

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт та індивідуального завдання
з навчальної дисципліни «**Основи геодезії**» (для виконання другого
практичного модуля та модуля індивідуального завдання)
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей 103 «Науки про Землю»
та 193 «Геодезія та землеустрій»

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт та індивідуального завдання
з навчальної дисципліни «**Основи геодезії**» (для виконання другого
практичного модуля та модуля індивідуального завдання)
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей 103 «Науки про Землю»
та 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
103 «Науки про Землю»
Протокол № 9
від «25» травня 2021 р.

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»
Протокол № 7
від «13» травня 2021 р.

Методичні вказівки до лабораторних робіт та індивідуального завдання з навчальної дисципліни «**Основи геодезії**» (для виконання другого практичного модуля та модуля індивідуального завдання) для студентів 1-го року навчання денної форми та 2-го року навчання заочної форми за спеціальностями 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій», рівень вищої освіти бакалавр / к. геогр. н., доц. Гриб О. М., ас. Гращенкова Т. В. Одеса: ОДЕКУ, 2021. 90 с.

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП.....	4
1 Лабораторна робота № 4. Теодоліт. Виміри горизонтальних кутів.....	5
1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 4	5
1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 4	13
1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 4	14
2 Лабораторна робота № 5. Обробка даних теодолітного ходу	15
2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 5	15
2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 5	22
2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 5	23
3 Лабораторна робота № 6. Нівелір. Визначення перевищень між точками	24
3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 6	24
3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 6	31
3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 6	32
4 Лабораторна робота № 7. Обробка журналу технічного нівелювання ...	33
4.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 7	33
4.1.1 Підготовка до технічного нівелювання магістралі	33
4.1.2 Пояснення щодо заповнення та обробки журналу технічного нівелювання магістралі	39
4.2 Практична частина до лабораторної роботи № 7	45
4.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 7	46
5 Індивідуальне завдання до лабораторної роботи. Побудова плану території в горизонталях і рішення задач по заданому ухилу	47
5.1 Теоретична частина до індивідуального завдання	47
5.1.1 Побудова плану території в горизонталях	47
5.1.2 Рішення задач по заданому ухилу за допомогою горизонталей на плані	51
5.2 Практична частина до індивідуального завдання	53
5.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту індивідуального завдання	54
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
Додаток Б. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 4	56
Додаток В. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 5	60
Додаток Г. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 6	65
Додаток Д. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 7	69
Додаток Е. Варіанти вихідних даних до індивідуального завдання	80

ВСТУП

Методичні вказівки розроблені для виконання другого практичного модуля (ЗМ-П2) та модуля індивідуального завдання (ЗМ-ІЗ) з навчальної дисципліни «**Основи геодезії**» для студентів 1-го року навчання денної форми та 2-го року навчання заочної форми за спеціальностями 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій» рівня вищої освіти бакалавр [1, 2].

ЗМ-П2 має назву «*Геодезичні вимірювання теодолітом і нівеліром*» і включає в себе виконання чотирьох лабораторних робіт на наступні теми:

- лабораторна робота 4 «*Теодоліт. Виміри горизонтальних кутів*»;
- лабораторна робота 5 «*Обробка даних теодолітного ходу*»;
- лабораторна робота 6 «*Нівелір. Визначення перевищень між точками*»;
- лабораторна робота 7 «*Обробка журналу технічного нівелювання*».

ЗМ-ІЗ має назву «*Побудова плану території в горизонталях і рішення задач по заданому ухилу*» і включає в себе виконання індивідуального завдання по лабораторній роботі.

Дані методичні вказівки створені з метою забезпечення студентів навчально-методичною літературою для закріплення теоретичних знань про основні геодезичні вимірювання, засоби обчислень і графічної обробки згідно державних стандартів та потреб гідрометеорологічного фаху [3, 4], а також самостійної підготовки і виконання чотирьох лабораторних робіт та одного індивідуального завдання.

Перед виконанням кожної лабораторної роботи та індивідуального завдання необхідно ознайомитися з теоретичним матеріалом, викладеним в цих методичних вказівках, відповісти на запитання для самоперевірки. Потім виконати завдання практичної частини і оформити лабораторну роботу та індивідуальне завдання.

Для оцінювання кожної лабораторної роботи та індивідуального завдання їх потрібно оформити та захистити (дати відповіді на контрольні тестові питання).

Згідно з силлабусом даної дисципліни оцінювання виконання ЗМ-П2 (лабораторних робіт № 4-7) та ЗМ-ІЗ здійснюється наступним чином:

- виконання розрахунково-графічних частин (по 60 балів);
- відповіді на тестові питання (по 20 балів);
- отримання навичок виконання геодезичних вимірювань та усне опитування (загалом по 20 балів).

Таким чином, кожна лабораторна робота та індивідуальне завдання оцінюється максимально в 100 балів. Отже, опрацювання матеріалу ЗМ-П2 оцінюється максимально в 400 балів, а матеріалу ЗМ-ІЗ – в 100 балів.

1 Лабораторна робота № 4. Теодоліт. Виміри горизонтальних кутів

1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 4

Виконання лабораторної роботи реалізується шляхом почергового вивчення наступних питань: 1) будова та вигляд теодоліта 2Т30 (2Т30П); 2) приведення теодоліта в робочий стан та його встановлення у вершині вимірюваного кута (центрування); 3) вимірювання горизонтальних кутів.

Теодоліти за точністю вимірювання кутів поділяють на: високоточні (гранична середня квадратична похибка вимірювання кута до 1,5"), точні (1,5-10") і технічні (більше 10"). Відповідно до цього критерію визначаються і типи теодолітів: Т1, Т2, Т5, Т15, Т30. Літерою «Т» позначають оптичний теодоліт, а цифрами (1, 2, 5, 15, 30) – середні квадратичні похибки вимірювання горизонтального кута одним прийомом.

Основу всіх теодолітів складає горизонтальний проградуйований круг (*лімб*), центр якого поєднується з вершиною вимірюваного горизонтального кута. Над лімбом розташовано суміщений з ним по центру другий круг (*алідада*), що обертається навколо вертикальної осі, і на якому розташовано зорову трубу і пристрій для контролю встановлення приладу в горизонтальне положення. Аналогічно суміщені вертикальні круги, які служать для вимірювання кутів нахилу, однак, в цьому випадку лімб жорстко скріплений з трубою, і при наведенні її на предмет забезпечує відлік кута нахилу щодо нерухомої нульової осі алідади.

Звіряючи прилад з рисунком, наведеним нижче (рис. 1.1), знайдіть горизонтальний і вертикальний круги, їх алідади, зорову трубу, всі закріпні і навідні гвинти, рівні, відлікові пристосування та інші частини. З'ясуйте суть літер і числових індексів в шифрі (назві, марці) приладу. Особливу увагу треба звернути на те, що всі частини приладу не можна обертати один щодо одного з великими зусиллями – це призведе до поломки деталей теодоліта. Якщо потрібно навести зорову трубу на об'єкт, то: 1) ослабити закріпні гвинти алідади і труби; 2) наближено (рукою), спостерігаючи через оптичний візир, навести трубу на об'єкт; 3) коли він опиниться у полі зору труби, затиснути закріпні гвинти; 4) діючи навідними гвинтами алідади і труби, візуючи в неї, точно сумістити центр сітки ниток з об'єктом візування.

З'ясуйте, як закріплюється горизонтальний круг і як його можна повернути на малі (від декількох мінут до 1-2°) і великі кути. Розберіться, як здійснити обертання алідади разом з горизонтальним кругом (лімбом) і незалежно від нього. Вивчіть пристрій вертикального круга і усвідомте, що його наглухо скріплено із зоровою трубою, та він обертається тільки разом з трубою у вертикальній площині.

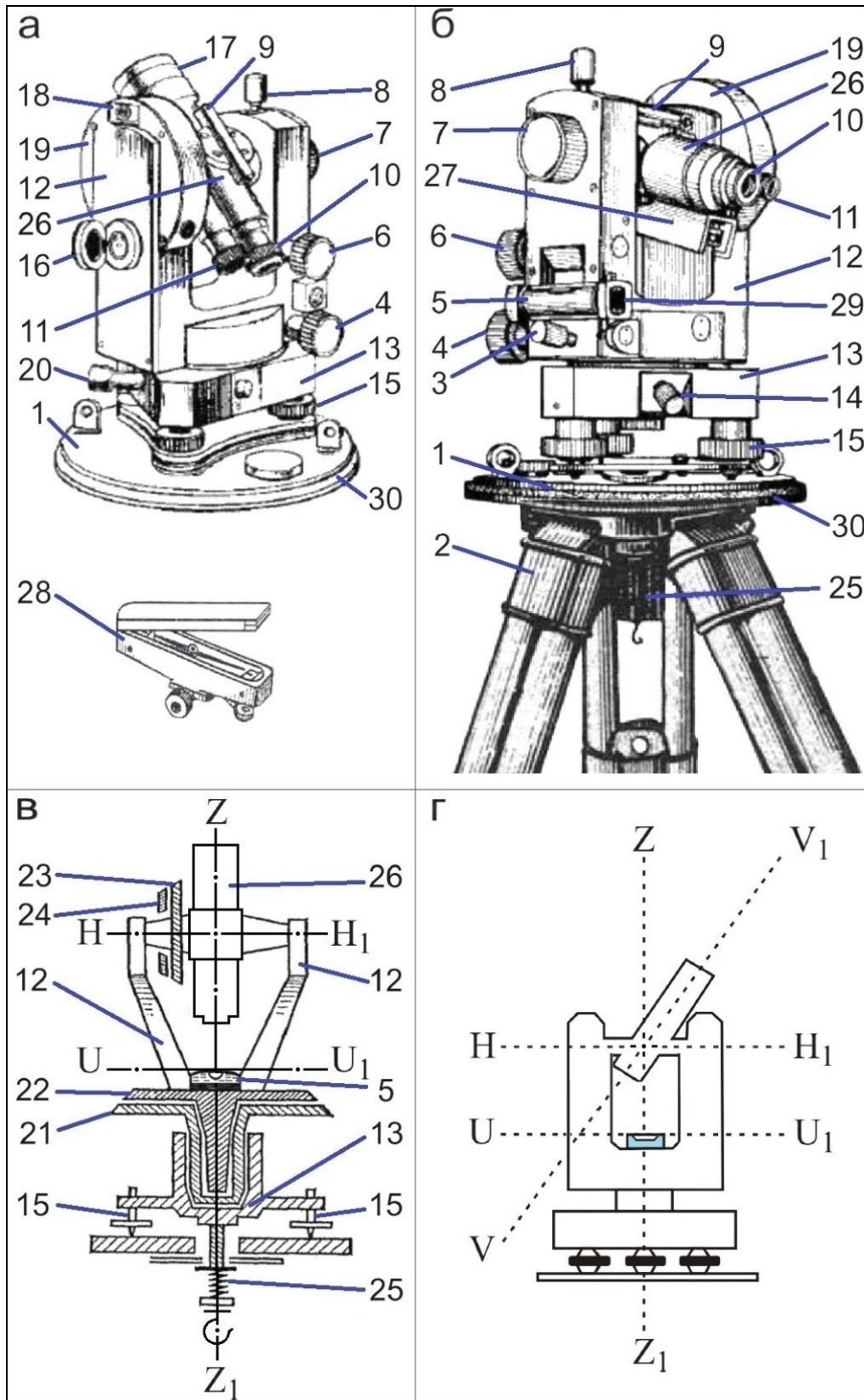


Рис. 1.1 – Загальний вигляд і будова теодоліта 2Т30
 (а – вигляд при КЛ; б – вигляд при КП;
 в – схематичний розріз; г – осі теодоліта):

- 1 – підставка (основа) теодоліта (дно футляра);
- 2 – штатив;
- 3 – закріпний гвинт алідади горизонтального круга (ГК);
- 4 – навідний гвинт алідади ГК;
- 5 – циліндричний рівень при алідаді ГК;
- 6 – навідний (мікрометричний) гвинт зорової труби;
- 7 – фокусуючий гвинт (кремальєра);
- 8 – закріпний гвинт зорової труби;
- 9 – візир;
- 10 – окуляр;
- 11 – відліковий мікроскоп;
- 12 – колонки;
- 13 – трегер;
- 14 – закріпний гвинт лімба ГК;
- 15 – підймальні гвинти;
- 16 – дзеркало;
- 17 – об'єктив;
- 18 – паз для кріплення орієнтир-бусолі;
- 19 – вертикальний круг;
- 20 – навідний гвинт лімба ГК;
- 21 – лімб ГК;
- 22 – алідада ГК;
- 23 – лімб вертикального круга (ВК);
- 24 – алідада ВК;
- 25 – становий гвинт (входить до складу штатива);
- 26 – зорова труба;
- 27 – циліндричний рівень при зоровій трубі (іноді він відсутній або замінений на візир);
- 28 – орієнтир-бусоль (знаходиться у футлярі);
- 29 – юстирувальні (виправні) гвинти циліндричного рівня при алідаді ГК;
- 30 – притискна пластина (для притискання футляра до підставки приладу);
- ZZ_1 – вертикальна (основна) вісь обертання теодоліта;
- NN_1 – горизонтальна вісь обертання зорової труби;
- VV_1 – візирна вісь;
- UU_1 – вісь циліндричного рівня при алідаді ГК (при встановленні осі UU_1 у горизонтальне положення основна (вертикальна) вісь обертання зорової труби теодоліта ZZ_1 встановлюється у вертикальне положення)

Щоб поділки були добре видні та зчитувалися, необхідно встановити по своєму оку окуляр відлікового мікроскопа, обертаючи його діоптрійне кільце. Рівномірне і яскраве освітлення шкал забезпечується поворотами дзеркала підсвічування на колонці під вертикальним колом. Відлік за шкалами (горизонтальною або вертикальною) формується з відліку по градусній рисці і мінутного значення (відрізка на шкалі від нуля алідади до градусної риски). На протилежних кінцях шкали вертикального круга є два нулі – додатний і від’ємний, що відповідають початкам відліків мінут для додатних і від’ємних кутів (рис. 1.2). Тому, якщо труба направлена вище за горизонт, кут додатний, а якщо нижче за горизонт – від’ємний. У градусних поділках знак від’ємного кута вказаний у вигляді знаку мінусу «-», а у додатного кута може бути опущений, тобто знак «+» не ставиться.

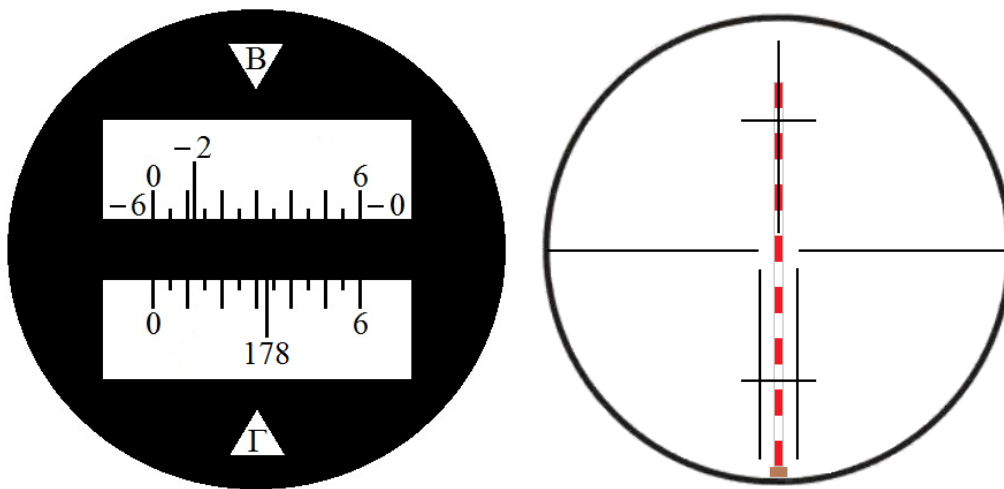


Рис. 1.2 – Приклади поля зору зорової труби (з права) та відлікового мікроскопу (з ліва) теодоліту 2Т30П (відлік за горизонтальною шкалою (Г) складає $178^{\circ}33'$; відлік по вертикальній шкалі (В) дорівнює $-2^{\circ}12'$)

Якщо необхідно встановити у відліковому мікроскопі теодоліта заданий відлік на горизонтальному крузі, то потрібно виконати наступне:

- 1) ослабити закріпний гвинт алідади горизонтального круга;
- 2) навести її так, щоб відліковий штрих мікроскопа розташувався поблизу заданого відліку;
- 3) закріпити алідаду;
- 4) діючи її навідним (мікрометричним) гвинтом точної наводки, встановити заданий відлік.

Аналогічним чином встановлюють заданий відлік на вертикальному крузі, переміщуючи зорову трубу навколо її осі обертання за допомогою навідного і закріпного гвинтів труби. Перш ніж працювати цими гвинтами, необхідно переконатися, чи знаходиться на середині бульбашка циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга, та при необхідності змінити її положення підйомними гвинтами.

Роботу з теодолітом починають з огляду і перевірки штатива – надійного з'єднання його частин та наявності станового гвинта і виску. Довжину розсувних ніжок штатива рекомендується встановлювати на висоту свого підборіддя, закріплюючи їх в такому положенні. Утримуючи руками дві ніжки штатива, відкиньте від себе третю і встановіть всі їх на землю так, щоб кінці ніжок знаходилися в кутках рівностороннього трикутника на однаковій відстані від точки встановлення інструмента. Повторіть цю процедуру кілька разів, контролюючи положення кінців ніжок щодо точки (станції), горизонтальність головки штатива і суміщеність центра його отвору з даною точкою. З'ясувавши, як закріплюється теодоліт у футлярі, запам'ятайте взаємне розташування частин приладу і закріплених пристроїв. Зверніть увагу на те, що покласти теодоліт у футляр можна тільки при закріплених пристроях теодоліта і поєднанні червоних міток на приладі і футлярі.

У ряді випадків для суміщення кутових вимірювань по декількох станціях потрібно виконати *орієнтування інструмента по магнітному меридіану* (магнітній стрілці). Для цього:

- 1) витягніть з футляра теодоліта накладну орієнтир-бусоль (рис. 1.1);
- 2) закріпіть її на вертикальному крузі теодоліта;
- 3) встановіть, при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ), відлік на горизонтальному крузі, який буде дорівнювати $0^{\circ}00'$;
- 4) при такому поєднанні алідади з лімбом потрібно при закріпленій алідаді і відкріпленому лімбі обертати інструмент навколо вертикальної осі до тих пір, поки північний кінець магнітної стрілки бусолі не опиниться поблизу її нульової поділки, тобто розвернути трубу на північ і зорієнтувати інструмент по магнітному меридіану;
- 5) закріпивши лімб та використовуючи його навідний гвинт, здійснити поєднання північного кінця стрілки бусолі з її нульовою поділкою.

Робота по вимірюванню горизонтальних і вертикальних кутів на станції виконується в наступній послідовності:

- 1) приводять теодоліт у робочий стан, у тому числі здійснюють встановлення теодоліта у вершині вимірюваного кута (центрування) за допомогою штативу та виску (рис. 1.3) або оптичного центриру;
- 2) проводять вимірювання кутів (заносять відліки у журнал, виконують обчислення і контроль вимірювань на станції).

