лише як попередня оцінка або контроль, але не як вихідний розмір для розмічування.

Плутанина між абсолютними та умовними відмітками.

Якщо в проєкті застосована умовна система висот, а вихідні дані для розмічування задані в абсолютних відмітках (або навпаки), то без введення відповідної поправки висотне розмічування буде виконане з грубою помилкою. Перед початком роботи необхідно чітко встановити, яка система висот використана, і за потреби виконати перерахунок.

Ігнорування допусків та точності проєкту.

Кожна конструкція має свої допустимі відхилення. Якщо геодезист не враховує задані проєктом допуски, він може намагатися досягти непотрібної над-точності або, навпаки, не забезпечити мінімально необхідної. Вимоги до точності розмічування встановлюються будівельними нормами та вказуються в пояснювальній записці до проєкту.

Нерозуміння системи координат креслення.

На кресленні може бути нанесена будівельна система координат (де осі збігаються з осями будівлі), умовна місцева система або державна система координат. Напрямки осей цих систем між собою можуть відрізнятися. Якщо геодезист переносить числові дані з одної системи в іншу без перетворення координат, виникають планові зміщення точок. Необхідно завжди з'ясовувати орієнтацію й початок відліку системи координат, що застосована на конкретному кресленні.

Зчитування неактуальної версії креслення.

Проектна документація може мати кілька редакцій. Відмітки про внесення змін вказуються в основному написі (штампі) креслення. Слід завжди перевіряти версію та дату останньої редакції, щоб не виконувати розмічування за застарілими даними.

Лабораторні завдання:

1. Ознайомитись та навчитись аналізувати проєктну документацію будівлі (інженерної споруди).

2. Навчитись визначати основні конструктивні і геодезичні елементи будівлі (інженерної споруди).

3. Скласти розгорнуту характеристику об'єкта дослідження на основі візуального аналізу креслень.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Войтенко, С. П. *Інженерна геодезія* : підручник / С. П. Войтенко, Р. В. Шульц, О. М. Самойленко, О. І. Терещук, В. С. Староверов, О. В. Адаменко, О. Й. Кузьмич ; за ред. проф. С. П. Войтенка. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 700 с.

2. Ратушняк, Г. С. *Інженерна геодезія* : навч. посіб. [Електронний ресурс] / Г. С. Ратушняк, О. Д. Панкевич. 2-ге вид., перероб. і доп. Вінниця : ВНТУ, 2024. 180 с.

URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2024/Ratushnjak_2024_180.pdf

3. Дмитрів, О. П. *Геодезія* : навч. посіб. [Електронний ресурс] / О. П. Дмитрів. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Рівне : НУВГП, 2023. – 211 с. – ISBN 978-966-327-570-3. –

URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/28355/>

4. Гриб, О. М. *Геодезія. Частина 1* : конспект лекцій / О. М. Гриб, Т. В. Гращенкова. Одеса : Одеський державний екологічний університет, 2022. 221 с.

5. Іванов, Є. А. *Топографія: теорія і практика* : навч. посіб. Частина 2. Практикум / Є. А. Іванов, П. С. Войтків. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2025. 165 с.

6. ДБН А.2.2-3:2014. *Склад та зміст проектної документації на будівництво*. Зі Змінами № 1, № 2 та Поправкою. Київ : Мінрегіон України, 2014 (актуальна редакція зі змінами 2022 р.). 49 с.

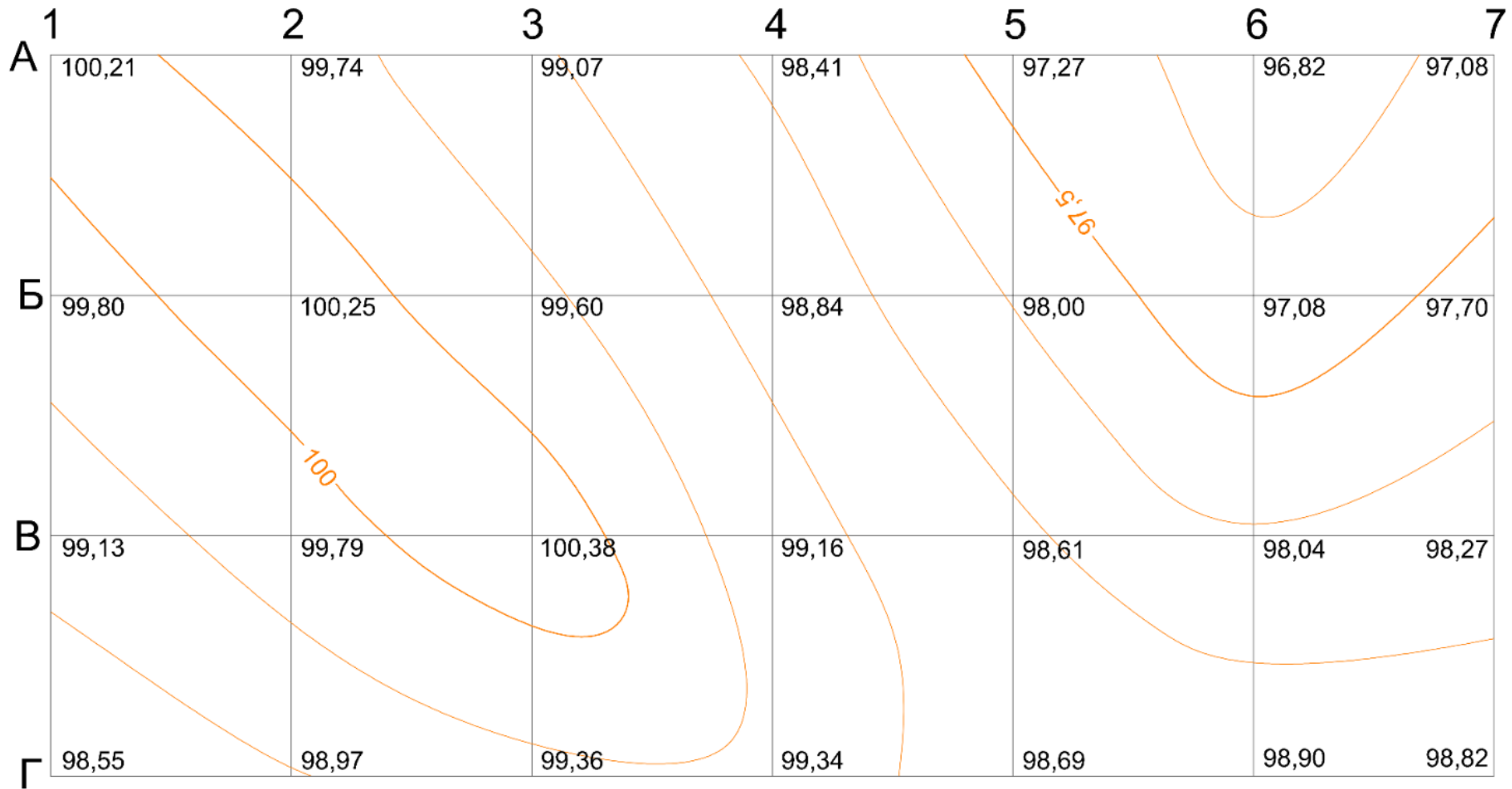
7. Боднар, С. П. *Методичні вказівки для виконання практичних робіт з курсу «Інженерна комп'ютерна графіка»* [Електронний ресурс] / С. П. Боднар, М. А. Молочко, В. Ю. Беленок. Київ : КНУ імені Тараса Шевченка, 2024. 90 с.

URL: <https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2024/06/metodychni-vkazivky-dlya-vykonannya-praktychnyh-robit-z-kursu-inzhenerna-kompyuterna-grafika-2024.pdf>

ДОДАТКИ

1. План нівелювання поверхні по квадратах.
2. ВИХІДНІ ДАНІ: До виконання лабораторної роботи № 2.
3. ВИХІДНІ ДАНІ: До виконання лабораторної роботи № 3.
4. ВИХІДНІ ДАНІ: До виконання лабораторної роботи № 4.
5. ЖУРНАЛ технічного нівелювання траси.
6. Зразок оформлення повздовжнього профілю.
7. Зразок оформлення поперечного профілю (виїмка).
8. Зразок оформлення поперечного профілю (насип).

ПЛАН нівелювання поверхні по квадратах



1:500

пересічення рельєфа через 0,50 м

Вик. ст.