Вимірювання теодолітом горизонтального кута (рис. 1.4) способом «прийомів» виконують двома півприйомами – при ВК зліва (КЛ) та зправа (КП). Приклад запису вимірів та обчислення окремого горизонтального кута теодолітом 2Т30П способом «прийомів» наведено в табл. 1.1, де у дужках вказаний порядковий номер запису за етапами вимірювань і обчислень на одній станції. Нижче описано ці етапи відповідно до порядкових номерів, які наведено в табл. 1.1.

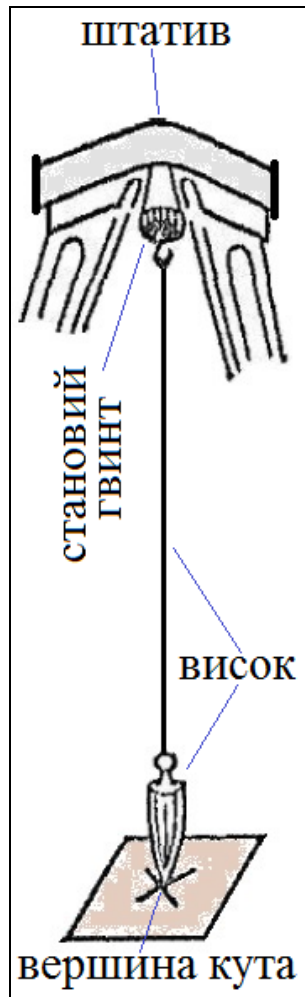


Рис. 1.3 – Схема центрування або встановлення теодоліта у вершині вимірюваного кута (позначено хрестом) за допомогою штативу та виску

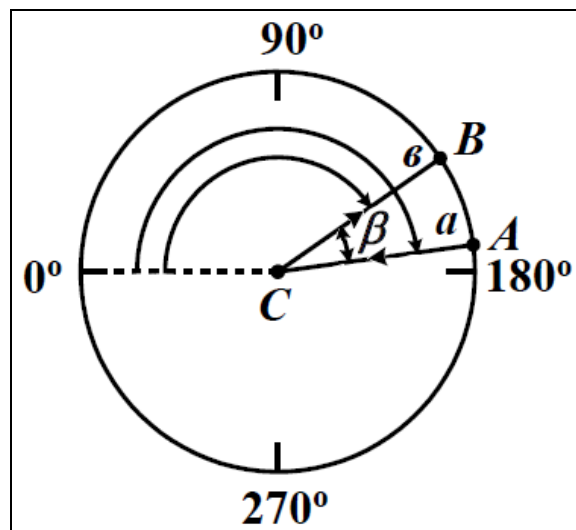


Рис. 1.4 – Схема вимірювання правого за ходом горизонтального кута ACB способом «приймів» (теодоліт 2Т30П – лімб відцифровано за ходом годинникової стрілки)

Таблиця 1.1 – Журнал вимірювань та обчислень правих за ходом горизонтальних кутів способом «прийомів»

Теодоліт: 2Т30П. Заводський номер: 17584. Спостерігав: Семенов О.П.

Станція	Пів-прийом	Точка візування		Відлік з лімба	Значення кута у пів-прийомі	Похибка вимірювання кута, $\Delta\beta_{вим} \leq \Delta\beta_{гр}$	Середнє значення кута, $\beta_{вим}$
		Задня	Передня				
С (1)	КП (2)	Задня	<i>A</i> (3)	178°15' (4)	37°57' (7)	1' < 2' (14)	37°57'30" (15)
		Передня	<i>B</i> (5)	140°18' (6)			
	КЛ (8)	Задня	<i>A</i> (9)	0°08' (10)	37°58' (13)		
		Передня	<i>B</i> (11)	322°10' (12)			

У першому напівприйомі виконують наступні дії:

- 1) встановлюють теодоліт на станції у вершині кута (С);
- 2) закріплюють лімб при КП;
- 3) відкріплюють алідаду та візують відліковий пристрій теодоліта на задню точку (*A*) – перша точка, на яку візують теодоліт у півприйомі;
- 4) закріпивши алідаду, знімають з горизонтального круга (з лімба) відлік $a_{КП} = 178^{\circ}15'$;
- 5) відкріплюють алідаду і візують теодоліт на передню точку (*B*) – друга точка, на яку візують теодоліт у цьому ж півприйомі;
- 6) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік $b_{КП} = 140^{\circ}18'$;
- 7) величина правого за ходом кута у першому півприйомі буде дорівнювати: $\beta_{КП} = a_{КП} - b_{КП} = 178^{\circ}15' - 140^{\circ}18' = 37^{\circ}57'$ (якщо треба розрахувати величину лівого за ходом кута, то необхідно від 360° відняти величину правого за ходом кута або визначати його величину за формулою $\beta_{КП} = b_{КП} - a_{КП}$).

Для контролю і зменшення впливу інструментальних помилок той же самий кут ще раз вимірюють у другому напівприйомі за алгоритмом:

- 8) не змінюючи місця положення теодоліта на станції, змістивши лімб на 5–10°, закріплюють його при КЛ;
- 9) відкріпивши алідаду, знову візують теодоліт на задню точку (*A*);
- 10) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік $a_{КЛ} = 0^{\circ}08'$;
- 11) відкріплюють алідаду і візують теодоліт при тому ж КЛ на передню точку (*B*);

12) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік $\beta_{KL} = 322^{\circ}10'$;

13) правий за ходом кута у другому півприйомі буде дорівнювати:
 $\beta_{KL} = \alpha_{KL} - \nu_{KL} = (0^{\circ}08' + 360^{\circ}) - 322^{\circ}10' = 360^{\circ}08' - 322^{\circ}10' = 37^{\circ}58'$ (якщо при розрахунку кута доводиться віднімати з меншого відліку більший, то до зменшеного відліку додають 360°);

14) для контролю якості визначення кута визначають розбіжність результатів вимірювання цього кута в двох півприйомах (при КП та КЛ)
 $\Delta\beta_{вим} = |\beta_{КП} - \beta_{КЛ}| = |37^{\circ}57' - 37^{\circ}58'| = |-1'| = 1'$, яка не має перевищувати подвійну точність відлікового пристрою ($\Delta\beta_{зр} = 2 \cdot t$), тобто $\Delta\beta_{вим} \leq \Delta\beta_{зр}$ (для теодолітів серії Т30 точність відлікового пристрою $t = 1'$, таким чином гранична похибка для повного прийому складає $\Delta\beta_{зр} = 2 \cdot 1' = 2'$), отже, у наведеному прикладі (табл. 1.1), розбіжність результатів вимірювання кута $\Delta\beta_{вим} = 1'$ є в межах граничної похибки $\Delta\beta_{зр} = 2'$ (якщо розбіжність більше граничної похибки, то вимірювання виконують заново);

15) якщо похибка вимірювання менше або дорівнює граничній, то за результатами вимірювань в півприйомах, з точністю до десятих часток мінут (або цілих секунд), розраховують середнє значення горизонтального кута: $\beta_{вим} = (\beta_{КП} + \beta_{КЛ})/2 = (37^{\circ}57' + 37^{\circ}58')/2 = 37^{\circ}57,5' = 37^{\circ}57'30''$.

1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 4

Завдання 1. З використанням даних відлікового мікроскопу теодоліту 2Т30П (Додаток Б, табл. Б.1) **самостійно** визначте (зніміть) відліки з лімбів горизонтального (β) та вертикального (λ) кругів.

Завдання 2. З використанням даних вимірювань (зняття) відліків з лімба теодоліта 2Т30П (Додаток Б, табл. Б.2) **самостійно** розрахуйте у журналі правий за ходом горизонтальний кут, визначений способом «прийомів» (згідно з прикладом у табл. 1.1).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять** покажіть і назвіть пристрої та частини теодоліту 2Т30 (згідно з рис. 1.1), опишіть їх призначення, послідовність дій і засоби контролю при приведенні теодоліта у робочий стан на станції, технологію зняття відліків з лімба, реєстрації результатів вимірювання та обчислення у журналі (згідно з прикладом у табл. 1.1) горизонтальних кутів, визначених способом «прийомів».

1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 4

Для самостійної перевірки засвоєння змісту лабораторної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

- 1.** Яке головне призначення теодоліту?
- 2.** З якою метою виконується теодолітна зйомка?
- 3.** Яка частина теодоліту повинна бути нерухомою під час вимірювання горизонтального кута?
- 4.** Які основні пристрої та частини теодоліту 2ТЗ0?
- 5.** З якою метою використовується орієнтир-бусоль на теодоліті?
- 6.** Яким чином теодоліт встановлюють у вершині вимірюваного кута (центрують)?
- 7.** На які три групи поділяють оптичні теодоліти, які випускаються промисловістю, за точністю вимірювання кута?
- 8.** За якими формулами розраховують величини правих та лівих за ходом горизонтальних кутів?
- 9.** Як розшифровується шифр (назва, марка) теодоліту 2ТЗ0П?
- 10.** З якою похибкою вимірюють кути в теодолітних полігонах і ходах за допомогою оптичних теодолітів ТЗ0 (2ТЗ0, 2ТЗ0П)?

2 Лабораторна робота № 5. Обробка даних теодолітного ходу

2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 5

Обробка даних теодолітного ходу належить до камеральних геодезичних робіт. Основна мета таких робіт полягає в отриманні планових координат точок теодолітного ходу.

В даній роботі пояснення щодо камеральної обробки польових матеріалів виконується на прикладі замкнутого теодолітного ходу.

Перед початком обробки даних викреслюють його схему за величинами середніх значень вимірних горизонтальних кутів (табл. 2.1) та довжин сторін ходу (табл. 2.2). На схемі проставляють номери станцій, значення кутів і довжин сторін (рис. 2.1).

Таблиця 2.1 – Дані вимірювання горизонтальних кутів

Станції, i	Позначення кутів, вимірних на станціях	Середні значення кутів, $\beta_{i \text{ вим}}$		
		°	'	°
1	512	142	11,0	142,18
2	123	85	17,5	85,29
3	234	125	49,0	125,82
4	345	94	10,5	94,18
5	451	92	34,0	92,57

Таблиця 2.2 – Дані вимірювання довжини сторін в природному стані в метрах (м) і у масштабі схеми (М 1:2000) в сантиметрах (см)

Позначення сторін, j	1-2	2-3	3-4	4-5	5-1	
Довжина сторін	$D_j, \text{м}$	145,54	108,13	170,95	149,20	121,07
	$l_j, \text{см}$	5,82	5,41	8,55	7,46	6,05

Після креслення схеми виконується подальша обробка матеріалів замкнутого теодолітного ходу. При обробці всі обчислення ведуться у відомості (згідно з прикладом у табл. 2.3), етапи яких описані нижче.

1. У відомості, складеній за формою табл. 2.3, яка показана нижче, в стовпчику **1** вказують номери станцій i в порядку їх зростання (від 1 до 5), у стовпчику **7** – позначення напрямку сторін j (1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-1), а у стовпчику **13** – довжину сторін D_j (в метрах).

2. У стовпчики **2** та **3** записують вимірні значення горизонтальних кутів $\beta_{i \text{ вим}}$, а в першій строчці стовпчиків **8** та **9** вказують вихідне значення дирекційного кута α_j сторони 1-2 (або її азимут A_j), яке дорівнює **355°40,0'**.

Таблиця 2.3 – Відомість обробки замкнутого теодолітного ходу

Номера станцій, i	Виміряні кути					Напрями сторін, j	Дирекційні кути сторін, α_j (азимуту, A_j)		Румби сторін, r_j			D_j , м	Прирости координат, м						Координати станцій, м	
	$\beta_{i \text{ вим}}$		$\nu_{\beta j}$	$\beta_{i \text{ вунр}}$			°	'	Чверть	°	'		Обчисленні			Виправленні				
	°	'	'	°	'								$\Delta X_{j \text{ обч}}$	$\nu_{\Delta X j}$	$\Delta Y_{j \text{ обч}}$	$\nu_{\Delta Y j}$	$\Delta X_{j \text{ вунр}}$	$\Delta Y_{j \text{ вунр}}$	X_i	Y_i
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	142	11,0	-0,4	142	10,6	1-2	355	40,0	ПнЗх	4	20,0	145,54	145,12	0,05	-11,00	0,00	145,17	-11,00	-267,75	46,50
2	85	17,5	-0,4	85	17,1	2-3	90	22,9	ПдСх	8	37,1	108,13	-0,72	0,04	108,13	0,00	-0,68	108,13	-122,58	35,50
3	125	49,0	-0,4	125	48,6	3-4	144	34,3	ПдСх	3	25,7	170,95	-139,30	0,06	99,10	0,00	-139,24	99,10	-123,26	143,63
4	94	10,5	-0,4	94	10,1	4-5	230	24,2	ПдЗх	5	24,2	149,20	-95,10	0,05	-114,97	0,00	-95,05	-114,97	-262,50	242,73
5	92	34,0	-0,4	92	33,6	5-1	317	50,6	ПнЗх	4	9,4	121,07	89,75	0,04	-81,26	0,00	89,79	-81,26	-357,54	127,76
$\Sigma \beta_{i \text{ вим}}$		$\Sigma \nu_{\beta j}$	$\Sigma \beta_{i \text{ вунр}}$			α_{1-2}					P	f_x	$\Sigma \nu_{\Delta X j}$	f_y	$\Sigma \nu_{\Delta Y j}$	$\Sigma \Delta X_{j \text{ вунр}}$	$\Sigma \Delta Y_{j \text{ вунр}}$	X_1	Y_1	
540		2,0	-2,0	540 0,0		355 40					694,89	-0,24	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	-267,75	46,50	
$\Sigma \beta_{i \text{ теор}}$		f_{β}	$f_{\beta \text{ зр}}$									$f_{P \text{ обч}}$	$f_{P \text{ відн}}$		$f_{P \text{ зр}}$					
540		0,0	2,0	2,2								0,2398	0,0003		0,0005					

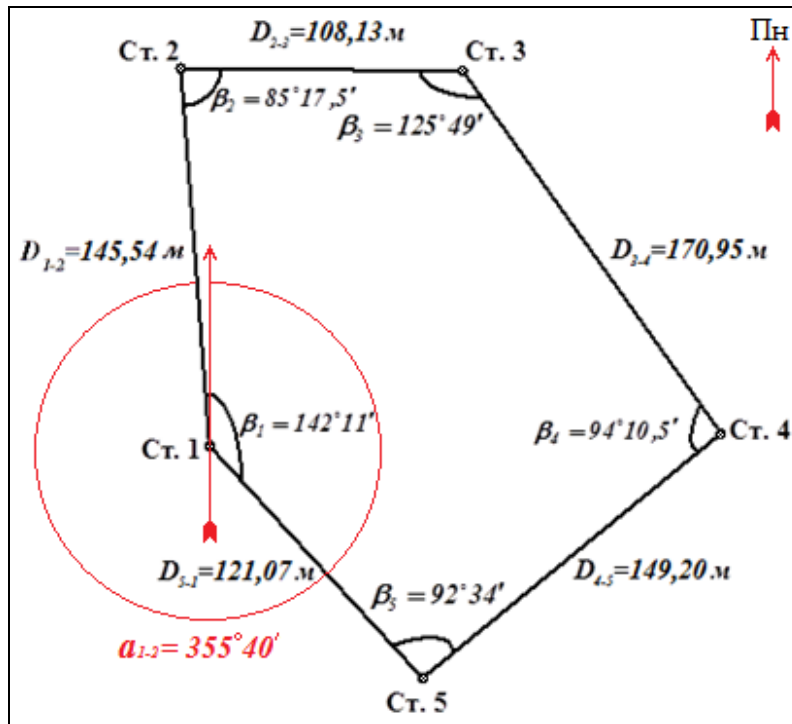


Рис. 2.1 – Схема замкнутого теодолітного ходу (М 1:2000)

3. Знаходять та записують внизу відомості (таблиці) нев'язку виміряних кутів f_β , яка дорівнює різниці між виміряною сумою кутів $\Sigma\beta_{i \text{ вим}}$ та теоретичною $\Sigma\beta_{i \text{ теор}}$, які також записують внизу відомості (таблиці):

$$f_\beta = \Sigma\beta_{i \text{ вим}} - \Sigma\beta_{i \text{ теор}} = 540^\circ 2,0' - 540^\circ 0,0' = 2,0', \quad (2.1)$$

$$\text{де } \Sigma\beta_{i \text{ вим}} = 142^\circ 11,0' + 85^\circ 17,5' + 125^\circ 49,0' + 94^\circ 10,5' + 92^\circ 34,0' = 540^\circ 2,0';$$

$$\Sigma\beta_{i \text{ теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180^\circ \cdot (5 - 2) = 180^\circ \cdot 3 = 540^\circ 0,0', \quad (2.2)$$

де n – число сторін теодолітного ходу (замкнутого полігону).

4. Обчислюють та записують внизу відомості (таблиці) граничну кутову нев'язку теодолітного ходу $f_{\beta \text{ гр}}$:

$$f_{\beta \text{ гр}} = 1' \cdot m^{0,5} = 1' \cdot 5^{0,5} = 2,2', \quad (2.3)$$

де m – число виміряних кутів.

5. Якщо нев'язка виміряних кутів f_β не перевищує граничної кутової нев'язки теодолітного ходу $f_{\beta \text{ гр}}$ (у прикладі: $2,0' \leq 2,2'$), то її рівномірно розподіляють (додають) із зворотним знаком в усі кути, використовуючи кутові поправки $v_{\beta j}$ (стовпчик 4), які визначаються за формулою:

$$v_{\beta j} = -f_\beta / m = -2,0' / 5 = -0,4'. \quad (2.4)$$

6. Обчислюють виправлені горизонтальні кути (стовпчики 5 та 6):

$$\beta_{i \text{ випр}} = \beta_{i \text{ вим}} + \nu_{\beta j}. \quad (2.5)$$

Далі здійснюють контроль правильності розподілу нев'язок $\nu_{\beta j}$ у кути ходу ($\Sigma \nu_{\beta j} = -f_{\beta} = -2,0'$) та обчислення суми виправлених кутів $\beta_{i \text{ випр}}$ ($\Sigma \beta_{i \text{ випр}} = \Sigma \beta_{i \text{ теор}} = 540^{\circ}0,0'$), а результати записують внизу стовпчиків 4-6.

7. Після вказаного контролю розраховують дирекційні кути α_j всіх сторін ходу (стовпчики 8 та 9) за формулою:

$$\alpha_{j+1} = \alpha_j + 180^{\circ} - \beta_{i+1}, \quad (2.6)$$

де β_{i+1} – виправлене значення кута між j -ю та $(j+1)$ -ю сторонами.

Контролем вірності обчислення дирекційних кутів сторін замкнутого ходу є повторне отримання дирекційного кута сторони 1-2: $\alpha_{1-2} = 355^{\circ}40,0'$, який записують в останній строчці стовпчиків 8 та 9.