ВИХІДНІ ДАНІ: До виконання лабораторної роботи № 2

№	Координати						Виміряні кути			
	А		В		С		β_1	β_2	β_1'	β_2'
	X	Y	X	Y	X	Y	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "
1	998,49	646,54	932,32	973,05	1130,84	1253,51	49 02 28	73 47 26	59 27 31	53 24 29
2	926,12	323,96	623,99	481,65	673,93	881,17	54 44 46	58 23 05	52 03 16	49 53 43
3	524,13	683,85	413,06	820,32	470,42	976,75	44 47 16	60 22 25	60 20 56	47 16 24
4	1062,74	625,78	1020,00	770,39	1121,37	888,03	50 54 53	60 44 53	62 02 26	49 07 52
5	1053,32	514,53	859,55	593,26	884,42	830,58	43 51 27	56 01 36	50 06 24	38 01 56
6	768,34	1035,07	831,41	1170,86	970,06	1134,08	62 00 39	50 07 59	49 55 32	64 44 08
7	1541,71	821,32	1386,48	738,94	1194,43	849,95	64 54 39	62 41 08	59 19 52	55 21 22
8	1126,32	853,57	982,94	948,55	1036,51	1130,79	62 17 10	55 02 22	52 06 06	57 56 51
9	845,37	1101,95	785,09	1281,71	962,32	1421,09	64 46 16	58 24 17	51 14 26	58 41 39
10	622,69	775,91	618,14	1032,41	823,54	1119,78	61 14 39	46 12 47	65 48 22	59 30 39
11	505,54	555,82	453,65	692,51	526,70	810,59	56 20 19	64 38 46	62 49 27	59 37 37
12	1011,06	628,45	943,15	794,28	1055,82	909,85	59 54 32	56 25 36	57 01 51	65 08 21
13	309,69	114,94	384,41	281,39	536,12	369,92	59 25 32	67 30 02	76 56 28	55 33 59
14	451,29	230,79	417,21	570,57	662,18	666,43	41 18 02	46 09 28	59 29 16	52 37 02
15	651,43	554,05	523,04	683,39	584,65	896,17	54 46 22	64 32 17	54 31 32	48 38 08
16	864,61	315,64	665,76	400,58	687,47	677,25	58 50 46	64 55 19	43 43 12	52 49 32
17	815,50	428,69	577,58	539,93	616,10	757,86	45 14 32	54 59 49	50 02 14	55 34 01
18	984,32	523,20	829,84	555,11	742,37	731,05	52 27 37	78 48 11	49 18 29	55 06 07
19	562,75	476,47	453,91	631,52	544,86	798,51	43 58 46	62 01 32	54 19 46	45 12 31
20	1340,03	756,22	1133,073	766,15	1017,44	962,37	52 26 12	71 07 51	52 07 52	55 32 51

ВИХІДНІ ДАНІ: До виконання лабораторної роботи № 3

№	Координати						Виміряні кути	
	T ₁		T ₂		T ₃		β_1	β_2
	X	Y	X	Y	X	Y	° ' "	° ' "
1	1130,84	1253,51	932,32	973,05	998,49	646,54	67 08 00	124 18 06
2	673,93	881,17	623,99	481,65	926,12	323,96	79 06 10	144 57 55
3	470,42	976,75	413,06	820,32	524,13	683,85	72 22 40	147 12 59
4	1121,37	888,03	1020,00	770,39	1062,74	625,78	68 49 42	137 09 56
5	884,42	830,58	859,55	593,26	1053,32	514,53	91 51 40	171 58 37
6	970,06	1134,08	831,41	1170,86	768,34	1035,07	65 20 20	133 11 42
7	1194,43	849,95	1386,48	738,94	1541,71	821,32	65 18 46	117 42 59
8	1036,51	1130,79	982,94	948,55	1126,32	853,57	69 57 03	132 37 31
9	962,32	1421,09	785,09	1281,71	845,37	1101,95	70 03 55	126 53 22
10	823,54	1119,78	618,14	1032,41	622,69	775,91	54 40 45	127 13 14
11	526,70	810,59	453,65	692,51	505,54	555,82	57 32 56	116 33 51
12	1055,82	909,85	943,15	794,28	1011,06	628,45	57 49 48	121 29 40
13	536,12	369,92	384,41	281,39	309,69	114,94	47 29 33	100 33 59
14	662,18	666,43	417,21	570,57	451,29	230,79	67 53 42	160 26 12
15	584,65	896,17	523,04	683,39	651,43	554,05	76 50 20	137 31 41
16	687,47	677,25	665,76	400,58	864,61	315,64	83 27 16	139 41 11
17	616,10	757,86	577,58	539,93	815,50	428,69	74 23 45	154 09 24
18	742,37	731,05	829,84	555,11	984,32	523,20	75 35 24	124 19 36
19	544,86	798,51	453,91	631,52	562,75	476,47	80 27 43	154 27 25
20	1017,44	962,37	1133,073	766,15	1340,03	756,22	72 19 17	128 45 14

ВИХІДНІ ДАНІ: До виконання лабораторної роботи № 4

№	Координати				Відстань, b	Виміряні кути								
	А		В			β_1			β_2			δ		
	X	Y	X	Y		°	′	″	°	′	″	°	′	″
1	932,32	973,05	998,49	646,54	321,18	53	24	29	67	08	00	57	10	06
2	623,99	481,65	926,12	323,96	323,33	48	50	35	79	06	10	65	51	45
3	413,06	820,32	524,13	683,85	151,93	47	16	24	72	22	40	74	50	19
4	1020,00	770,39	1062,74	625,78	147,09	49	07	52	68	49	42	68	20	14
5	859,55	593,26	1053,32	514,53	183,17	38	01	56	91	51	40	80	06	57
6	831,41	1170,86	768,34	1035,07	120,78	64	44	08	65	20	20	67	51	22
7	1386,48	738,94	1541,71	821,32	209,99	55	21	22	65	18	46	52	24	13
8	982,94	948,55	1126,32	853,57	159,56	57	56	51	69	57	03	62	40	28
9	785,09	1281,71	845,37	1101,95	187,02	58	41	39	70	03	55	56	49	27
10	618,14	1032,41	622,69	775,91	249,55	59	30	46	54	40	45	72	32	29
11	453,65	692,51	505,54	555,82	146,37	59	37	37	57	32	56	59	00	55
12	943,15	794,28	1011,06	628,45	159,97	65	08	21	57	49	48	63	39	52
13	384,41	281,39	309,69	114,94	232,10	55	33	59	47	29	33	53	04	26
14	417,21	570,57	451,29	230,79	244,61	52	37	02	67	53	42	92	32	30
15	523,04	683,39	651,43	554,05	185,26	48	38	08	76	50	20	60	41	21
16	665,76	400,58	864,61	315,64	193,07	52	49	32	83	27	16	56	13	55
17	577,58	539,93	815,50	428,69	176,12	55	34	01	74	23	45	79	45	39
18	829,84	555,11	984,32	523,20	153,81	55	6	07	75	35	24	48	44	12
19	453,91	631,52	562,75	476,47	156,65	45	12	31	80	27	43	73	59	42
20	1133,07	766,15	1340,03	756,22	188,70	55	32	51	72	19	17	56	25	57