8. Обчислюють румби сторін r_j за відомими співвідношеннями між дирекційними кутами та румбами (якщо $\alpha_j = 0-90^{\circ}$, то чверть ПнСх, $r_j = \alpha_j$; якщо $\alpha_j = 90-180^{\circ}$, то чверть ПдСх, $r_j = 180^{\circ} - \alpha_j$; якщо $\alpha_j = 180-270^{\circ}$, то чверть ПдЗх, $r_j = \alpha_j - 180^{\circ}$; якщо $\alpha_j = 270-360^{\circ}$, то чверть ПнЗх, $r_j = 360^{\circ} - \alpha_j$) для кожної з чотирьох чвертей та записують отримані значення у стовпчики 10, 11 та 12.

9. Обчислюють прирости координат всіх станцій (пряма геодезична задача) теодолітного ходу (стовпчики 14 та 16):

$$\Delta X_{j \text{ обч}} = D_j \cdot \cos \alpha_j \quad (2.7)$$

i

$$\Delta Y_{j \text{ обч}} = D_j \cdot \sin \alpha_j, \quad (2.8)$$

де D_j – виміряні довжини сторін теодолітного ходу, м; α_j – значення дирекційних кутів в градусах (мінути переводять в частки градуса).

10. Визначають лінійні нев'язки f_x (для осі X) та f_y (для осі Y) шляхом обчислення сум приростів у напрямку ходу по кожній осі прямокутної системи координат (відповідно, $\Sigma \Delta X_{j \text{ обч}}$ та $\Sigma \Delta Y_{j \text{ обч}}$) і порівнюють отримані обчисленні суми приростів координат з теоретичними, які для замкнутого теодолітного ходу дорівнюють нулю ($\Sigma \Delta X_{j \text{ теор}} = \Sigma \Delta Y_{j \text{ теор}} = 0,00$ м), тому внизу стовпчиків 14 та 16 будуть записані лінійні нев'язки, розраховані за формулами:

$$f_x = \Sigma \Delta X_{j \text{ обч}} = 145,12 + (-0,72) + (-139,30) + (-95,10) + 89,75 = -0,24, \quad (2.9)$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{j \text{ обч}} = (-11,00) + 108,13 + 99,10 + (-114,97) + (-81,26) = 0,00. \quad (2.10)$$

11. Знаходять та записують внизу відомості (таблиці) абсолютну лінійну нев'язку теодолітного ходу $f_{P\text{ абс}}$ за формулою:

$$f_{P\text{ абс}} = (f_x^2 + f_y^2)^{0,5} = (-0,24^2 + 0,00^2)^{0,5} = 0,2398. \quad (2.11)$$

12. Обчислюють і записують внизу відомості (таблиці) відносну нев'язку теодолітного ходу $f_{P\text{ відн}}$, яка не повинна перевищувати граничне значення $f_{P\text{ зр}}$ (тобто, $f_{P\text{ відн}} \leq f_{P\text{ зр}}$, де $f_{P\text{ зр}} = 1/2000 = 0,0005$):

$$f_{P\text{ відн}} = f_{P\text{ абс}} / P = 0,2398 / 694,89 = 0,0003, \quad (2.12)$$

де P – периметр теодолітного ходу, м.

13. Якщо відносна нев'язка теодолітного ходу $f_{P\text{ відн}}$ не перевищує граничного значення $f_{P\text{ зр}}$ (у прикладі: $0,0003 < 0,0005$), то лінійні нев'язки f_x та f_y розподіляється, відповідно, по осях X та Y в усі прирости ходу, шляхом введення поправок $v_{\Delta X_j}$ та $v_{\Delta Y_j}$ (стовпчики 15 та 17), величини яких пропорційні довжинам сторін D_j , а знак – зворотній до знаку відповідних нев'язок f_x та f_y , і далі для кожної станції теодолітного ходу визначаються виправленні прирости координат $\Delta X_{j\text{ випр}}$ та $\Delta Y_{j\text{ випр}}$ (стовпчики 18 та 19):

$$v_{\Delta X_j} = -D_j \cdot f_x / P \quad (2.13)$$

і

$$v_{\Delta Y_j} = -D_j \cdot f_y / P, \quad (2.14)$$

$$\Delta X_{j\text{ випр}} = \Delta X_{j\text{ обч}} + v_{\Delta X_j} \quad (2.15)$$

та

$$\Delta Y_{j\text{ випр}} = \Delta Y_{j\text{ обч}} + v_{\Delta Y_j}. \quad (2.16)$$

Для контролю вірності визначення виправлених приростів координат обчислюють і записують (в останній строчці стовпчиків 18 та 19) їх суми, які для замкнутого теодолітного ходу дорівнюють теоретичній величині, тобто нулю: $\Sigma \Delta X_{j\text{ випр}} = \Sigma \Delta X_{j\text{ теор}} = \Sigma \Delta Y_{j\text{ випр}} = \Sigma \Delta Y_{j\text{ теор}} = 0,00$ м.

14. З використанням визначених виправлених приростів координат $\Delta X_{j\text{ випр}}$ та $\Delta Y_{j\text{ випр}}$ (стовпчики 18 та 19) і вихідних координат 1-ї станції (вершини) теодолітного ходу ($X_1 = -267,75$ м, $Y_1 = 46,50$ м), які записують у першій строчці стовпчиків 20 та 21, розраховують координати всіх інших станцій (вершин) ходу X_i та Y_i (стовпчики 20 та 21):

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_{j\text{ випр}} \quad (2.17)$$

та

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_{j\text{ випр}}, \quad (2.18)$$

де $\Delta X_{j\text{ випр}}$ та $\Delta Y_{j\text{ випр}}$ – прирости координат, відповідно, по осях X та Y , між $(i-1)$ -ю та i -ю станціями (вершинами полігону) теодолітного ходу.

Контролем правильності розрахунку координат станцій (вершин полігону) замкнутого теодолітного ходу є повторне отримання координат станції (вершини) **1**: $X_1 = -267,75$ м, $Y_1 = 46,50$ м, які записують в останній строчці, відповідно, стовпчиків **20** та **21**.

Після обчислення координат станцій (вершин полігону) замкнутого теодолітного ходу можна розрахувати площу отриманого багатокутника (полігона). Найчастіше ця задача виконується аналітичним способом.

Обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу виконується за формою табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Обчислення площі полігона S (у м² та га) замкнутого теодолітного ходу

Станція, i	Координати, м		Різниці		Добутки	
	X_i	Y_i	$X_{i-1} - X_{i+1}$	$Y_{i+1} - Y_{i-1}$	$X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})$	$Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$
1	2	3	4	5	6	7
1	-267,75	46,50	-234,96	-92,26	24702,6150	-10925,6400
2	-122,58	35,50	-144,49	97,13	-11906,1954	-5129,3950
3	-123,26	143,63	139,92	207,23	-25543,1698	20096,7096
4	-262,50	242,73	234,28	-15,87	4165,8750	56866,7844
5	-357,54	127,76	5,25	-196,23	70160,0742	670,7400
Сума:			0,00	0,00	61579,1990	61579,1990
			Площа (S , м ²):		30789,5995	30789,5995
			Площа (S , га):		3,08	3,08

Примітка:

вершини пронумеровані за ходом годинникової стрілки (відповідно до схеми на рис. 2.1).

Перед початком розрахунків площі з табл. 2.3 у стовпчик **1** табл. 2.4 переписують номери станцій i , а у стовпчики **2** і **3** – їх прямокутні координати (X_i та Y_i). Подальші обчислення виконують у стовпчиках **4-7** за етапами та формулами, які наведені нижче.

1. Якщо станції полігона (вершини багатокутника) пронумеровані за ходом годинникової стрілки (як на рис. 2.1), то обчислення його площі виконується за етапами та формулами, які наведені нижче.

1.1. Розраховують різниці $X_{i-1} - X_{i+1}$ та $Y_{i+1} - Y_{i-1}$, значення яких записують, відповідно, у стовпчики **4** та **5**, наприклад:

$$X_5 - X_2 = -357,54 - (-122,58) = -234,96 \text{ – для станції } \mathbf{1};$$

$$X_1 - X_3 = -267,75 - (-123,26) = -144,49 \text{ – для станції } \mathbf{2} \text{ і т. д.}$$

Для контролю правильності розрахунку різниць обчислюють і записують в строчці «Сума:» стовпчиків 4 та 5 їх суми, які мають дорівнювати нулю: $\Sigma(X_{i-1} - X_{i+1}) = \Sigma(Y_{i+1} - Y_{i-1}) = 0$.

1.2. Розраховують добутки $X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})$ та $Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$, значення яких записують, відповідно, у стовпчики 6 та 7, наприклад:

$$X_1 \cdot (Y_2 - Y_5) = -267,75 \cdot (-92,26) = 24702,6150 - \text{для станції 1};$$

$$X_2 \cdot (Y_3 - Y_1) = -122,58 \cdot (97,13) = -11906,1954 - \text{для станції 2 і т. д.}$$

Для контролю правильності розрахунку добутків обчислюють і записують в строчці «Сума:» стовпчиків 6 та 7 їх суми, які мають дорівнювати друг другу: $\Sigma X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \Sigma Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$.

1.3. Обчислюють величини площі полігона замкнутого теодолітного ходу, які записують в строчку «Площа (S , м²):» стовпчиків 6 та 7:

$$S = \Sigma X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) / 2 = 61579,1990 / 2 = 30789,5995 \text{ м}^2 \quad (2.19)$$

та

$$S = \Sigma Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1}) / 2 = 61579,1990 / 2 = 30789,5995 \text{ м}^2. \quad (2.20)$$

Для визначення площі полігона в гектарах (1 га = 10000 м²) ділять величину площі, обчислену в м², на 10000 і записують отримане значення в строчку «Площа (S , га):» стовпчиків 6 та 7: $30789,5995 \text{ м}^2 / 10000 \approx 3,08 \text{ га}$.

2. Якщо станції полігона (вершини багатокутника) пронумеровані проти ходу годинникової стрілки, то розрахунок його площі виконується за іншими формулами:

$$S = \Sigma X_i \cdot (Y_{i-1} - Y_{i+1}) / 2 \quad (2.21)$$

та/або

$$S = \Sigma Y_i \cdot (X_{i+1} - X_{i-1}) / 2. \quad (2.22)$$

2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 5

Завдання 1. З використанням даних вимірювань горизонтальних кутів та довжин сторін замкнутого теодолітного ходу (**Додаток В, табл. В.1**) **самостійно** здійсніть підготовчі обчислення (за формою табл. 2.1 та 2.2) і зробіть схему даного ходу (за формою рис. 2.1) на аркуші паперу формату А4 (210 мм на 297 мм) у масштабі 1:2000 (в 1 сантиметрі 20 метрів).

Завдання 2. З використанням вихідних даних (**Додаток В, табл. В.1**) **самостійно** обробіть відомість (за формою табл. 2.3) та обчисліть площу полігона замкнутого теодолітного ходу (за формою табл. 2.4).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять (або самостійно)** ознайомтесь з комп'ютерним програмним забезпеченням для автоматичної обробки відомості та обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу, а також в усній формі опишіть послідовність креслення схеми й етапів подальшої обробки матеріалів даного ходу.

2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 5

Для самостійної перевірки засвоєння змісту лабораторної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

- 1.** З якою метою виконуються розрахункові роботи при теодолітній зйомці?
- 2.** Що повинно бути на схемі теодолітного ходу?
- 3.** У чому полягає ув'язка кутів теодолітного ходу?
- 4.** Що визначається після розрахунку практичної і теоретичної суми кутів замкнутого полігону?
- 5.** Як контролюється правильність обчислення дирекційних кутів для замкнутого полігону?
- 6.** Що визначають для зручності подальших обчислень за дирекційними кутами?
- 7.** Що потрібно для розрахунків приростів координат?
- 8.** Від чого залежать знаки приростів координат?
- 9.** Як контролюють правильність ув'язки приростів координат для замкнутої фігури?
- 10.** Яким чином контролюють правильність розрахунку координат для замкнутої фігури?

3 Лабораторна робота № 6. Нівелір. Визначення перевищень між точками

3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 6

Виконання лабораторної роботи реалізується шляхом почергового вивчення наступних питань: **1)** будова нівеліра Н-3; **2)** приведення нівеліра у робочий стан; **3)** зняття відліків з рейки РН-3; **4)** визначення перевищень між точками при геометричному нівелюванні способом «з середини» та відстаней між ними за допомогою віддалемірних ниток сітки ниток нівеліру.

За точністю нівеліри поділяють на: високоточні (наприклад, Н-05), точні (Н-3, 2Н-3Л, Н-3КЛ) та технічні (Н-10КЛ). Літерою «Н» позначають сам нівелір, а числами в шифрі (назві, марці, індексі) приладу (з права від літери «Н»), наприклад, 05, 3, 10 – середні квадратичні похибки в міліметрах на 1 кілометр подвійного нівелірного ходу. Нівеліри виготовляють з циліндричним рівнем при зоровій трубі та з компенсатором кутів нахилу цієї труби (тоді в індекс інструмента додається літера «К»), а також з лімбами для вимірів горизонтальних кутів (тоді додається літера «Л»).

Нівелір Н-3 (рис. 3.1) належить до точних нівелірів з циліндричним рівнем при трубі, який використовують при нівелюванні III-ого і IV-ого класів, а також при технічному нівелюванні. Даний нівелір складається з двох основних частин: нерухомої (нижньої) та рухомої (верхньої), яка може обертатися відносно нерухомої частини на 360° та нахилитися у вертикальній площині на $\pm 20'$. До складу нівеліра Н-3 (рис. 3.1) входять: **1** – закріпний гвинт; **2** – коробка циліндричного рівня; **3** – підставка; **4** – підіймальні гвинти; **5** – пружиниста пластина з втулкою (із різьбою під становий гвинт для закріплення на штативі); **6** – гвинт для з'єднання верхньої та нижньої частин нівеліра; **7** – окуляр; **8** – корпус зорової труби; **9** – механічний візир (приціл); **10** – об'єктив; **11** – головка (маховик) трібки (фокусувальний гвинт чи кремальєра); **12** – навідний (мікрометричний) гвинт точного наведення на рейку; **13** – установочний сферичний (круглий) рівень; **14** – виправні (юстирувальні) гвинти установочного рівня; **15** – елеваційний гвинт; **16** – юстирувальні (виправні) гвинти циліндричного рівня; **17** – бульбашка циліндричного рівня, яка приведена в контакт (на середину ампули); **18** – рейка нівелірна в окулярі труби; **19** – верхня віддалемірна нитка сітки ниток (відлік по ній: 1422 мм); **20** – середня (основна) нитка сітки ниток (відлік по ній: 1478 мм); **21** – нижня віддалемірна нитка сітки ниток (відлік по ній: 1534 мм); **VV₁** – візирна (основна) вісь труби (уявна пряма, яка проходить через центр сітки ниток і оптичний центр об'єктива); **ZZ₁** – вертикальна вісь обертання нівеліра (уявна пряма, яка проходить через центр обертання труби та підставки); **UU₁** – вісь циліндричного рівня (уявна пряма, яка проходить по дотичній до поверхні ампули рівня в точці нуль-пункту); **KK₁** – вісь круглого рівня (умовна пряма, яка з'єднує центр сферичної поверхні і точку нуль-пункту).

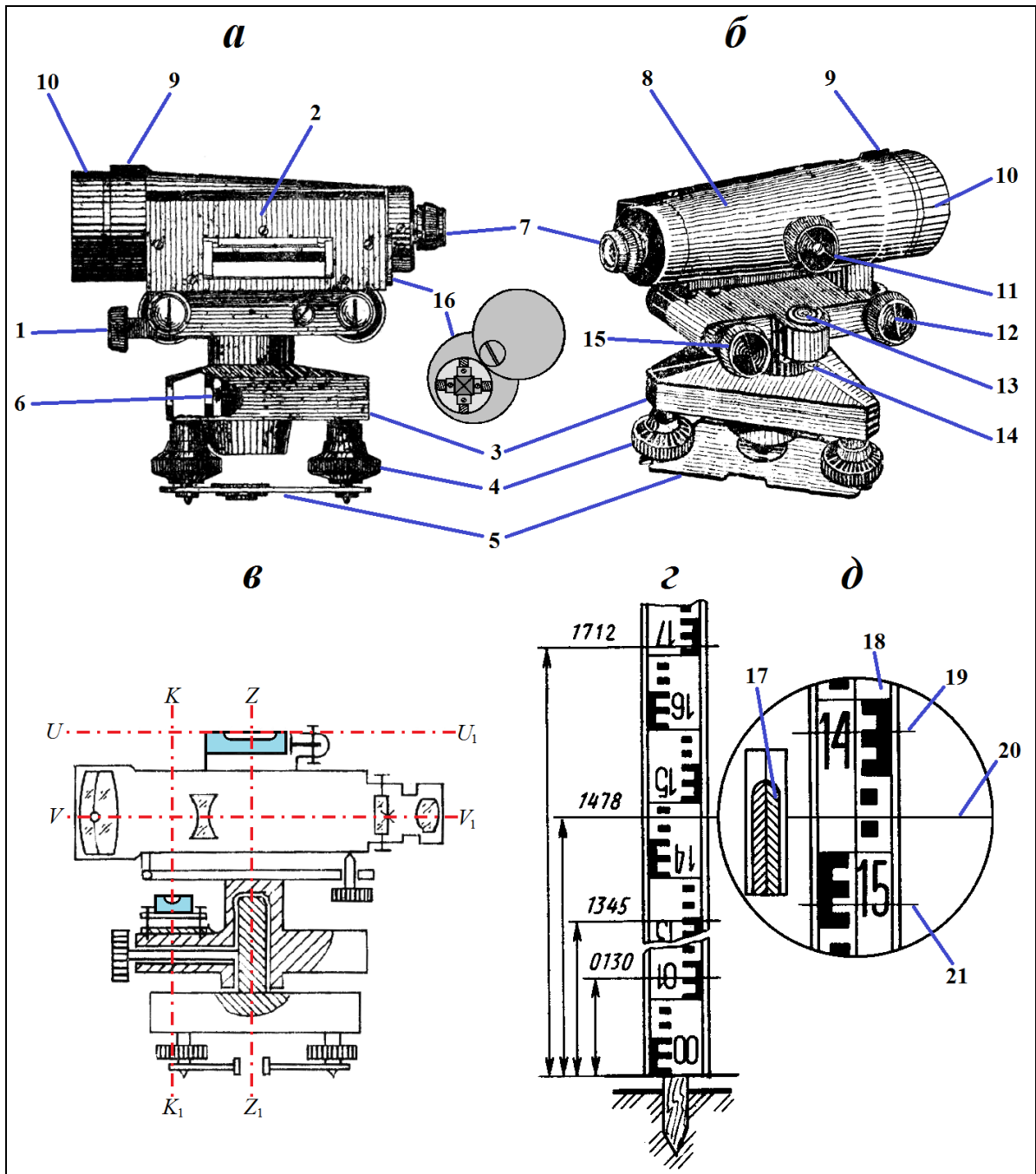


Рис. 3.1 – Загальний вигляд (*а, б*), основні осі (*в*), відліки по рейці нівелірній (*г*) та поле зору в окулярі зорової труби (*д*) нівеліра Н-3 (пояснення до числових позначень 1-21 представлені вище за текстом):
а – вигляд нівеліра з сторони трібки фокуруючої лінзи;
б – вигляд нівеліра з сторони циліндричного рівня при зоровій трубі;
в – осі нівеліра Н-3;
г – рейка нівелірна РН-3 і відліки по ній (0130, 1345, 1478, 1712 мм);
д – поле зору окуляра зорової труби (зображення рейки нівелірної РН-3, верхньої, середньої та нижньої ниток сітки ниток і бульбашки циліндричного рівня, приведеної в контакт – на середину ампули)

Перед зняттям відліку з рейки нівелір необхідно привести в робочий стан у послідовності, наведеної нижче.

1. Установлюють штатив так, щоб його головка була горизонтальна і перебувала на рівні грудей. При необхідності треба підтягнути гайковим ключем болти, що з'єднують ніжки штатива з його головкою.

2. Нівелір пригвинчують (не туго) становим гвинтом до головки штатива так, щоб у її пази ввійшли наконечники піднімальних гвинтів.

3. Обертаючи підймальні гвинти, роблять так, щоб всі вони були на середині свого ходу і мали приблизно однакову довжину.

4. Регулюючи положення ніжок штатива, суміщають бульбашку із нуль-пунктом ампули круглого рівня.

5. При роботі на ґрунтовій місцевості вдавлюють кінці ніжок у ґрунт і виправляють піднімальними гвинтами положення бульбашки рівня.

6. Остаточо затягують становий гвинт і знову поправляють круглий рівень піднімальними гвинтами. Якщо нівеліром з лімбом передбачається вимірювання горизонтальних кутів, то його також центрують над точкою.

7. Налаштовують (по своєму оку) сітку ниток, фокусують трубу по виставленій рейці, виконавши наведення труби нівеліра за допомогою затискного та мікрометричного гвинтів (наведення труб інших нівелірів виконується безпосередньо рукою).

8. Обертаючи елеваційний гвинт, встановлюють у горизонтальне положення візирну вісь UU_1 зорової труби нівеліра. Виконуючи це, спочатку спостерігають збоку (через вікно коробки) за бульбашкою циліндричного контактного рівня, а як тільки він вийде приблизно на середину ампули – дивлячись у трубу.

9. Після з'єднання зображень половинок бульбашки знімають відлік. Трубу нівеліра з компенсатором не потрібно встановлювати у вертикальній площині, тому що її візирна вісь UU_1 автоматично займає горизонтальне положення, якщо привести основну вісь нівеліра VV_1 в прямовисне положення, установлюючи в нуль-пункт бульбашку круглого рівня.

Робота по визначенню відліків з використанням нівеліра пов'язана із зчитуванням відліків з нівелірної рейки. Прочитати відлік з рейки – це значить визначити довжину її відрізка (у мм), ув'язаного між початковим відліком («п'ятою») і точкою, на яку проектується середня горизонтальна нитка сіток. В зв'язку з тим, що початковий відлік відомий (0 мм – з чорної сторони рейки, 4800 мм, 4700 мм або інші відомі числа – з її червоної сторони), то головне, що потрібно при знятті відліку, це визначення положення проекції середньої нитки сіток на рейці, як на числовій осі. Рахунок ведуть зверху вниз – якщо труба дає зворотне зображення, або знизу нагору – при прямому зображенні. Відлік записують чотиризначним числом, наприклад: 1478 мм (рис. 3.1 ∂), де дві перші цифри (14) – номер дециметрової поділки, на яку проектується середня нитка, а дві останні (78) – величина відрізка (в мм) між нею та початком даного дециметра.

При геометричному нівелюванні способом «з середини» (рис. 3.2) нівелір встановлюють посередині між точками **A** та **B** (можна і не в створі лінії **AB**, але обов'язково на однакових відстанях від точок **A** та **B**), на яких встановлюють прямовисно нівелірні рейки. Якщо відома позначка точки **A**, то її вважають «задньою», а точку **B** – «передньою». Вимірювання полягає у визначенні за допомогою нівеліру на нівелірних рейках висот *a* (задній відлік) та *b* (передній відлік) візирного променя над точками **A** та **B**.

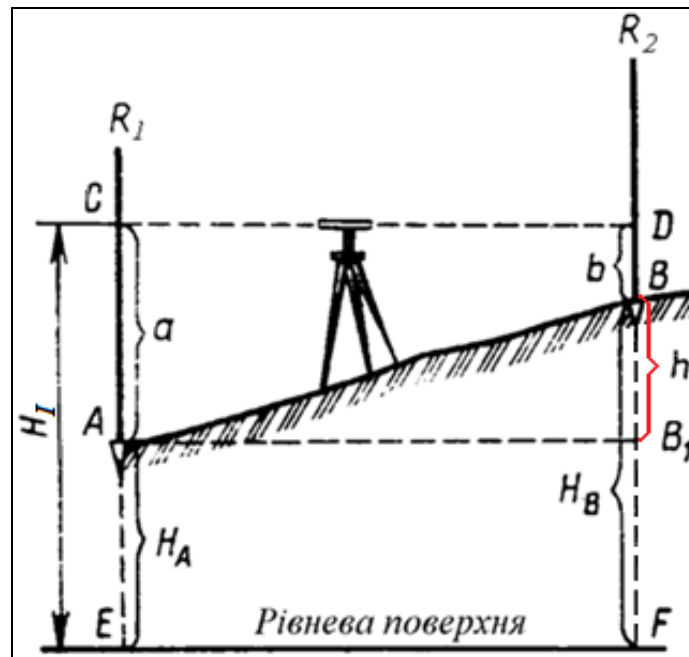


Рис. 3.2 – Схема геометричного нівелювання способом «з середини»:

A та **B** – позначення точок на земній поверхні (умовно приймається, що точка **A** є «задньою», а точка **B** – «передньою»);

E та **F** – вертикальні проекції, відповідно, точок **A** та **B** на прийнятій рівневу поверхню;

B₁ – місце перетинання горизонтальної проекції точки **A** з лінією вертикальної проекції точки **B**;

R₁ та **R₂** – позначення рейок нівелірних, які встановлені, відповідно, у точках **A** та **B**;

C та **D** – горизонтальні проекції візирного променя (уявної прямої, яка проходить через центр сітки ниток і оптичний центр об'єктива), відповідно, на рейки **R₁** та **R₂**;

a та *b* – відліки, які зняті нівелірних рейок, встановлених, відповідно, в точках **A** та **B**;

H_A та **H_B** – позначки (висота відносно прийнятої рівневої поверхні), відповідно, точок **A** та **B**;

H_I – позначка (висота візирного променя відносно прийнятої рівневої поверхні) інструмента (нівеліра) або горизонт приладу (**ГП**);

h – перевищення між двома точками **A** та **B**

Перевищення h між точками A та B визначається за формулою:

$$h = a - b, \quad (3.1)$$

де a та b – відліки, які зняті нівелірних рейок, встановлених, відповідно, в точках A та B .

Якщо перевищення за формулою (3.1) буде додатним (при $a > b$), то це означає, що передня точка B знаходиться вище задньої точки A , таким чином, лінія AB піднімається. Від’ємне перевищення (при $a < b$) означає, що точка B розташована нижче точки A , тобто лінія AB знижується.

Якщо позначка H_A точки A відома, то позначка H_B точки B буде дорівнювати:

$$H_B = H_A + h. \quad (3.2)$$

Таким чином, позначка H_B наступної (передньої) точки B дорівнює сумі позначки H_A попередньої (задньої) точки A та перевищення h між ними зі своїм знаком.

Крім того, позначку H_B точки B можна визначити наступним чином:

$$H_B = H_I - b, \quad (3.3)$$

де H_I – позначка інструмента (нівеліра) або горизонт приладу ($ГП$), що дорівнює:

$$H_I = H_A + a. \quad (3.4)$$

При нівелюванні IV класу за допомогою нівеліра Н-3 та комплекту пари рейок РН-3-3000С (№ 1 та № 2) результати вимірювань записують у «Журнал нівелювання IV класу» (згідно з табл. 3.1), а порядок дій (**номер дії в дужках**) на кожній станції (після встановлення нівеліра у робочій стан з використанням круглого рівня) описаний нижче за чотирма етапами.

Етап 1 – наводять зорову трубу на чорну сторону задньої рейки № 1, елеваційним гвинтом суміщають контакти бульбашки циліндричного рівня (приводять бульбашку рівня в контакт) і беруть відліки по верхній **(1)** та середній **(2)** ниткам сітки ниток.

Етап 2 – наводять трубу на чорну сторону передньої рейки № 2, елеваційним гвинтом суміщають контакти бульбашки циліндричного рівня і беруть відліки по верхній **(3)** та середній **(4)** ниткам.

Етап 3 – повертають передню рейку № 2 червоною стороною (з початковим відліком 4700 мм) і беруть відлік тільки по середній **(5)** нитці;

Етап 4 – повертають задню рейку № 1 червоною стороною (з початковим відліком 4800 мм), наводять на неї трубу, елеваційним гвинтом суміщають контакти бульбашки циліндричного рівня і беруть відлік тільки по середній **(6)** нитці.

Описана вище (етапи 1-4) послідовність знімання (зчитування) відліків з рейок дозволяє контролювати стійкість штатива на станції та рейки на задній точці!

Таблиця 3.1 – Журнал нівелювання IV класу (фрагмент журналу нівелювання нуля спостережень водомірної палі на гідрологічному посту)

Хід: від палі водомірної ПВ1 до контрольного репера поста РП2.

Нівелір: Н-3. *Заводський номер:* 8571. *Спостерігав:* Семенов О.П.

Дата: 11.03.2020 р. *Початок:* 10 год. 15 хв. *Кінець:* 10 год. 30 хв.

Погода: ясно, безвітряно.

Зображення: спокійне.

Початки відліків червоних сторін рейок: № 1 – 4800 мм, № 2 – 4700 мм.

№ станції № рейок	Віддалемірні відстані до задньої та передньої рейок, мм поділок рейки	Відлік по рейці, мм		Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм
		задня	передня		
1 палія водомір. ПВ1 1-2	345 (7)	2147 (1)	0873 (3)		
	355 (8)	2492 (2)	1228 (4)	+1264 (9)	
		7293 (6)	5927 (5)	+1366 (10)	+1265 (14)
		4801 (11)	4699 (12)	-102 (13)	

Безпосередньо на кожній станції контролюють дотримання двох допусків: **1)** нерівність відстаней від нівеліра до кожної з рейок не повинна бути більша 5 м; **2)** перевищення, визначені по чорним та червоним сторонам рейок, не повинні відрізнятися більш ніж на ± 5 мм (з урахуванням різниці початкових відліків («п'яток») червоних сторін пари рейок комплекту). При недотриманні хоча б одного з цих двох допусків нівелювання на станції повторюють (!), змінивши висоту положення нівеліра на 3-5 см. Таким чином, не йдучи зі станції, відразу ж після запису в журнал нівелювання відліків, знятих з рейок (табл. 3.1), виконують обов'язкові обчислення, опис яких представлений нижче.

1. За різницею відліків по середнім та верхнім ниткам визначають віддалемірні відстані (в мм поділок рейки) до задньої та передньої рейок: $2492 (2) - 2147 (1) = 345$ мм (7) та $1228 (4) - 0873 (3) = 355$ мм (8). Виконується переведення віддалемірних відстаней з мм поділок рейки в м: 345 мм (7) $\times 0,2 = 69$ м та 355 мм (8) $\times 0,2 = 71$ м (де 0,2 – перевідний коефіцієнт). Нерівність відстаней до рейок не перевищує 5 м: $71 - 69 = 2$ м. Відстань між ПВ1 та РП2 складає: $69 + 71 = 140$ м (0,14 км).

2. За різницею відліків, знятих з рейок по середнім ниткам сітки, визначають перевищення між точками: $2492 (2) - 1228 (4) = +1264$ мм (9) – по чорним сторонам рейок, $7293 (6) - 5927 (5) = +1366$ мм (10) – по червоним сторонам рейок. Різниця між перевищеннями, визначеними по чорним та червоним сторонам рейок (з урахуванням різниці «п'яток» червоних сторін пари рейок комплекту: 4700 мм – 4800 мм = -100 мм), не перевищує допустиме значення ± 5 мм: $1264 - 1366 - (-100) = -2$ мм.

3. За різницею відліків, знятих з рейок по середнім ниткам сітки по червоній та чорній сторонам, визначають початкові відліки («п'ятки») кожної з цих двох рейки: $7293 \text{ (6)} - 2492 \text{ (2)} = 4801 \text{ (11)}$ – для рейки № 1, $5927 \text{ (5)} - 1228 \text{ (4)} = 4699 \text{ (12)}$ – для рейки № 2. Відмінність у різницях між значеннями «п'яток» пар рейок (визначених за результатами нівелювання: $4699 \text{ (12)} - 4801 \text{ (11)} = -102 \text{ мм (13)}$, та з використанням номінальних «п'яток»: $4700 - 4800 = -100 \text{ мм}$) не перевищує допустиме значення $\pm 5 \text{ мм}$: $-102 - (-100) = -2 \text{ мм}$.

4. З урахуванням різниці між номінальними величинами «п'яток» рейок (-100 мм) визначається середнє перевищення між двома точками: $(1264 \text{ мм (9)} + 1366 \text{ мм (10)} - 100 \text{ мм}) / 2 = +1265 \text{ мм (14)}$.

3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 6

Завдання 1. З використанням даних в полі зору окуляра зорової труби нівеліра Н-3 (Додаток Г, табл. Г.1) **самостійно** визначте (зніміть) відліки з рейки нівелірної РН-3-3000С (по верхній, середній та нижній нитках сітки ниток). Величини знятих відліків запишіть поряд з відповідними нитками на зображенні нівелірної рейки в полі зору окуляра зорової труби нівеліра.

Завдання 2. З використанням знятих з нівелірних рейок відліків (Додаток Г, табл. Г.2) **самостійно** розрахуйте перевищення між точками і визначте відстані до задньої та передньої рейок і між точками нівелювання. Крім підготовки обов'язкової текстової частини з поясненнями до всіх виконаних розрахунків, вихідні дані та результати обчислень необхідно записати у «Журнал нівелювання ІV класу» (за формою табл. 3.1).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять** покажіть і назвіть пристрої та частини нівеліру Н-3 (відповідно до рис. 3.1), опишіть їх призначення, послідовність дій при приведенні нівеліра у робочий стан, етапи зняття відліків з нівелірних рейок і послідовність визначення перевищень та відстаней за допомогою нівеліра (за формою табл. 3.1), поясніть схему та формули для визначення перевищень між точками і позначок точок при геометричному нівелюванні способом «з середини» (згідно з рис. 3.2).

3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 6

Для самостійної перевірки засвоєння змісту лабораторної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

1. Що таке нівелір та для чого його застосовують?
2. На які три групи в залежності від точності поділяють нівеліри?
3. Як розшифровуються шифри (назви, марки, індекси) наступних нівелірів: Н-05, Н-3, 2Н-3Л, Н-3КЛ, Н-10КЛ?
4. У якій послідовності нівелір приводять у робочий стан перед зняттям відліку з нівелірної рейки?
5. Що означає «прочитати відлік з рейки» та чому відрізняються відліки по чорній і червоній сторонам однієї нівелірної рейки?
6. При якому положенні бульбашки циліндричного рівня при зоровій трубці нівеліра виконується зчитування (зняття) відліку з нівелірної рейки?
7. Як виконується геометричне нівелювання способом «з середини»?
8. За якими формулами обчислюють перевищення між точками та позначки точок при геометричному нівелювання способом «з середини»?
9. Які поетапні дії виконують на кожній станції (після встановлення нівеліра у робочий стан з використанням круглого рівня) при нівелюванні IV класу за допомогою нівеліра Н-3 та комплекту пари рейок РН-3-3000С (№ 1 та № 2)?
10. Дотримання яких двох допусків контролюють безпосередньо на кожній станції нівелювання (не йдучи зі станції, відразу ж після запису в журнал нівелювання відліків, знятих з рейок)?

4 Лабораторна робота № 7. **Обробка журналу технічного нівелювання**

4.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 7

4.1.1 Підготовка до технічного нівелювання магістралі

Якщо технічне нівелювання виконують за лініями (трасами, ходами), які прокладені вздовж річок, каналів або інших водних об'єктів, то його називають повздовжнім, а саму лінію нівелювання – магістраллю. Таке нівелювання виконують для визначення рельєфу вздовж вузької смуги місцевості. Одночасно з прокладенням магістралі технічного нівелювання перпендикулярно до її осі розбивають та нівелюють поперечники.

Вибір напрямку та закріплення лінії магістралі. Напрямок магістралі обирають за топографічною картою масштабу 1:100000 і крупніше або за допомогою космічних знімків і аерофотознімків. Обраний за картою напрямок магістралі перевіряють шляхом рекогносцирування місцевості (огляду в натурі), де ситуація і рельєф місцевості можуть змінитися з часу видання карти (наприклад, через нове будівництво або з інших причин). Після узгодження і затвердження положення магістралі її виносять із карти на місцевість і закріплюють відповідними знаками початок і кінець магістралі (траси) та, якщо потрібно, точки повороту і створні точки.

Розмічування пікетів на магістралі. До розмічування всіх пікетів приступають після закріплення траси знаками і, в необхідних випадках, створними точками. Пікет – це дерев'яний кілок, яким відмічають точку магістралі. Пікетажний хід зазвичай розмічують за допомогою сталевієї землемірної стрічки (наприклад, ЛЗ-20) або мірної рулетки. Горизонтальне прокладення відстані між сусідніми пікетами за межами забудованої території зазвичай дорівнює 100 м, а в містах і на території промислових підприємств – 40 або 50 м. Загалом цю відстань обирають залежно від того, наскільки детально необхідно вивчити рельєф вздовж траси та зобразити його на поздовжньому профілі магістралі. Необхідні кути повороту траси вимірюють теодолітом (наприклад, 2Т30П).

До задачі пікетажника належить: 1) забивання кілків у пікетах і в проміжних точках; 2) розмічування поперечників до траси з позначенням кілками характерних точок; 3) зйомка смуги необхідної ширини ліворуч і праворуч від траси; 4) ведення пікетажного журналу та деякі інші роботи.

Нумерацію пікетних точок починають із початкової (нульової) точки магістралі (Пк0) і продовжують її до кінця траси. Кожна пікетна точка позначається двома кілочками: «точкою» і «сторожком» (рис. 4.1). У точці, майже в рівень із землею, забивають кілок довжиною 10-12 см, на який при нівелюванні встановлюють рейку. Поруч з точкою забивають сторожок – кілок висотою 20-25 см. Він забивається на 1/3 своєї висоти і потрібен для зручного пошуку точки. На сторожку олівцем підписують номер пікету.

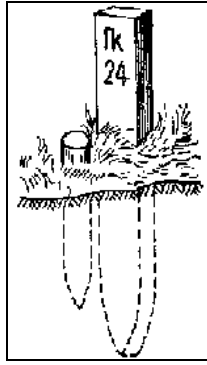


Рис. 4.1 – Позначення пікету двома кілками («точкою» і «сторожком»)

Проміжні («плюсові») точки, які потрібно нівелювати для додаткової характеристики рельєфу, позначають тільки сторожками. На кожному з них підписують номер попереднього пікету, наприклад, Пк2, та плюс («+») відстань (у метрах) від нього до даної точки (наприклад, +41).