ЖУРНАЛ

технічного нівелювання траси

№ ст.	Номер пікету, репера і проміжних точок	Відліки за нівелірними рейками, мм			Перевищення (h), мм		Середнє перевищення, мм		Ув'язане перевищення, мм		Горизонт приладу (ГП), м	Висота точок (Н), м
		задні, a	передні, b	проміжні, c	+	-	+	-	+	-		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Rp I	2675					+1,5				82,325	79,650
1		7462			1380		1379,5		1381		82,325	
	ПК 0		1295		1379						82,236	81,031
			6083									
	ПК 0 п. 7,50			2650								79,675
	ПК 0 л. 7,50			2190								80,135
	ПК 0	2845					+1,5				83,876	81,031
2		7632			1012		1011,5		1013		83,876	
	ПК 1		1833		1011						83,877	82,044
			6621									
	ПК 1 п. 7,50			2633								81,243
	ПК 1 л. 7,50			2364								81,512
	ПК 1	226						+1,0			82,270	82,044
3		5013				930		930		929	82,270	
	ПК 2		1156			930					82,271	81,115
			5943									
	ПК 1+45,0			2230								80,040
	ПК 2 п. 7,50			2335								79,935
	ПК 2 л. 7,50			2890								79,380
	ПК 2	1380						+1,0			82,495	81,115
4		6167				1452		1453		1452	82,495	
	ПК 3		2832			1454					82,495	79,663
			7621									
	ПК 2+50,0			2455								80,040
	ПК 3 п. 7,50			2790								79,705
	ПК 3 л. 7,50			2960								79,535
	ПК 3	2782					+1,0					79,663
5		7570			1632		1633		1634			
	Rp II		1150		1634							81,297
			5936									
Посторінковий контроль		$\sum a$	$\sum b$		$\sum h_+$	$\sum h_-$	$\sum h_{сер+}$	$\sum h_{сер-}$	$\sum h_{ув+}$	$\sum h_{ув-}$		
		43752	40470		8048	4766	4024	2383	4028	2381		
		$(\sum a - \sum b) / 2 = + 1641$			$\sum h_{подв} / 2 = + 1641$		$\sum h_{сер} = + 1641$		$\sum h_{ув'яз} = + 1647$			

Контроль по ходу: $\Sigma_3 - \Sigma_{II} = \Sigma(h_1 + h_2)$; $\frac{1}{2}(\Sigma_3 - \Sigma_{II}) = \Sigma h_c$