На поперечниках точки також позначають тільки сторожками і підписують на них номер поперечника і відстань від траси, з вказівкою, в який бік від траси розташована дана точка. Наприклад, підпис Поп.1-Л6 означає – точка розташована на поперечнику 1, в 6 м зліва від магістралі.

Якщо траса проходить по поверхні, вкритої бетоном, асфальтом або камінням, то для полегшення відшукування точок при нівелюванні, пікети й інші точки позначають фарбою або крейдою з додатковими примітками на найближчому паркані, будівлях і т. п.

Необхідна кількість поперечників залежить від складності форм рельєфу праворуч і ліворуч від магістралі, тому поперечники розмічують і нівелюють в межах прийнятої ширини смуги зйомки місцевості вздовж траси. Ширина смуги зйомки і довжина поперечників до траси зазвичай є не менше 40-50 м (по 20-25 м у кожен бік від осі магістралі). Поперечники розташовують перпендикулярно до траси і можуть розмічатися екером, теодолітом, нівеліром з лімбом та з використанням стрічки або рулетки для вимірювання відстані між нівельованими точками поперечника.

Зйомку ситуації місцевості в межах смуги вздовж траси зазвичай здійснюють способом перпендикулярів і лінійних засічок. Результати зйомки заносять у пікетажний журнал або книжку (рис. 4.2).

Для виконання геодезичних робіт в державній системі координат і висот, магістраль на початку і в кінці траси (ходу) прив'язують до пунктів Державної геодезичної мережі.

Нівелювання магістралі виконують після розмічування хоча б частини пікетажу. При технічному нівелюванні за пікетажем розрізняють два види точок – зв'язкові та проміжні. Зв'язковими є задні і передні точки на кожній станції, а решта – проміжні. До зв'язкових точок також завжди належать репери та «іксові» точки, які обирають при нівелюванні крутих схилів, коли зв'язковими не можуть бути пікети і «плюсові» точки.

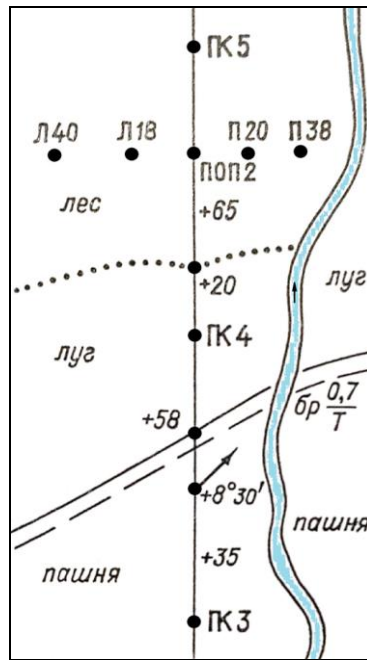


Рис. 4.2 – Приклад фрагменту (сторінки) пікетажного журналу (книжки)

Нівелювання магістралі та обчислення позначок (висот) точок. Після виносу магістралі в натуру, розмічування пікетів, плюсових (проміжних) точок, поперечних профілів та інших точок здійснюють нівелювання траси, в процесі якого визначають висоти зазначених точок, а також реперів, які можуть бути закладені уздовж траси (через кожні 3-5 км).

Нівелювання здійснюють способом «з середини» з контролем на станції (визначення перевищень по чорних і червоних сторонах двобічних рейок або отримання перевищень при двох горизонтах приладу у випадку застосування одnobічних рейок). Із метою контролю і підвищення точності визначення перевищень, як правило, магістраль нівелюють у прямому і зворотному напрямках або двома нівелірами в одному напрямку. Нижче, показаний приклад фрагменту схеми нівелювання магістралі (рис. 4.3).

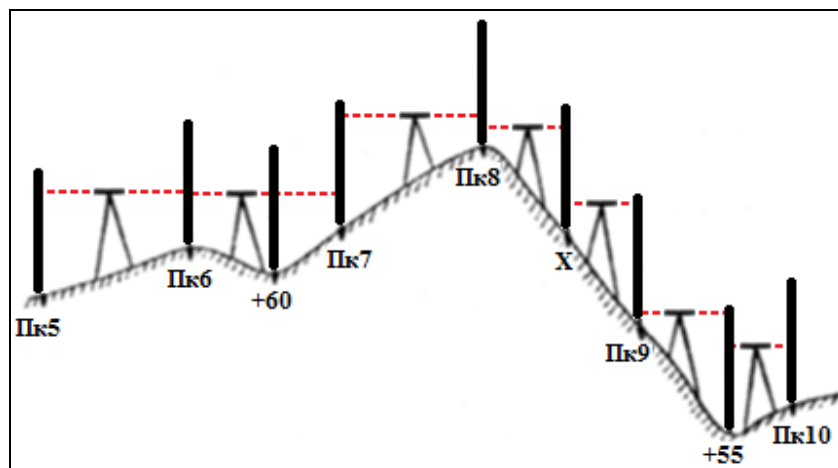


Рис. 4.3 – Фрагмент схеми нівелювання магістралі

При нівелюванні пікети є зв'язковими точками, а «плюсові» точки – проміжними. На зв'язкові точки беруть відліки по рейці з двох суміжних станцій по чорних і червоних сторонах рейок, у результаті цього на кожній станції отримують два значення перевищень, з яких потім обчислюють середні значення.

На проміжні точки беруть відліки з однієї станції тільки по чорній стороні рейки. Однак, якщо неможливе нівелювання з однієї станції (великий нахил схилу або перегин схилу), «плюсові» точки також можуть бути зв'язковими (наприклад, проміжна точка +55 на рис. 4.3) і замість однієї роблять дві або декілька станцій між сусідніми пікетами.

При нівелюванні на крутому і однорідному схилі може трапитися, що візирний промінь буде нижче або вище нівелірних рейок. У таких випадках замість однієї станції роблять дві або декілька станцій із додатковими зв'язковими точками, які називаються «іксовими» точками (наприклад, X, X1, X2 і т. д.).

Для того щоб отримати дані про профіль місцевості в напрямку, перпендикулярному до напрямку магістралі, здійснюють нівелювання поперечних профілів. Якщо дозволяють умови місцевості, то всі точки на поперечних профілях нівелюють як проміжні точки. В умовах місцевості, які не дозволяють виконати одночасне нівелювання пікетів і проміжних точок поперечних профілів, точки на цих поперечних профілях нівелюють із кількох станцій, як з нівелірного ходу, який прив'язаний до зв'язкових точок магістралі.

Журнал технічного нівелювання. При нівелюванні магістралі ведуть журнал технічного нівелювання (табл. 4.1). Журнал є документом строго обліку. Сторінки в журналі повинні бути пронумеровані та завізовані керівником робіт. Результати вимірювань записують простим олівцем. Всі записи ведуть чітким шрифтом. Помилкові записи закреслюють, а всі забраковані вимірювання виконують заново, обов'язково вказуючи причину повторних вимірювань.

На всіх сторінках запису ходу в графі (стовпчику) **1** вказують номери станцій (стоянок) приладу, а у графі **2** зазначають всі зв'язкові точки (номери пікетів, позначення і номери іксових точок) та проміжні (плюсові) точки, а також точки на поперечних профілях та їх порядкові номери. Крім того, на першій і останній сторінках журналу або на початку та в кінці першої сторінки, якщо весь запис розміщується на одній сторінці, у графі **2** вказують номери (назви або позначення) початкового і кінцевого реперів нівелірного ходу, до яких здійснена прив'язка магістралі.

У графі **10** (останній стовпчик журналу) вказуються різні важливі примітки, а також можуть розміщуватися замальовки реперів і урізних кілків та вказуватися позначення зв'язкових точок на станціях і відстані від задньої точки до інших точок на кожній станції.

Таблиця 4.1 – Журнал технічного нівелювання магістралі

Хід: від репера РП57 до репера РП58 Дата: 11.03.2020 р. Початок: 08 год. 15 хв. Кінець: 14 год. 30 хв.
 Нівелір: Н-10КЛ Завод. номер: 9326 Рейка: РН-3-3000С Початок відліку червоної сторони рейки, мм: 4785
 Погода: ясно, безвітряно Зображення: спокійне Обробив: Іванов П.О.

Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Виміряні перевищення та розбіжність між ними, мм	Поправка, середнє та виправлене перевищення, мм	Горизонт (висота) приладу, м БС (абс., умов.)	Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1	РП57	2481 (<i>a_b</i>)	0519 (<i>b_b</i>)		1962 (<i>h_b</i>)	0 (Δh)		44,063 (<i>H_A</i>)	РП57
	X1	7266 (<i>a_r</i>)	5304 (<i>b_r</i>)		1962 (<i>h_r</i>)	1962 (<i>h_c</i>)		46,025 (<i>H_B</i>)	X1
		4785 (<i>a_d</i>)	4785 (<i>b_d</i>)		0 (Δn)	1962 (<i>h_b</i>)			50,00
2	X1	2147	0854		1293	0		46,025	X1
	Пк0	6933	5638		1295	1294		47,319	Пк0
		4786	4784		-2	1294			50,00
3	Пк0	1047	1953		-906	-1		47,319	Пк0
	Пк1	5834	6736		-902	-904		46,414	Пк1
		4787	4783		-4	-905			100,00
4	Пк1	0238	2763		-2525	-1		46,414	Пк1
	Пк2	5022	7549		-2527	-2526		43,887	Пк2
		4784	4786		2	-2527			100,00
5	Пк2	1954	1046		908	-1		43,887	Пк2
	Пк3	6738	5833		905	906	45,840 (<i>H_I</i>)	44,792	Пк3
		4784	4787		3	905			100,00
	+41			2728 (<i>d₁</i>)				43,112 (<i>H_{D1}</i>)	41,00
	+63			2728 (<i>d₂</i>)				43,112 (<i>H_{D2}</i>)	63,00

Продовження табл. 4.1

Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Виміряні перевищення та розбіжність між ними, мм	Поправка, середнє та виправлене перевищення, мм	Горизонт (висота) приладу, м БС (абс., умов.)	Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
6	Пк3	1637	1363		274	-1		44,792	Пк3
	Пк4	6423	6147		276	275	46,429	45,066	Пк4
		4786	4784		-2	274			100,00
	+25-Поп.1			1418				45,011	25,00
	Поп.1-Л6			2417				44,012	
	Поп.1-П7			2410				44,019	
7	Пк4	2738	0263		2475	-1		45,066	Пк4
	РП58	7523	5047		2476	2476		47,541	РП58
		4785	4784		-1	2475			100,00
Загальний контроль:		57981 (Σa)	51015 (Σb)		6966 ($\Sigma h_b + \Sigma h_r$)	3483 (Σh_c)			
		6966 ($\Sigma a - \Sigma b$)				3478 (Σh_b)		3478 (Σh_r)	
			<i>L</i> , км:	0,600	$\pm f_{h_{зр}}$, мм:	39	$f_{h_{np}}$, мм:	5	

4.1.2 Пояснення щодо заповнення та обробки журналу технічного нівелювання магістралі

Робота, пов'язана з обробкою результатів нівелювання, виконується в наступній послідовності: 1) заповнюють журнал нівелювання магістралі (з контролем правильності зняття відліків з кожної рейки); 2) обчислюють перевищення між зв'язковими точками ходу (з обов'язковим загальним контролем); 3) виконують ув'язку перевищень між зв'язковими точками ходу; 4) обчислюють позначки зв'язкових точок ходу; 5) розраховують позначки проміжних точок ходу; 6) виконують креслення повздовжнього профілю магістралі технічного нівелювання.

При технічному нівелюванні магістралі способом «з середини» всі результати вимірів вносять у «Журнал технічного нівелювання магістралі» (за формою табл. 4.1).

В прикладі, показаному в табл. 4.1, представлені результати нівелювання магістралі, розміщеної між ґрунтовими реперами РП57 та РП58. Дане нівелювання виконувалось за допомогою технічного нівеліра з компенсатором кутів нахилу Н-10КЛ (заводський номер: 9326) та з використанням однієї двосторонньої рейки нівелірної РН-3-3000С. Цю інформацію, а також відомості про дату, час початку і кінця нівелювання, стан погоди, якість зображення рейок у період нівелювання, номінальне значення «п'ятки» червоної сторони рейки та дані про виконавця робіт, обов'язково вказують у журналі технічного нівелювання (див. табл. 4.1).

При технічному нівелюванні магістралі способом «з середини» на кожній станції нівелір встановлюють на рівному віддаленні від задньої та передньої точок, приводять його в робочий стан, роблять відліки лише по середній нитці сітки ниток та, не йдучи зі станції, починають обробку результатів нівелювання. Порядок дій, пов'язаний із зняттям відліків з рейок і обробкою результатів нівелювання на станціях, описаний нижче.

1. На станції (стоянці) **1** наводять зорову трубу на нівелірну рейку, встановлену на задній точці **РП57**, та по чергово беруть відліки за чорною 2481 мм (**a_b**) і червоною 7266 мм (**a_r**) сторонами рейки і вносять у графу **3**. Якщо нівелювання виконується нівеліром без компенсатору кутів нахилу (наприклад, Н-3), то перед зняттям кожного відліку треба обертанням елевачійного гвинта привести бульбашку циліндричного рівня в контакт.

2. Для контролю правильності зняття відліків з рейки, обчислюють (у графі **3**) значення «п'ятки» червоної сторони рейки 4785 мм (**π_a**), яке не повинно відрізнятися від номіналу більш ніж на ± 5 мм. В даному прикладі номінал «п'ятки» червоної сторони рейки становить **4785** мм, тому обчислене значення «п'ятки» має бути в межах від 4780 до 4790 мм. Якщо обчислене значення «п'ятки» червоної сторони рейки відрізняється від номіналу більш ніж на ± 5 мм, то вимірювання (зняття відліків) повторюють.

3. Переставляють рейку на передню точку X1. Так звані «іксові» точки, як і пікетні точки, також належать до зв'язкових точок. Їх вводять, головним чином, на крутих і однорідних схилах з великими нахилами, якщо нівелювання з однієї станції неможливе, тому що візирний промінь буде вище чи нижче рейки. У таких випадках, замість однієї роблять дві або декілька станцій між сусідніми пікетами (як, наприклад, між Пк0 та Пк1) з додатковими («іксовими») зв'язковими точками.

4. Наводять зорову трубу нівеліра на рейку, встановлену на передній точці X1, та почергово беруть відліки за чорною 0519 мм (b_b) і червоною 5304 мм (b_r) сторонами рейки і вносять у графу 4.

5. Для контролю правильності зняття відліків з рейки обчислюють (у графі 4) значення «п'ятки» червоної сторони рейки 4785 мм (π_b), яке також не повинно відрізнятись від номіналу більш ніж на ± 5 мм.

6. За відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейки, визначають (у графі 6) перевищення між задньою та передньою точками на станції 1: $h_b = a_b - b_b = 2481 - 0519 = 1962$ мм, $h_r = a_r - b_r = 7266 - 5304 = 1962$ мм.

7. З використанням обчислених значень «п'ятки» червоної сторони рейки на задній та передній точках оцінюють (у графі 6) розбіжність між перевищеннями ($\Delta\pi$), визначених за відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейки: $\Delta\pi = \pi_b - \pi_a = 4785 - 4785 = 0$ мм. Величина розбіжності $\Delta\pi$ має бути в межах ± 5 мм. Якщо $\Delta\pi$ перевищує ± 5 мм, то необхідно перевірити розрахунки та/або здійснити повторні вимірювання на точках.

8. Обчислюють (у графі 7) середнє перевищення (h_c) між задньою та передньою точками: $h_c = (h_b + h_r) / 2 = (1962 + 1962) / 2 = 1962$ мм. Обчислення h_c виконують з точністю до 1 мм. Якщо при обчисленні, буде дробове число (кратне 0,5), то його потрібно округлити до цілого числа, використовуючи спосіб округлення «у бік парного числа» (наприклад, якщо отримане дробове число 1962,5 мм, то його округляють до цілого числа 1962 мм, а якщо 1967,5 мм, то його округляють до 1968 мм).

Порядок дій на всіх наступних станціях нівелювання зв'язкових точок магістралі, повністю відповідає діям, переліченим у пунктах 1-8.

9. Результати нівелювання проміжних точок +41 ($d_1 = 2728$ мм) та +63 ($d_2 = 2728$ мм) на станції 5, а також трьох точок на поперечнику № 1: +25-Поп.1 (1418 мм), Поп.1-Л6 (2417 мм) і Поп.1-П7 (2410 мм) на станції 6 записують у графу 5.

10. Перед визначенням перевищень між точками магістралі, на кожній сторінці та в кінці журналу технічного нівелювання обов'язково здійснюють загальний контроль. Для цього підсумовують відліки з задніх ($\Sigma a = 57981$ мм) та передніх ($\Sigma b = 51015$ мм) рейок і знаходять різницю між ними ($\Sigma a - \Sigma b = 57981 - 51015 = 6966$ мм). Величина цієї різниці має дорівнювати сумі перевищень, визначених за відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейок ($\Sigma h_b + \Sigma h_r = 6966$ мм). Отримане значення повинне бути у два рази більше ніж сума всіх середніх перевищень ($\Sigma h_c = 3483$ мм).

В останньому випадку можливе відхилення на 1-2 мм за рахунок похибок, які виникають при округленні середніх значень перевищень.

11. Для ув'язки ходу (шляхом введення поправок до перевищень) спочатку обчислюється теоретичне перевищення нівелірного ходу (Σh_T), як різниця висот (в мм) кінцевого ($H_{кін} = H_{РП58} = 47,541$ м БС) та початкового ($H_{поч} = H_{РП57} = 44,063$ м БС) реперів, між якими прокладений хід, тобто:

$$\Sigma h_T = H_{кін} - H_{поч} = 47,541 - 44,063 = 3,478 \text{ м} = 3478 \text{ мм.} \quad (4.1)$$

Для замкненого нівелірного ходу $\Sigma h_T = 0$ мм.

12. Через неминучі похибки в перевищеннях для ходу, прокладеного між реперами, буде отримана нев'язка $f_{h_{np}}$, яка обчислюється за формулою

$$f_{h_{np}} = \Sigma h_c - \Sigma h_T = 3483 - 3478 = 5 \text{ мм.} \quad (4.2)$$

Для замкненого нівелірного ходу $f_{h_{np}} = \Sigma h_c$.

13. Гранична похибка $f_{h_{zp}}$ (в мм) залежить від довжини нівелірного ходу (L , км) та визначається за формулою

$$f_{h_{zp}} = \pm 50 \cdot L^{0,5} = \pm 50 \cdot 0,600^{0,5} = \pm 39 \text{ мм.} \quad (4.3)$$

У випадках, якщо кількість станцій (n) на 1 км ходу перевищує 25, то граничну похибку визначають за наступною формулою

$$f_{h_{zp}} = \pm 10 \cdot n^{0,5} = \pm 10 \cdot 7^{0,5} = \pm 26 \text{ мм.} \quad (4.4)$$

Якщо практична нев'язка $f_{h_{np}}$ є в межах граничної похибки $f_{h_{zp}}$, тобто $f_{h_{np}} \leq f_{h_{zp}}$ (5 мм < 39 мм), то така нев'язка може бути розподілена між всіма середніми перевищеннями h_c нівелірного ходу.