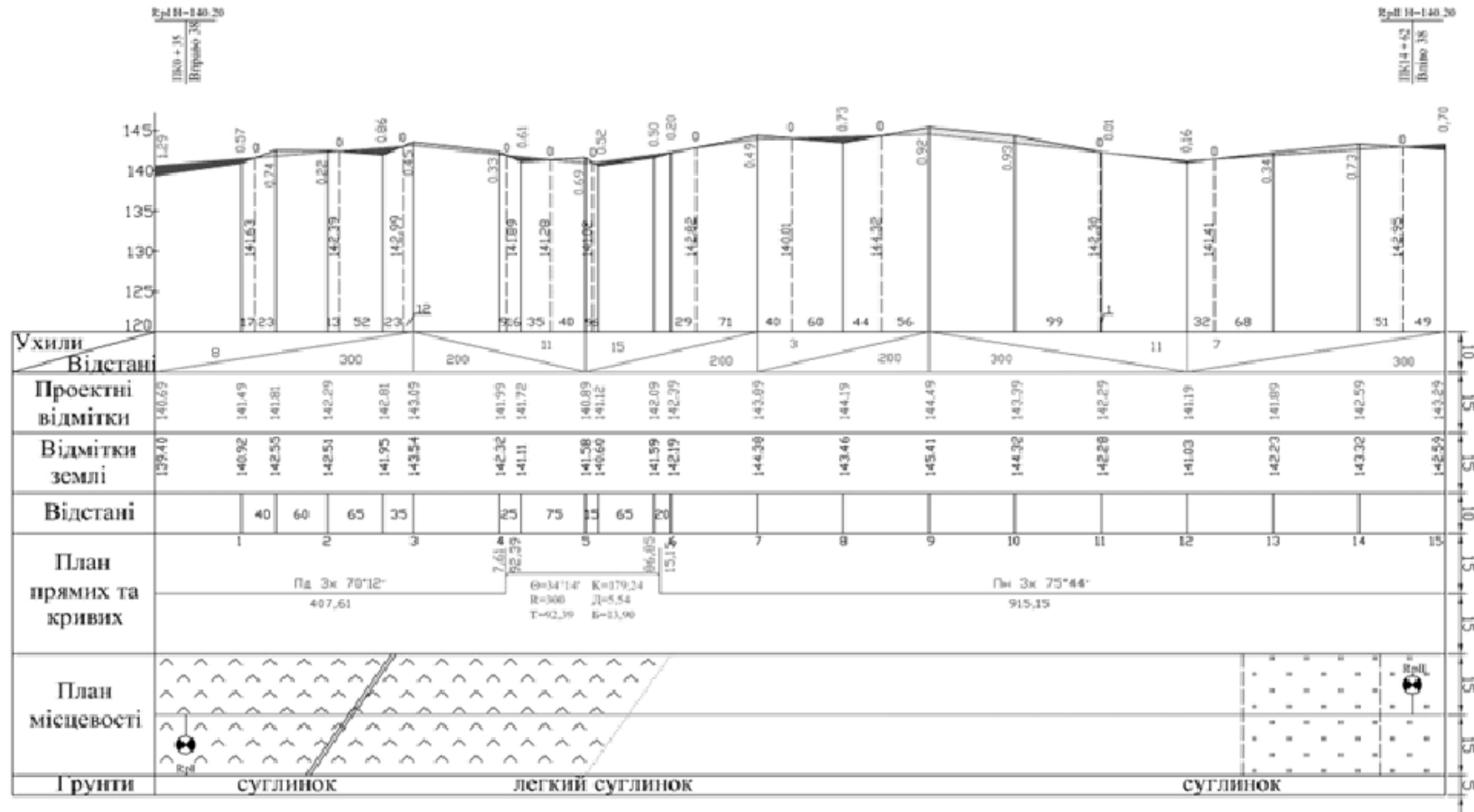
$\Sigma h_{прак} = + 1641$

$\Sigma h_{теор} H_{RpII} - H_{RpI} = 81,297 - 79,650 = + 1,647$

$f h = \Sigma h_{прак} - \Sigma h_{теор} = + 1641 - 1647 = - 6 \text{ мм}$

$f h_{доп} = \pm 30 \sqrt{L} = \pm 30 \sqrt{0,5} = \pm 21 \text{ мм}$

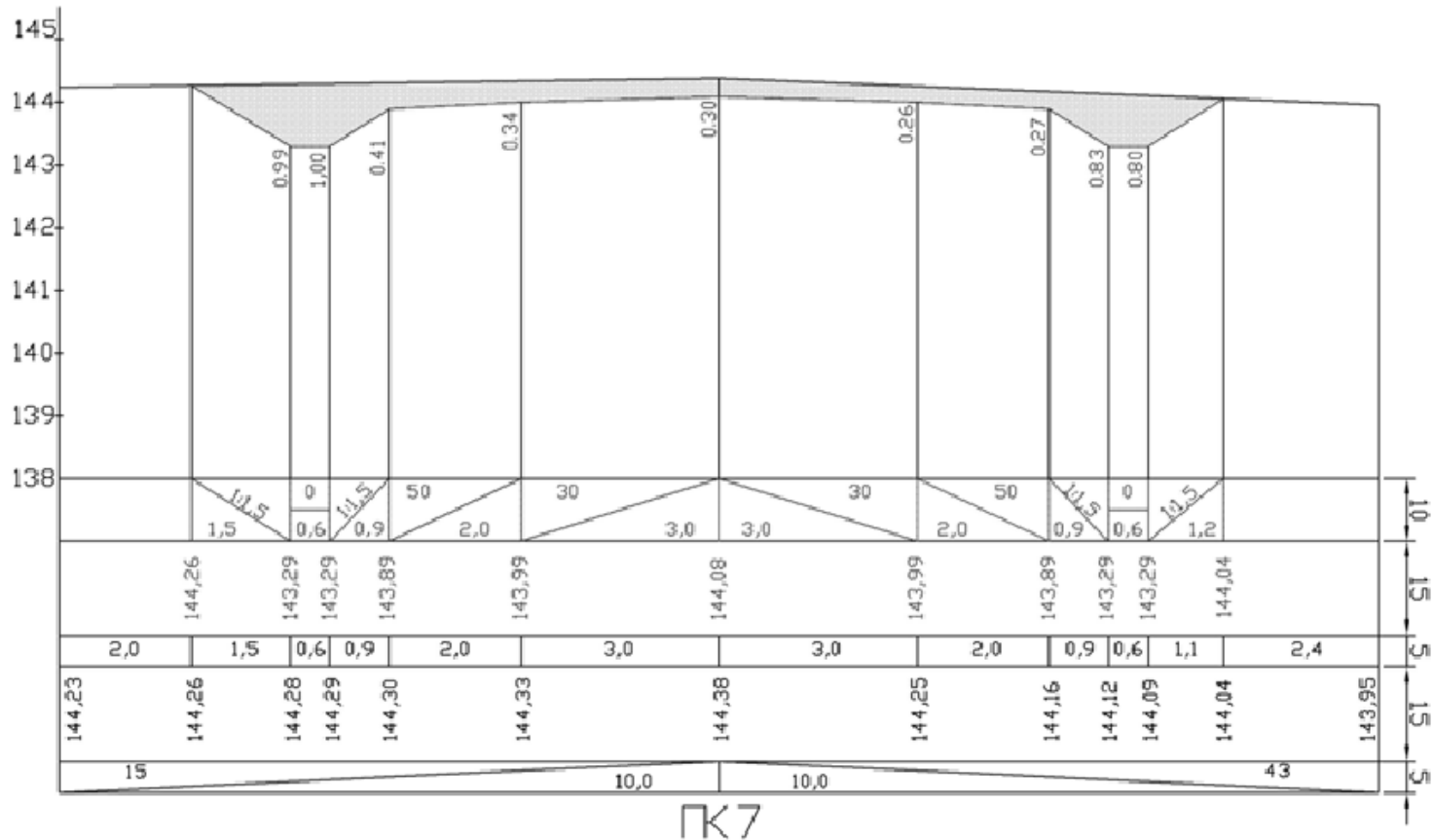
Повздовжній профіль від ПК 0 до ПК 15



масштаби
 горизонтальний 1:5000
 вертикальний 1:500

Зразок оформлення повздовжнього профілю

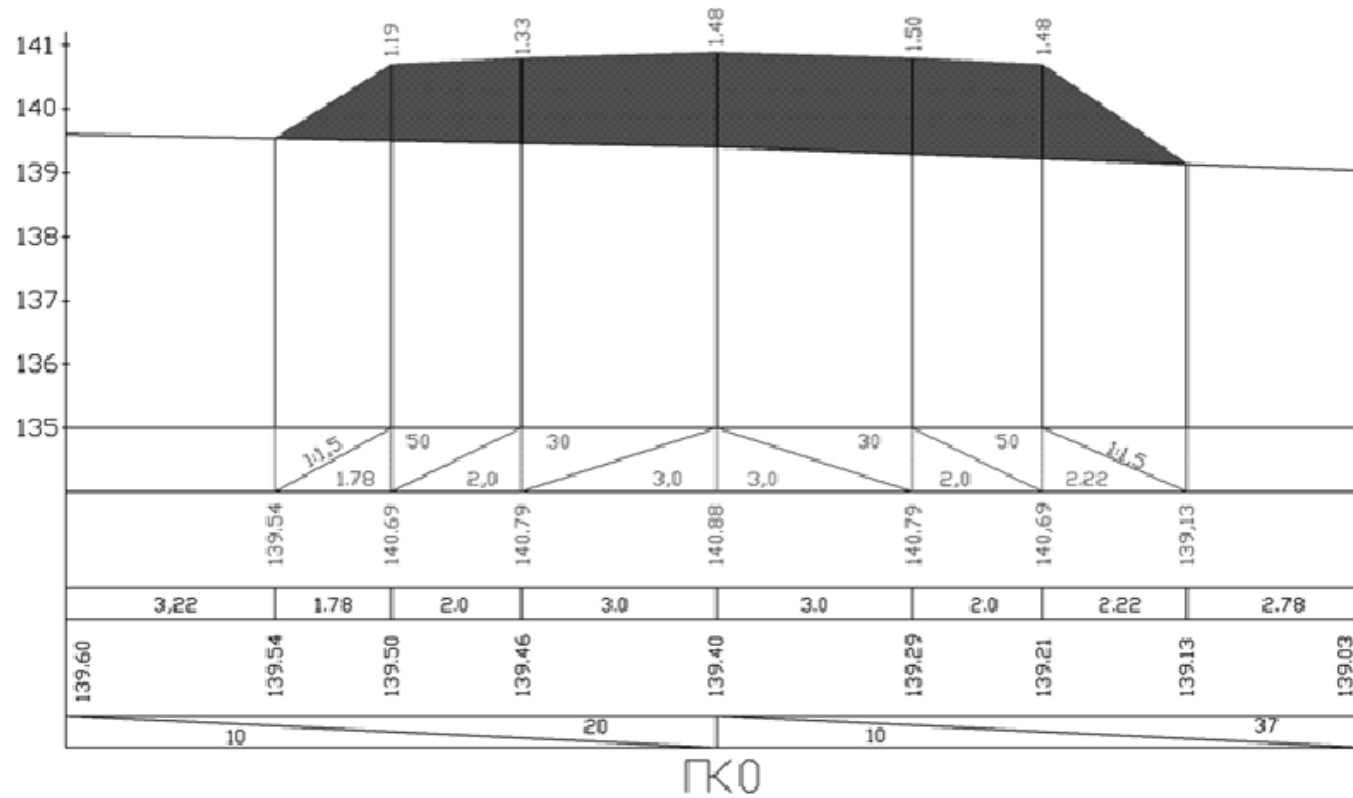
Поперечний профіль ПК 7



масштаби	горизонтальный	1:100
	вертикальный	1:100

Зразок оформлення поперечного профілю (виїмка)

Поперечний профіль ПК 0



масштаби горизонтальний 1:100
вертикальний 1:100

Зразок оформлення поперечного профілю (насип)

ВИХІДНІ ДАНІ: До виконання лабораторної роботи № 6

Полюві результати поздовжнього нівелювання траси

Варіант					Варіант				
1, 11					2, 12				
№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках			№ станції	№ пікетів і плюсових точок	Відлік по рейках		
		задній	перед-ний	проміж-ний			задній	перед-ний	проміж-ний
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Рп. 1 пк 0	1961 6743	0468 5248		1	Рп. 1 пк 0	2733 7515	0312 5094	
2	пк 0 пк 1	1280 6063	0995 5778		2	пк 0 пк 1	1010 5794	0442 5222	
3	пк 1 пк 2	0894 5674	2023 6808		3	пк 1 +39 пк 2	0978 5762	1260 6042	0431
4	пк 2 +51* пк 3	1283 6068	0536 5318	2209	4	пк 2 пк 3	2271 7052	0652 5434	
5	пк 3 х	2917 7698	0816 5596		5	пк 3 х	0238 5023	2683 7472	
6	х пк 4	2745 7527	0386 5164		6	х пк 4	0203 4987	2088 6868	
7	пк 4 +30* пк 5	1071 5853	1654 6439	0387	7	пк 4 +52 пк 5	2418 7201	0353 5134	0362
8	пк 5 Рп. 2	0983 5770	1951 6733		8	пк 5 Рп. 2	2654 7436	0413 5195	

* Плюсові точки +51 читати: ПК 2 +51м; +30 читати: ПК 4 +30м.

Варіант					Варіант				
3, 13					4, 14				
№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках			№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках		
		задній	перед- ній	проміж- ний			задній	перед- ній	проміж- ний
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Рп. 1 пк 0	1184 5868	0562 5242		1	Рп. 1 пк 0	0694 5374	1922 6602	
2	пк 0 пк 1	1073 5754	0499 5182		2	пк 0 пк 1	0598 5283	1174 5855	
3	пк 1 + 34 пк 2	0700 5381	1257 5939	0986	3	пк 1 + 40 пк 2	2109 6790	0465 5150	2360
4	пк 2 + 55 пк 3	2808 7492	1694 6381	1741	4	пк 2 х	2852 7532	0279 4961	