14. Для середніх перевищень h_c обчислюються поправки Δh , сума яких повинна дорівнювати $f_{h_{np}}$. Поправки вводяться зі зворотним знаком (щодо знаку нев'язки) і записуються над значеннями середніх перевищень (в графу 7). Поправки для кожного перевищення визначають за формулою

$$\Delta h = -l \cdot f_{h_{np}} / L, \quad (4.5)$$

де l – відстань між зв'язковими точками (з графі 10), між якими визначені середні перевищення, км.

Поправки для середніх перевищень, визначених на станції 1 (між зв'язковими точками РП57 та Х1) і на станції 2 (між зв'язковими точками Х1 та Пк0) будуть дорівнювати: $\Delta h = -0,050 \cdot 5 / 0,600 = 0$ мм.

Поправки для середніх перевищень, визначених на станціях 3-7 (між відповідними точками) будуть дорівнювати: $\Delta h = -0,100 \cdot 5 / 0,600 = -1$ мм.

15. Виправлені перевищення визначають за формулою

$$h_b = h_c + \Delta h. \quad (4.6)$$

Виправлені перевищення записуються під рискою нижче обчислених середніх перевищень (в графу 7). Сума виправлених перевищень усього ходу ($\Sigma h_b = 3478$ мм) повинна дорівнювати теоретичній сумі перевищень ($\Sigma h_T = 3478$ мм), тобто: $\Sigma h_T = \Sigma h_b = 3478$ мм.

16. При відомій позначці задньої точки H_A , обчислення (в графі 9) позначки передньої точки H_B виконують шляхом додавання виправленого перевищення h_b між цими зв'язковими точками (в метрах), а саме:

$$H_B = H_A + h_b. \quad (4.7)$$

Обчислення позначок (висот) суміжних зв'язкових точок починають від вихідної позначки початкового репера РП57. Записавши її у перший рядок графі 9 і додавши до неї перше виправлене перевищення (з графі 6), отримують позначку точки X1, яку записують у другий рядок графі 9. До позначки точки X1 додають друге виправлене перевищення (з графі 6), щоб одержати позначку точки Пк0 і т. д. **Обчислення позначок точок ведеться в метрах, тому виправлені перевищення треба переводити з міліметрів у метри!** Кожна, обчислена позначка точки, крім першої та останньої, записується двічі: перший раз – як обчислена позначка передньої суміжної зв'язкової точки попередньої станції; другий раз – як вихідна позначка задньої суміжної зв'язкової точки наступної станції.

17. Одержавши позначку кінцевого репера треба перевірити збіг її величини з вихідною позначкою даного репера. Якщо журнал має кілька сторінок, то контроль позначки останньої суміжної точки кожної сторінки виконується шляхом додавання до вихідної позначки початкової точки сторінки суми виправлених перевищень на сторінці.

18. Для обчислення позначок всіх проміжних («плюсових») точок нівелірного ходу визначають (у графі 8) горизонт приладу або висоту інструмента (H_I), тобто позначку візирного променя, яка дорівнює:

$$H_I = H_A + a_b = H_B + b_b = (H_A + H_B + a_b + b_b)/2. \quad (4.8)$$

Наприклад, горизонт приладу або висота інструмента (в метрах) на станції 5 дорівнює: $H_I = (43,887 + 44,792 + 1,954 + 1,046)/2 = 45,840$ м БС.

19. Для визначення позначок проміжних точок обчислюють різниці між горизонтом приладу та відліками, знятими на станції з чорних сторін рейки, встановленої на цих точках, тобто:

$$H_D = H_I - d. \quad (4.9)$$

Наприклад, позначка проміжної («плюсової») точки +41 на станції **5** дорівнює: $H_{D1} = H_I - d_1 = 45,840 - 2,728 = 43,112$ м БС.

Всі позначки проміжних точок вносять у відповідні рядки графі **9** журналу технічного нівелювання (табл. 4.1).

20. Після завершення обробки журнал технічного нівелювання магістралі (табл. 4.1) виконують креслення повздовжнього профілю магістралі технічного нівелювання (за формою рис. 4.4).

Повздовжній профіль технічного нівелювання магістралі креслять на одному аркуші міліметрового паперу формату А4, заздалегідь вибравши горизонтальний (**Мг**) і вертикальний (**Мв**) масштаби та значення умовного горизонту. Умовний горизонт – це найнижча позначка вертикальної шкали, яка є дещо нижчою найнижчої позначки точки профілю.

Горизонтальний і вертикальний масштаби та значення умовного горизонту обирають таким чином, щоб креслення було компактным та вміщалося на один аркуш обраного формату.

Слід зазначити, що для наочності вираження рельєфу вертикальний масштаб необхідно обирати не менш ніж в 10 разів крупнішим, ніж горизонтальний (наприклад, **Мв 1:100 Мг 1:1000** або **Мв 1:200 Мг 1:5000**).

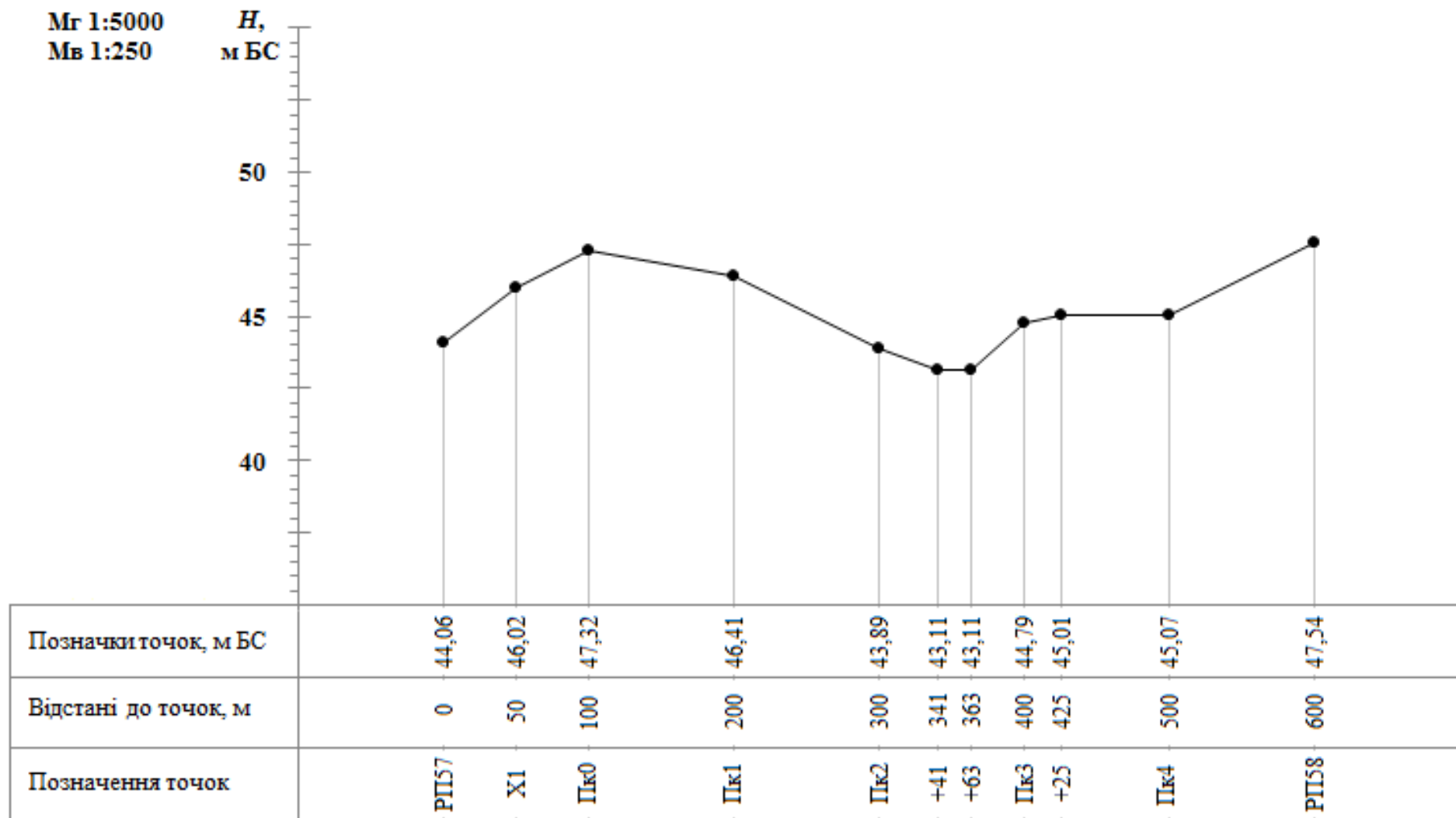


Рис. 4.4 – Поздовжній профіль магістралі технічного нівелювання

4.2 Практична частина до лабораторної роботи № 7

Завдання 1. З використанням вихідних даних (**Додаток Д, табл. Д.1**) **самостійно** здійсніть заповнення даними (згідно свого варіанту) та обробку журналу технічного нівелювання магістралі (за формою табл. 4.1).

Завдання 2. З використанням власних результатів обробки журналу технічного нівелювання магістралі, отриманих у попередньому завданні, **самостійно** виконайте креслення повздовжнього профілю магістралі технічного нівелювання (за формою рис. 4.4).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять (або самостійно)** ознайомтесь з комп'ютерним програмним забезпеченням для автоматичної обробки журналу технічного нівелювання магістралі (за формою табл. 4.1), а також в усній формі опишіть послідовність заповнення даними та обробки даного журналу і креслення повздовжнього профілю магістралі.

4.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 7

Для самостійної перевірки засвоєння змісту лабораторної роботи та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

- 1.** Що таке магістраль та з якою метою виконують її нівелювання?
- 2.** Які підготовчі роботи здійснюють перед тим як почати технічне нівелювання магістралі та що таке пікетажний журнал (або книжка)?
- 3.** Що таке пікет і як позначаються пікетні точки на місцевості та які види точок розрізняють при технічному нівелюванні магістралі?
- 4.** В якій послідовності виконується робота, пов'язана з обробкою результатів технічного нівелювання магістралі?
- 5.** По яких нитках сітки ниток роблять відліки при виконанні технічного нівелювання та який порядок дій, пов'язаний із зняттям відліків з рейок і обробкою результатів нівелювання магістралі на станціях?
- 6.** Які відомості та іншу важливу інформацію обов'язково вказують у верхній частині (або на початку) журналу технічного нівелювання?
- 7.** З якою метою і яким чином здійснюються посторінковий та загальний контроль під час обробки журналу технічного нівелювання магістралі?
- 8.** Від чого залежить виникнення практичної нев'язки при технічному нівелюванні магістралі, як її визначають та за якої умови і яким чином вона може бути розподілена між всіма перевищеннями нівелірного ходу?
- 9.** Що таке горизонт приладу (або висота інструмента) та як і навіщо визначають цю величину?
- 10.** На якому етапі обробки журналу технічного нівелювання виконують креслення повздовжнього профілю магістралі та як і для чого будують даний графік?

5 Індивідуальне завдання до лабораторної роботи. Побудова плану території в горизонталях і рішення задач по заданому ухилу

5.1 Теоретична частина до індивідуального завдання

5.1.1 Побудова плану території в горизонталях

На топографічних планах та картах рельєф території (місцевості) зображають за допомогою ліній, проведених через точки з рівними (однаковими) позначками (висотами), які мають назву – *горизонталі*.

Різниця висот між горизонталями – це *висота перерізу рельєфу $h_{пер}$* .

Відстань між горизонталями – це *закладення горизонталей d* .

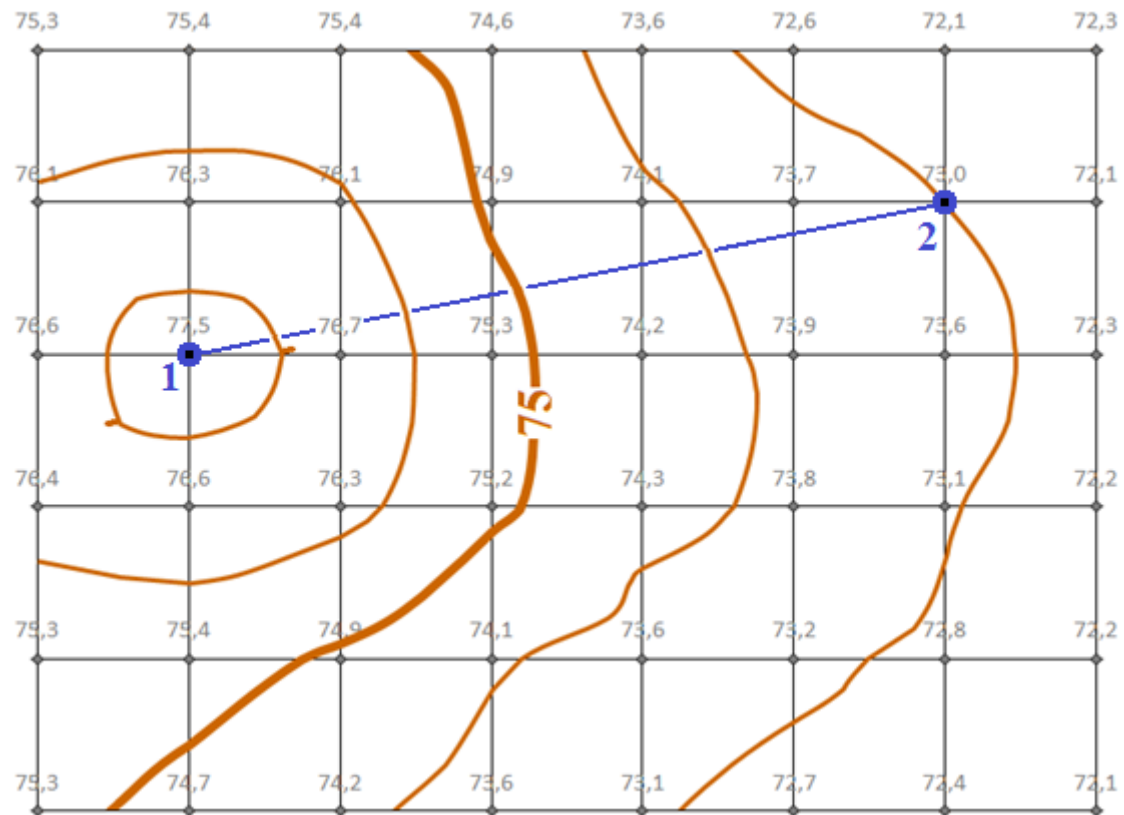
На планах (картах) горизонталі проводять плавними безперервними лініями **коричневого** кольору (або кольору **паленої сієни**), а кожен п'яту горизонталь кратну $5 \cdot h_{пер}$ проводять **стовщеною** і підписують значенням її позначки у потрібній системі висот (Балтійській, абсолютній або умовній), що прискорює та полегшує визначення висот точок на плані (карті).

Вихідними даними для побудови плану території в горизонталях є результати нівелювання ділянки місцевості, яке може бути виконане одним з перелічених далі способів: 1) способом нівелювання паралельних ліній; 2) способом нівелювання полігонів; 3) способом нівелювання створів; 4) способом полярного нівелювання; 5) способом нівелювання по квадратах.

Всі перелічені способи ґрунтовно описані в багатьох підручниках, навчальних посібниках й іншій навчально-методичній літературі з геодезії.

Останній з перелічених способів (спосіб нівелювання по квадратах) є найбільш об'єктивним та широко застосовується якщо потрібна точна висотна характеристика великих і невеликих відкритих ділянок місцевості з відносно плоским рельєфом, у тому числі для спеціальних досліджень (наприклад, при вивченні поверхневого або схилового стоку, сніжного покриву та в інших випадках). Розміри розбитих на місцевості квадратів (від 10×10 м до 100×100 м) залежать від характеру рельєфу території, заданої висоти його перерізу, площі ділянки і призначення плану, який складається після нівелювання. Чим дрібнішими є форми рельєфу ділянки нівелювання, тим меншими повинні бути сторони квадратів. Відліки, зняті з нівелірних рейок, при нівелюванні вершин квадратів, записують у спеціальний журнал-бланк, який має вигляд накресленої сітки квадратів. Висоти всіх вершин квадратів визначаються як позначки проміжних точок, тобто через горизонт приладу (висоту інструмента).

Обчислені позначки (висоти) точок нівелювання території записують над відповідними вершинами сітки квадратів для подальшого визначення положення горизонталей на плані ділянки місцевості (рис. 5.1).



1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. 5.1 – План території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

Побудова плану території в горизонталях починається з креслення сітки квадратів, у вершинах яких записують визначені під час нівелювання позначки (висоти) поверхні землі (рис. 5.1).

Далі на кожній стороні квадрата, а також, за можливості, між їхніми вершинами, визначають положення горизонталей з позначками, кратними висоті перерізу рельєфу. Якщо задана висота перерізу дорівнює $h_{пер} = 1$ м, то позначки горизонталей будуть кратними 1, наприклад: 77, 76, 75 м, а якщо $h_{пер} = 2$ м, то позначки будуть кратними 2, наприклад: 76, 74, 72 м).

Положення горизонталей визначається методом лінійної інтерполяції аналітичним або графічним способами. Аналітичний спосіб пов'язаний з використанням формул, а графічний – з використанням міліметрового паперу чи кальки (прозорого паперу або пластику). Незалежно від способу здійснення інтерполяції, між вершинами квадратів визначають наступне:

- 1) позначки (висоти) горизонталей на лініях інтерполяції;
- 2) положення горизонталей між вершинами квадратів (або на них).

Аналітичний спосіб визначення положення горизонталей.

Якщо, наприклад, сторона квадрату складає $S = 4,00$ см, а її вершини дорівнюють висотам $H_{в.1} = 75,7$ м та $H_{в.2} = 72,5$ м (рис. 5.2), то положення горизонталей на цій стороні визначають за етапами, описаними нижче.

1. Визначають позначки та кількість горизонталей, які пройдуть між цими вершинами квадрату (при заданій висоті перерізу рельєфу $h_{пер} = 1$ м):

$$H_{г.1} = 75 \text{ м}, H_{г.2} = 74 \text{ м}, H_{г.3} = 73 \text{ м} \text{ – всього три горизонталі.}$$

2. Обчислюють різницю висот (перевищення) між цими вершинами:

$$\Delta h_{в.1-в.2} = H_{в.1} - H_{в.2} = 75,7 - 72,5 = 3,2 \text{ м.}$$

3. Розраховують закладення горизонталей для цієї сторони квадрату:

$$d_{в.1-в.2} = S / \Delta h_{г.1-г.2} = 4,0 \text{ см} / 3,2 \text{ м} = 1,25 \text{ см/м.}$$

4. Визначають відстані $a_{в.1-г.1}$ та $a_{в.2-г.3}$ від вершин цієї сторони квадрату до двох найближчих горизонталей, тобто з висотами $H_{г.1}$ та $H_{г.3}$:

$$a_{в.1-г.1} = (H_{в.1} - H_{г.1}) \cdot d_{в.1-в.2} = (75,7 \text{ м} - 75,0 \text{ м}) \cdot 1,25 \text{ см} \approx 0,88 \text{ см};$$

$$a_{в.2-г.3} = (H_{г.3} - H_{в.2}) \cdot d_{в.1-в.2} = (73,0 \text{ м} - 72,5 \text{ м}) \cdot 1,25 \text{ см} \approx 0,62 \text{ см.}$$

5. Обчислюють відстані від горизонталі $H_{г.2}$ до сусідніх (суміжних) горизонталей $H_{г.1}$ та $H_{г.3}$, які є однаковими:

$$a_{г.2-г.1} = a_{г.2-г.3} = d_{в.1-в.2} \cdot h_{пер} = 1,25 \text{ см/м} \cdot 1 \text{ м} = 1,25 \text{ см.}$$

6. Після розрахунків відстаней від вершин квадрату до горизонталей, обов'язково здійснюють контроль збереження розміру сторони квадрата:

$$S_{контр} = a_{в.1-г.1} + a_{в.2-г.3} + a_{г.2-г.1} + a_{г.2-г.3} = 0,88 + 0,62 + 1,25 + 1,25 = 4,00 \text{ м.}$$

У даному прикладі: $S_{контр} = S = 4,00$ м, тобто розрахунок відстаней від вершин квадрата до відповідних горизонталей виконано вірно.

7. За допомогою простого олівця позначають місця проходження горизонталей на стороні квадрату та поряд записують їх висоти (рис. 5.2).

Такі ж самі поетапні дії під час аналітичної інтерполяції виконують при визначенні положення горизонталей між іншими вершинами квадратів!

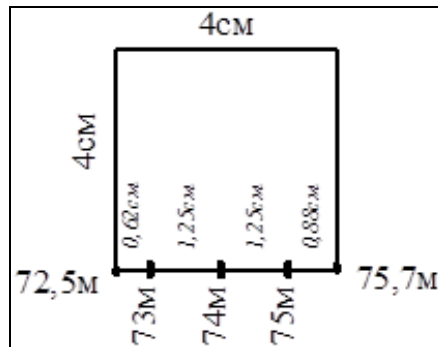


Рис. 5.2 – Положення горизонталей між двома вершинами квадрату, визначених при побудові плану території в горизонталях

Графічний спосіб визначення положення горизонталей.

Графічна інтерполяція може бути виконана за допомогою лінійчатої палетки, зробленої на кальці, за етапами описаними нижче.

Лінійчата палетка – це сімейство горизонтальних (паралельних) ліній, проведених через рівні відстані та підписаних значеннями висот, які відповідають необхідному діапазону висот (визначених при нівелюванні).

1. Викреслюють через однакові (рівні) відстані горизонтальні лінії та підписують їх значеннями діапазону висот даного плану (кратними $h_{пер}$).

2. Накладають кальку на сторону квадрата (лінію інтерполяції) так, щоб висоти вершин квадратів співпадали з такими ж висотами на палетці.

3. За допомогою шпильки (голки) місця перетину сторони квадрата з лініями палетки наколюють на план і підписують.

Такі ж самі поетапні дії під час графічної інтерполяції виконують при визначенні положення горизонталей між іншими вершинами квадратів!

Після виконання всіх етапів графічної або аналітичної інтерполяції, точки з рівними висотами з'єднують плавними лініями (горизонталями) коричневого кольору. Робочі підписи на сторонах квадратів видаляють, а кожен п'яту горизонталь кратну $5 \cdot h_{пер}$ проводять **стовщеною** і підписують значенням її позначки у Балтійській системі висот (рис. 5.1).

При проведенні горизонталей слід враховувати такі їх властивості:

- 1)** горизонталі не можуть перетинатися між собою;
- 2)** вони створюють точки з однаковими (рівними) висотами і завжди є замкнутими лініями;
- 3)** чим менше відстань між сусідніми (суміжними) горизонталями на плані (карті), яку називають *закладення схилу*, тим крутіше схил;
- 4)** лінії вододілу та водозливу горизонталі перетинають тільки під прямим кутом;
- 5)** найкоротша відстань між горизонталями відповідає напрямку найбільшої крутизни схилу;
- 6)** горизонталі, які зображують похилу площину (територію), мають вид паралельних ліній.

Слід зазначити, що для полегшення розпізнавання деяких додатних (наприклад, пагорбів) та від'ємних (наприклад, западин) форм рельєфу на окремих горизонталях проводять короткі (перпендикулярні) штрихи (*бергштрихи*) – так звані вказівники напрямку схилу, які спрямовані в сторону пониження схилу. Крім того, штучні форми рельєфу (наприклад, насипи, ями й інші) зображують на планах і картах чорним кольором.

5.1.2 Рішення задач по заданому ухилу за допомогою горизонталей на плані

Міру підвищення або пониження ліній місцевості характеризують кутами нахилу ліній ν або уклонами i .

Кут нахилу лінії ν виражають в кутовій мірі ($^\circ$) та використовують для характеристики *крутості схилу* даної лінії місцевості.

Ухил лінії i – це тангенс кута нахилу лінії (крутості схилу), який може бути виражений наступними значеннями: безрозмірною величиною (в частках від одиниці), в процентах (%) та в проміле (‰).

Для визначення між двома заданими точками лінії місцевості, наприклад, 1 та 2, середніх значень крутості схилу ν_{1-2} та ухилу лінії i_{1-2} використовують перевищення Δh_{1-2} і відстань l_{1-2} між цими точками.

Крутість схилу ν_{1-2} між двома заданими точками лінії місцевості визначають (з точністю до $0,1^\circ$) за формулою

$$\nu_{1-2} = \arctg(\Delta h_{1-2}/l_{1-2}) = 57,3^\circ \cdot (\Delta h_{1-2}/l_{1-2}). \quad (5.1)$$

Ухил лінії i_{1-2} між двома заданими точками місцевості визначають за формулами

$$i_{1-2} = \tg(\nu_{1-2}) = \Delta h_{1-2}/l_{1-2} - \text{безрозмірна величина}, \quad (5.2)$$

$$i_{1-2} = 100 \cdot \tg(\nu_{1-2}) = 100 \cdot \Delta h_{1-2}/l_{1-2} - \text{в процентах, \%}, \quad (5.3)$$

$$i_{1-2} = 1000 \cdot \tg(\nu_{1-2}) = 1000 \cdot \Delta h_{1-2}/l_{1-2} - \text{в проміле, \text{‰}}. \quad (5.4)$$

Перевищення Δh_{1-2} між двома заданими точками лінії місцевості з позначками H_1 та H_2 знаходять за різницею їх позначок з вказівкою знаку перевищення, тобто:

$$\Delta h_{1-2} = H_1 - H_2. \quad (5.5)$$

Якщо точка знаходиться на горизонталі, то її позначка H дорівнює позначці горизонталі H_r .

Якщо ж точка знаходиться між горизонталями, то її позначка H визначається за наступним алгоритмом:

1) через точку проводять пряму, що з'єднує її найкоротшим шляхом з двома сусідніми горизонталями;

2) з точністю до 0,1 мм визначають закладення d та відстань a від цієї точки до горизонталі, розташованої за висотою нижче точки;

3) з урахуванням висоти перерізу рельєфу $h_{пер}$ плану (або карти) обчислюють перевищення точки Δh над цією горизонталлю

$$\Delta h = a \cdot h_{пер} / d, \quad (5.6)$$

4) визначають позначку H точки

$$H = H_r + \Delta h, \quad (5.7)$$

де H_r – позначка горизонталі, розташованої за висотою нижче точки.

Для визначення максимальних значень крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості знаходять відрізок, де горизонталі розташовані найщільніше (тобто закладення горизонталей є мінімальним), а для визначення мінімальних значень – знаходять відрізок, де горизонталі розташовані найрідкіше (тобто закладення горизонталей є максимальним).

Результати визначення крутості схилів та ухилів ліній між заданими точками місцевості оформлюють за формою табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Журнал визначення середніх значень крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості

Позначення лінії	H_1 , м БС	H_2 , м БС	l_{1-2} , м	$\Delta h_{1,2}$, м	ν_{1-2} , °	i_{1-2} , ‰
1-2	77,5	73,0	204,0	4,5	1,3	22,1

Примітка:

позначення лінії, позначки та номери точок, відстань і перевищення між ними, а також результати визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості відповідають даним, які представлені на рис. 5.1.

5.2 Практична частина до індивідуального завдання

Завдання 1. З використанням вихідних даних згідно свого варіанту (Додаток Е, рис. Е.1-Е.10) **самостійно** побудуйте план території (ділянки місцевості) в горизонталях (за формою рис. 5.1). В залежності від обраного масштабу дане креслення може бути виконане на аркуші паперу формату А3 або А4. Дозволяється використання білого або міліметрового паперу та, як виключення, паперу в клітину (наприклад, аркуш з зошиту). Довжина (горизонтальне прокладення) сторони кожного квадрату дорівнює $S = 40$ м. Висота перерізу рельєфу дорівнює $h_{пер} = 1$ м. В залежності від формату взятого аркушу паперу рекомендується один з двох наступних масштабів: **1:1000** (в 1 сантиметрі 10 метрів) – для аркуша паперу формату А3, а також **1:2000** (в 1 сантиметрі 20 метрів) – для аркуша паперу формату А4.

Завдання 2. З використанням вихідних даних згідно свого варіанту (Додаток Е, рис. Е.1-Е.10) та власного плану території в горизонталях, побудованого у попередньому завданні, необхідно **самостійно** визначити середні значення крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими (**1** та **2**) точками місцевості (результати оформити за формою табл. 5.1).

Завдання 3. **Під час аудиторних занять (або самостійно)** ознайомтесь з комп'ютерним програмним забезпеченням для автоматичної побудови плану території (ділянки місцевості) в горизонталях і визначення крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості, а також в усній формі опишіть послідовність креслення плану (у т. ч., визначення положення горизонталей) та обчислення крутості схилів і ухилів ліній місцевості (середніх, максимальних та мінімальних).

5.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту індивідуального завдання

Для самостійної перевірки засвоєння змісту індивідуального завдання та успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, спробуйте дати усні відповіді на запитання, які наведені нижче.

- 1.** Що таке горизонталі, висота перерізу рельєфу та закладення горизонталей?
- 2.** Які способи нівелювання ділянки місцевості використовують в геодезії та для чого потрібні дані таких вимірювань?
- 3.** У чому полягає сутність та в яких випадках застосовується спосіб нівелювання території земної поверхні по квадратах?
- 4.** З яких креслень і записів починається побудова плану території в горизонталях та з чого складається і яким чином будується даний план?
- 5.** Який метод та які способи застосовують для точного визначення положення горизонталей під час побудови плану території в горизонталях і чим вони відрізняються?
- 6.** Що таке лінійчата палетка та для чого вона використовується при побудові плану території в горизонталях?
- 7.** На якому з етапів побудови плану території в горизонталях з'єднують точки з рівними висотами та яких вимог слід дотримуватися під час їх нанесення на даний план?
- 8.** Які властивості горизонталей слід враховувати при їх проведенні на плані чи карті та чому на окремих горизонталях проводять бергштрихи?
- 9.** Що таке крутість схилу й ухил лінії між точками місцевості та як вони визначаються?
- 10.** В якій послідовності та якими даними заповнюється журнал визначення крутості схилу й ухилу лінії між заданими точками місцевості?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гриб О. М., Гращенко Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «**Основи геодезії**» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 103 «Науки про Землю». Одеса: ОДЕКУ, 2020. 34 с.

2. Гриб О. М., Гращенко Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «**Основи геодезії**» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», освітня програма «Землеустрій та кадастр». Одеса: ОДЕКУ, 2020. 34 с.

3. Колодеєв Є. І. Основи геодезії: Конспект лекцій. Дніпропетровськ: Економіка, 2005. 107 с.

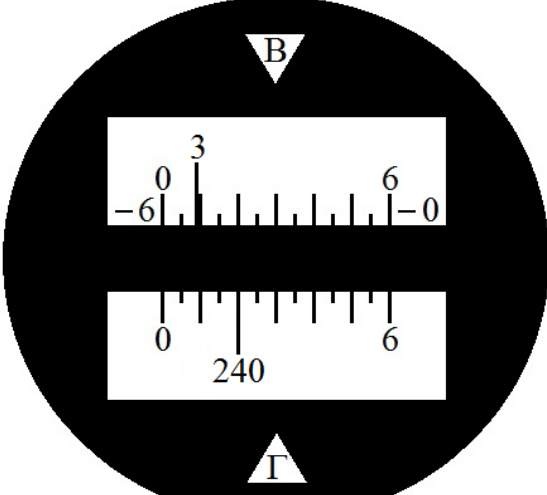
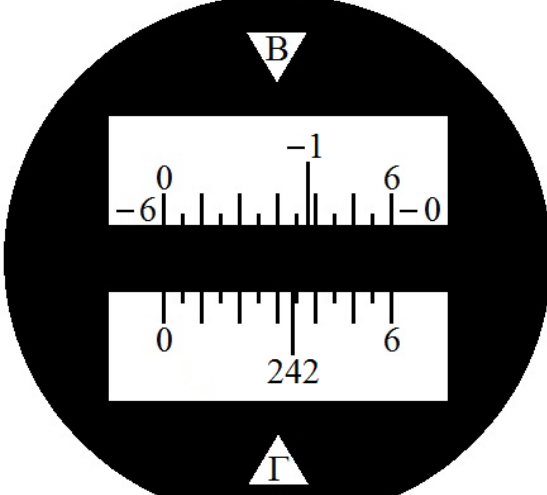
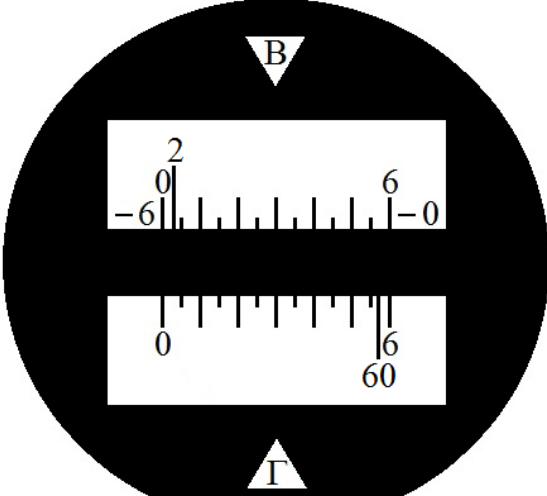
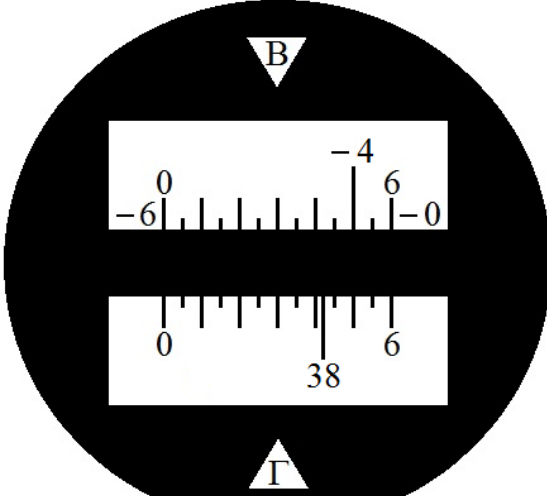
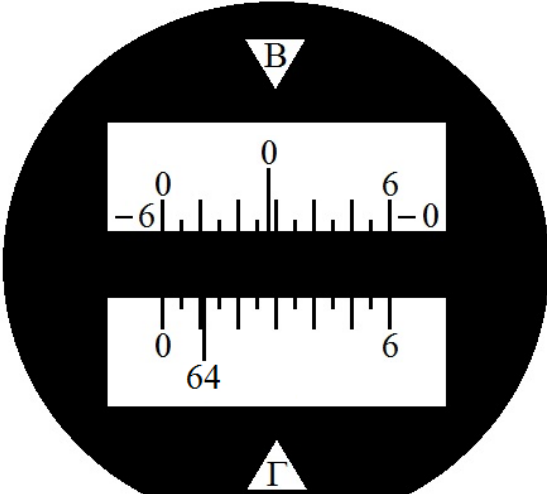
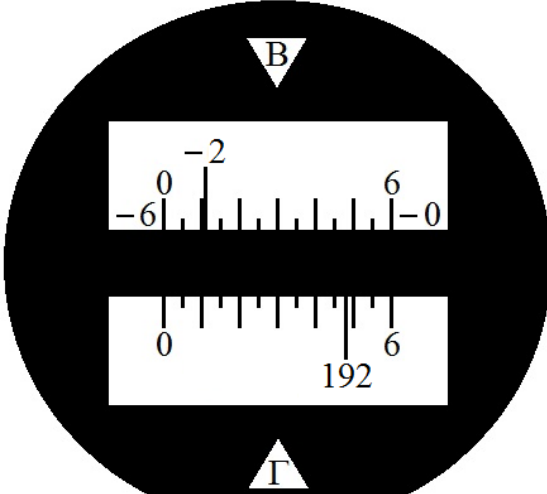
4. Колодеєв Є. І., Гриб О. М. Лабораторний практикум з геодезії: Навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2007. 68 с.

Додаток Б.