5	пк 3 х	2072 6752	0498 5180		5	х пк 3	2763 7444	0420 5104	
6	х пк 4	2727 7409	0312 4992		6	пк 3 + 55 пк 4	2536 7220	1090 5770	0907
7	пк 4 пк 5	1237 5924	1541 6223		7	пк 4 пк 5	0411 5090	1663 6343	
8	пк 5 Рп. 2	0660 5344	1815 6497		8	пк 5 Рп. 2	0813 5493	1441 6125	

Варіант					Варіант				
5, 15					6, 16				
№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках			№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках		
		задній	перед- ній	проміж- ний			задній	перед- ній	проміж- ний
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Рп. 1 пк 0	2754 7539	0425 5210		1	Рп. 1 пк 0	0629 5409	2004 6785	
2	пк 0 пк 1	1519 6299	1214 5994		2	пк 0 пк 1	1051 5833	2711 7491	
3	пк 1 пк 2	0806 5590	1958 6739		3	пк 1 пк 2	1933 6718	0783 5564	
4	пк 2 х	2742 7524	0622 5402		4	пк 2 х	2392 7175	0560 5340	
5	х пк 3	2764 7548	0890 5671		5	х пк 3	2709 7490	0531 5316	
6	пк 3 + 41 пк 4	1024 5805	2088 6872	0415	6	пк 3 + 54 пк 4	1663 6447	1375 6155	0954
7	пк 4 + 55 пк 5	0890 5674	1764 6545	2012	7	пк 4 + 75 пк 5	1703 6488	0920 5702	2108
8	пк 5 Рп. 2	2078 6860	1339 6123		8	пк 5 Рп. 2	1811 6594	0731 5511	

Варіант					Варіант				
7, 17					8, 18				
№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках			№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках		
		задній	перед- ній	проміж- ний			задній	перед- ній	проміж- ний
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Рп. 1 пк 0	2393 7073	1276 5956		1	Рп. 1 пк 0	2494 7178	0505 5185	
2	пк 0 пк 1	1518 6199	0941 5624		2	пк 0 пк 1	0857 5538	1261 5944	
3	пк 1 + 40 пк 2	0813 5494	1376 6059	2195	3	пк 1 + 40 пк 2	1698 6378	0374 5059	2350
4	пк 2 пк 3	0614 5297	1764 6447		4	пк 2 + 60 пк 3	1015 5701	1593 6276	0492
5	пк 3 х	2719 7400	0472 5155		5	пк 3 х	2727 7408	0539 5223	
6	х пк 4	2559 7241	0371 5051		6	х пк 4	2852 7538	0437 5119	
7	пк 4 + 65 пк 5	1467 6152	1166 5848	0580	7	пк 4 пк 5	1287 5969	2448 7129	
8	пк 5 Рп. 2	1170 5850	1572 6253		8	пк 5 Рп. 2	0521 5202	1977 6657	

Варіант					Варіант				
9, 19					10, 20				
№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках			№ станції	№ пікетів і плюсових точок	відлік по рейках		
		задній	передній	проміжний			задній	передній	проміжний
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Рп. 1 пк 0	1662 6442	1078 5861		1	Рп. 1 пк 0	1463 6245	1421 6203	
2	пк 0 пк 1	1481 6263	1182 5968		2	пк 0 пк 1	0814 5596	0624 5407	
3	пк 1 + 52 пк 2	1236 6020	1806 6587	0417	3	пк 1 +34 пк 2	1004 5789	0530 5312	0430
4	пк 2 х	2577 7358	0255 5040		4	пк 2 х	2866 7646	0336 5121	
5	х пк 3	2845 7628	0789 5575		5	х пк 3	2906 7688	0309 5089	
6	пк 3 + 62 пк 4	0336 5121	1909 6691	2152	6	пк 3 + 48 пк 4	0571 5354	2497 7280	2640
7	пк 4 пк 5	0801 5587	2043 6824		7	пк 4 пк 5	0905 5687	2260 7039	
8	пк 5 Рп. 2	2751 7532	0323 5104		8	пк 5 Рп. 2	2518 7301	0776 5560	

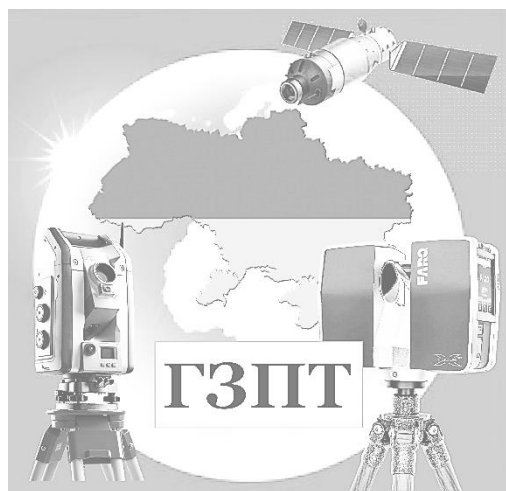
Примітка. Номер варіанта прийняти по двох останніх цифрах шифру. Наприклад, для шифру 1547 слід брати варіант 47, тобто дані узяти в колонці 40 – 49, для шифру 1385 – в колонці 80 – 89.

Відмітки реперів Рп. 1 і Рп. 2 (у метрах)

1 група			2 група		
Варіант	Рп. 1	Рп. 2	Варіант	Рп. 1	Рп. 2
1	37,121	41,441	1	56,283	60,603
2	32,654	36,970	2	54,589	59,175
3	39,891	44,200	3	58,381	62,690
4	38,572	42,867	4	52,598	56,893
5	34,959	39,242	5	51,249	55,532
6	35,785	40,084	6	57,659	61,958
7	36,823	41,110	7	53,823	58,110
8	31,457	35,749	8	55,964	60,256
9	30,078	34,381	9	50,481	54,784
10	33,216	37,528	10	59,915	64,227
11	45,451	49,771	11	64,938	69,258
12	49,985	54,301	12	68,342	72,658
13	42,456	46,765	13	63,796	68,105
14	44,275	48,570	14	66,210	70,505
15	48,754	53,037	15	61,197	65,480
16	41,328	45,627	16	65,784	70,083
17	43,596	47,883	17	60,153	64,440
18	46,709	51,001	18	67,871	72,163
19	47,613	51,916	19	69,459	73,762
20	40,870	45,182	20	62,357	66,669

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра геоматики, землеустрою
та планування територій**



**ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ
з дисципліни
«ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»**

Виконав : ст.

Перевірив:

Полтава 20 р.