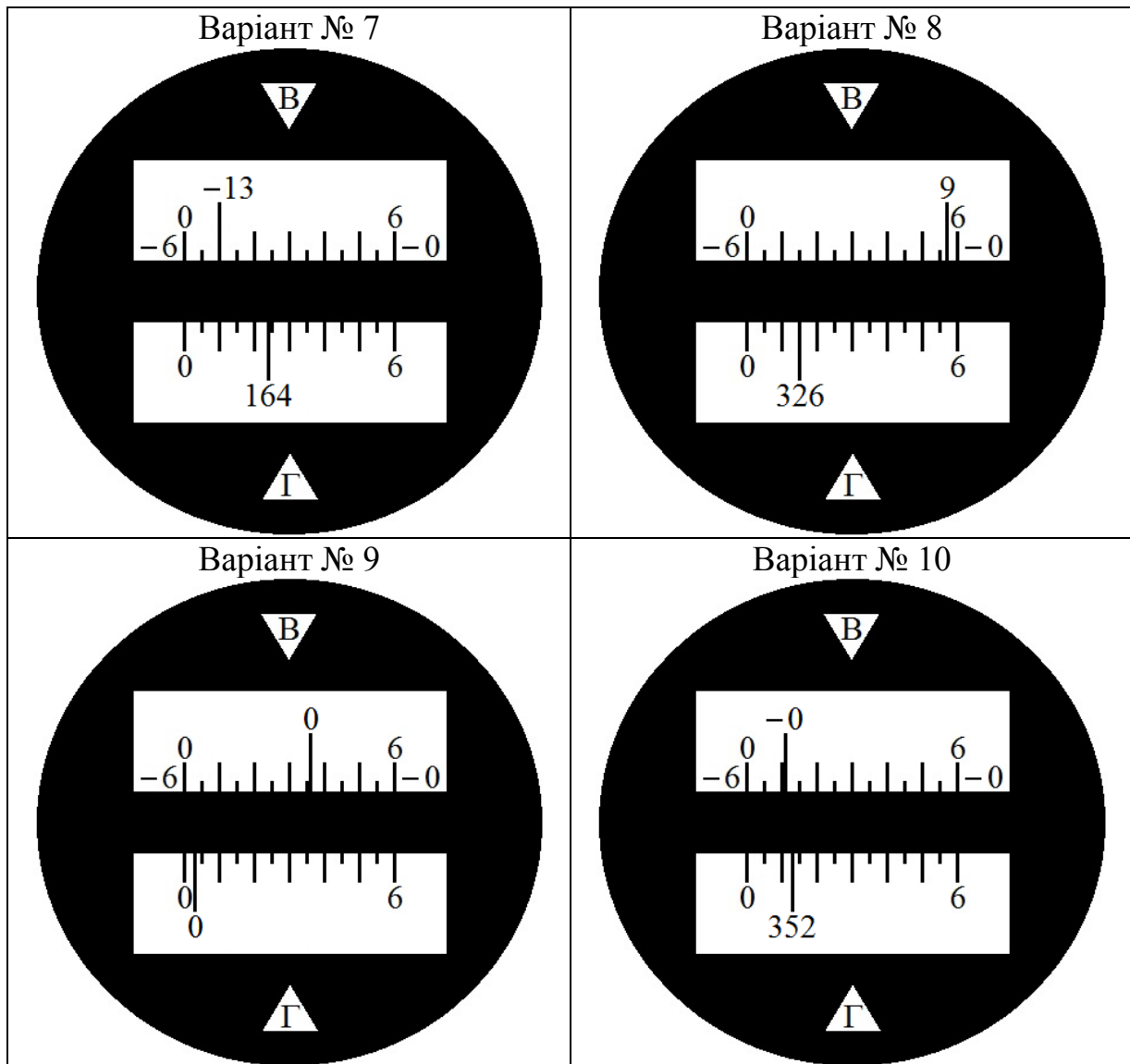
**Варіанти вихідних даних
до лабораторної роботи № 4**

*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
цифрі 0 відповідає варіант 10)*

Таблиця Б.1 – Варіанти вихідних даних до завдання 1 (поле зору відлікового мікроскопу теодоліту 2Т30П)

<p>Варіант № 1</p> 	<p>Варіант № 2</p> 
<p>Варіант № 3</p> 	<p>Варіант № 4</p> 
<p>Варіант № 5</p> 	<p>Варіант № 6</p> 

Продовження **табл. Б.1**



Примітка:

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

Таблиця Б.2 – Варіанти вихідних даних до завдання 2

Теодоліт: 2Т30П. Заводський номер: 17584. Спостерігав: _____

Станція	Пів-прийом	Точка візування		Відлік з лімба (за варіантами)									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
С	КП	Задня	<i>A</i>	83°46'	18°26'	164°21'	112°04'	136°38'	178°19'	75°58'	359°55'	5°38'	35°50'
		Передня	<i>B</i>	339°56'	254°58'	85°42'	22°05'	52°14'	84°47'	348°41'	239°56'	84°52'	9°32'
	КЛ	Задня	<i>A</i>	263°34'	198°26'	344°16'	292°34'	316°41'	358°13'	255°46'	179°39'	185°39'	215°50'
		Передня	<i>B</i>	159°44'	74°59'	265°35'	202°36'	232°18'	264°43'	168°30'	59°41'	264°51'	189°32'

Примітка:

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

Додаток В.

**Варіанти вихідних даних
до лабораторної роботи № 5**

*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
цифрі 0 відповідає варіант 10)*

Таблиця В.1 – Варіанти вихідних даних

Номера станцій, <i>i</i>	Вимірні кути		Дирекційний кут сторони 1-2, a_{1-2}		Напрями сторін, <i>j</i>	D_j , м	Координати станції 1, м			
	$\beta_{i \text{ вим}}$		°	'			°	'	X_1	Y_1
	°	'								
Варіант № 1										
1	102	17,0	234	28,0	1-2	149,64	1620,18	-1532,06		
2	103	52,0			2-3				150,00	
3	107	13,0			3-4				144,12	
4	106	13,5			4-5				125,03	
5	120	25,5			5-1				138,40	
Варіант № 2										
1	106	37,5	174	36,0	1-2	149,52	-1769,35	356,84		
2	105	4,0			2-3				140,34	
3	114	5,0			3-4				137,56	
4	107	46,5			4-5				145,39	
5	106	29,0			5-1				148,95	
Варіант № 3										
1	110	13,0	92	15,0	1-2	101,56	1938,55	-1668,22		
2	90	1,0			2-3				149,97	
3	100	17,5			3-4				82,99	
4	124	41,0			4-5				83,53	
5	114	46,5			5-1				112,73	

Продовження табл. В.1

Номера станцій, i	Вимірні кути		Дирекційний кут сторони 1-2, a_{1-2}		Напрями сторін, j	D_j , м	Координати станції 1, м			
	$\beta_{i \text{ вим}}$		°	'			°	'	X_1	Y_1
	°	'								
Варіант № 4										
1	105	16,0	133	12,0	1-2	108,00	-1540,03	205,21		
2	115	33,5			2-3	127,17				
3	115	21,0			3-4	94,84				
4	108	24,5			4-5	149,75				
5	95	23,0			5-1	140,60				
Варіант № 5										
1	99	58,0	182	15,0	1-2	149,57	251,17	-1972,32		
2	102	17,0			2-3	148,95				
3	99	12,5			3-4	149,02				
4	119	8,5			4-5	88,00				
5	119	25,0			5-1	146,39				
Варіант № 6										
1	97	42,0	199	5,0	1-2	124,92	-1216,66	1682,22		
2	130	6,5			2-3	102,46				
3	103	4,0			3-4	110,26				
4	106	32,5			4-5	149,68				
5	102	37,0			5-1	115,55				

Продовження табл. В.1

Номера станцій, i	Вимірні кути		Дирекційний кут сторони 1-2, a_{1-2}		Напрями сторін, j	D_j , м	Координати станції 1, м			
	$\beta_{i \text{ вим}}$		°	'			°	'	X_1	Y_1
	°	'								
Варіант № 7										
1	100	57,5	288	26,0	1-2	111,11	51,81	-1286,36		
2	112	23,0			2-3				145,59	
3	118	16,5			3-4				95,88	
4	103	1,0			4-5				148,83	
5	105	21,0			5-1				145,25	
Варіант № 8										
1	102	11,0	16	14,0	1-2	115,32	-1875,72	559,33		
2	111	22,5			2-3				119,80	
3	103	20,0			3-4				99,28	
4	125	39,0			4-5				111,89	
5	97	25,5			5-1				133,52	
Варіант № 9										
1	100	39,5	237	56,0	1-2	149,17	312,56	-1719,25		
2	99	23,0			2-3				113,36	
3	116	31,5			3-4				110,15	
4	120	19,0			4-5				112,59	
5	103	8,0			5-1				133,52	

Продовження **табл. В.1**

Номера станцій, i	Виміряні кути		Дирекційний кут сторони 1-2, a_{1-2}		Напрями сторін, j	D_j , м	Координати станції 1 , м	
	$\beta_{i \text{ вим}}$		°	'			X_1	Y_1
	°	'						
Варіант № 10								
1	115	22,0	359	16,0	1-2	133,12	-1412,37	789,32
2	116	4,0			2-3	77,09		
3	107	19,5			3-4	148,26		
4	98	26,5			4-5	130,29		
5	102	47,0			5-1	100,36		

Примітка:

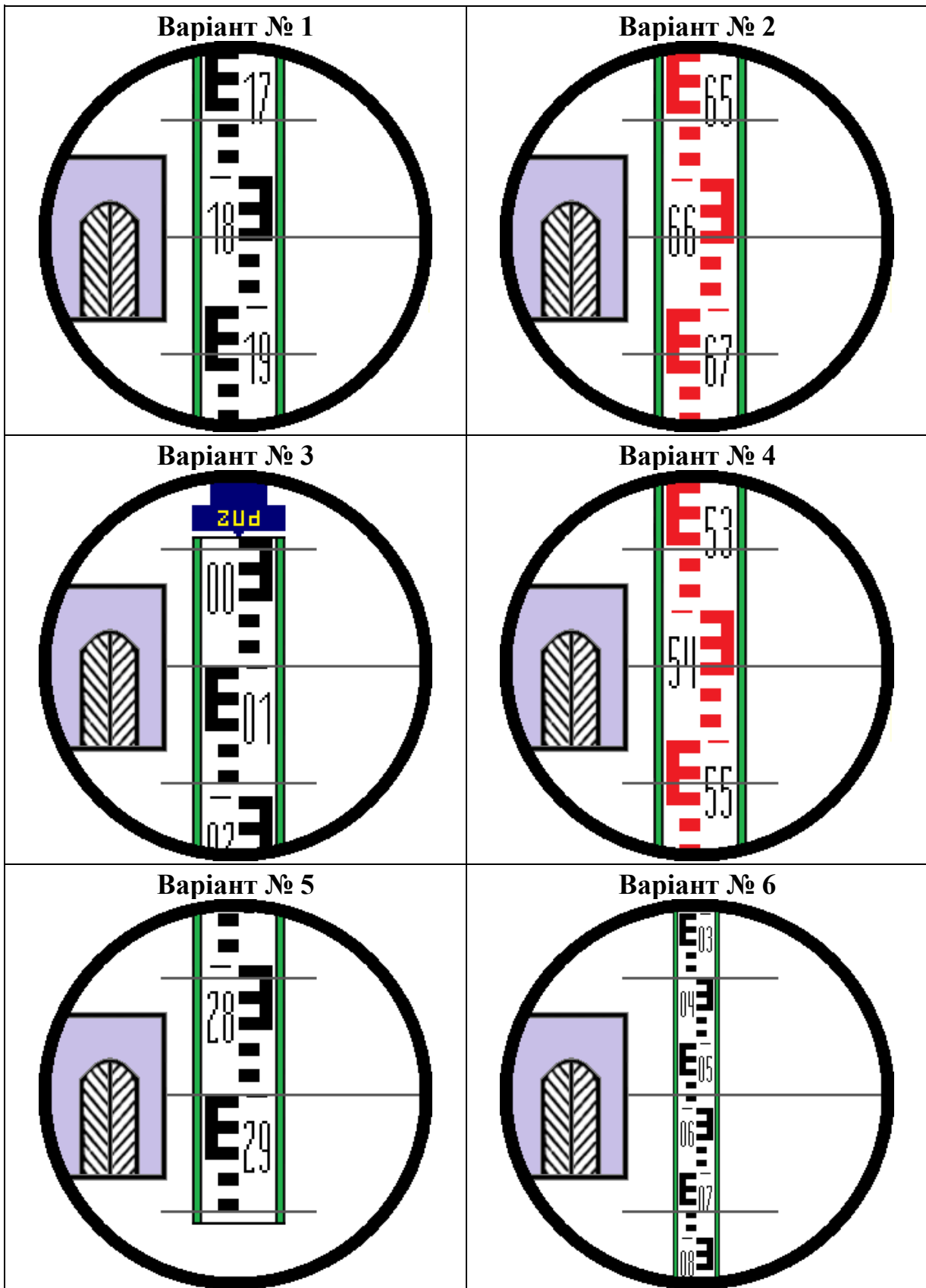
номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

Додаток Г.

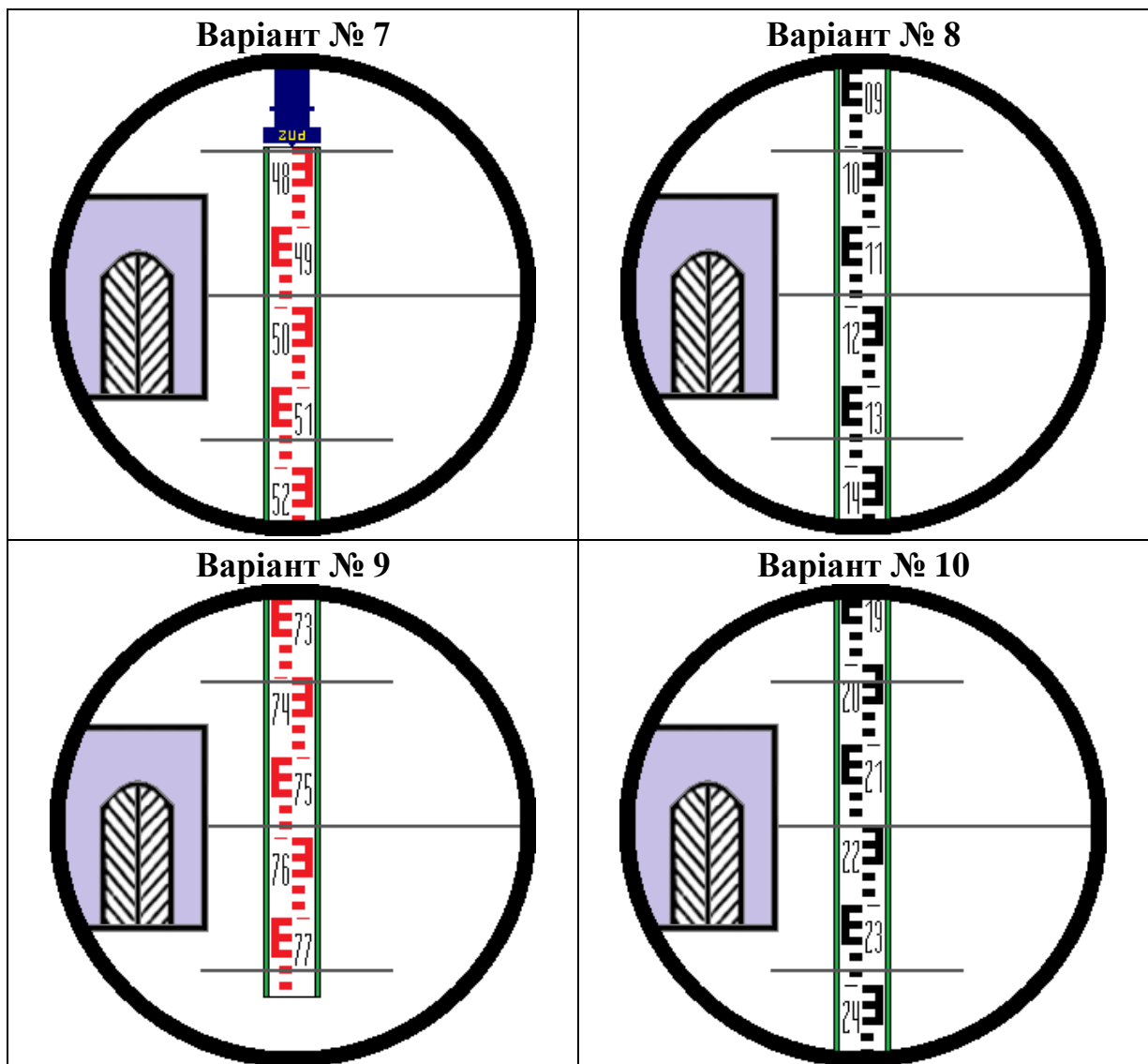
**Варіанти вихідних даних
до лабораторної роботи № 6**

*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
цифрі 0 відповідає варіант 10)*

Таблиця Г.1 – Варіанти вихідних даних до завдання № 1 (поле зору окуляра зорової труби нівеліра Н-3)



Продовження **табл. Г.1**



Примітка:

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

Таблиця Г.2 – Варіанти вихідних даних до завдання 2 (фрагменти журналів нівелювання IV класу з відліками, знятими з нівелірних рейок)

Хід: від палі водомірної ПВ1 до контрольного репера поста РП2.

Нівелір: Н-3. *Заводський номер:* 8571. *Спостерігав:* _____

Дата: 11.03.2020 р. *Початок:* 10 год. 15 хв. *Кінець:* 10 год. 30 хв.

Погода: ясно, безвітряно. *Зображення:* спокійне.

Початки відліків червоних сторін рейок: № 1 – 4800 мм, № 2 – 4700 мм.

№ станції № рейок	Відлік по рейці, мм		№ станції № рейок	Відлік по рейці, мм	
	задня	передня		задня	передня
Варіант № 1			Варіант № 6		
1	2469 (1)	0862 (3)	1	2273 (1)	1180 (3)
_____	2609 (2)	1022 (4)	_____	2498 (2)	1385 (4)
паля водомір. ПВ1 1-2	7407 (6)	5724 (5)	паля водомір. ПВ1 1-2	7300 (6)	6083 (5)
Варіант № 2			Варіант № 7		
1	2763 (1)	1328 (3)	1	2511 (1)	1334 (3)
_____	2948 (2)	1523 (4)	_____	2671 (2)	1499 (4)
паля водомір. ПВ1 1-2	7747 (6)	6224 (5)	паля водомір. ПВ1 1-2	7472 (6)	6198 (5)
Варіант № 3			Варіант № 8		
1	1796 (1)	0655 (3)	1	1702 (1)	0247 (3)
_____	1976 (2)	0835 (4)	_____	1902 (2)	0447 (4)
паля водомір. ПВ1 1-2	6776 (6)	5535 (5)	паля водомір. ПВ1 1-2	6702 (6)	5147 (5)
Варіант № 4			Варіант № 9		
1	2422 (1)	1317 (3)	1	2578 (1)	1312 (3)
_____	2677 (2)	1562 (4)	_____	2698 (2)	1437 (4)
паля водомір. ПВ1 1-2	7478 (6)	6261 (5)	паля водомір. ПВ1 1-2	7497 (6)	6138 (5)
Варіант № 5			Варіант № 10		
1	1289 (1)	0221 (3)	1	1626 (1)	0210 (3)
_____	1519 (2)	0471 (4)	_____	1861 (2)	0465 (4)
паля водомір. ПВ1 1-2	6321 (6)	5169 (5)	паля водомір. ПВ1 1-2	6659 (6)	5167 (5)

Примітка:

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

Додаток Д.

**Варіанти вихідних даних
до лабораторної роботи № 7**

*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
цифрі 0 відповідає варіант 10)*

Таблиця Д.1 – Варіанти вихідних даних

Варіант № 1						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4875
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП2	2536	484		3,342	РП2
	Пк0	7411	5359			Пк0
						100,00
2	Пк0	2189	832			Пк0
	Пк1	7065	5706			Пк1
					100,00	
3	Пк1	0113	2907			Пк1
	X1	4990	7780			X1
					50,00	
4	X1	0074	2947			X1
	Пк2	4948	7823			Пк2
					50,00	
5	Пк2	1232	1789			Пк2
	Пк3	6105	6665			Пк3
					100,00	
	+25			2213		25,00
	+67			2213		67,00
6	Пк3	1798	1222			Пк3
	Пк4	6674	6096			Пк4
					100,00	
	+48-Поп.1			1235		48,00
	Поп.1-Л5			2134		
7	Поп.1-П5			2137		
	Пк4	1520	1500			Пк4
	РП3	6396	6375		1,137	РП3
					100,00	

Продовження табл. Д.1

Варіант № 2						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4754
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РПЗ	1692	1349		1,137	РПЗ
	Пк0	6446	6103			Пк0
						100,00
2	Пк0	2443	0598			Пк0
	X1	7195	5354			X1
						50,00
3	X1	2398	0643			X1
	Пк1	7153	5396			Пк1
						50,00
4	Пк1	1598	1443			Пк1
	Пк2	6351	6198			Пк2
						100,00
5	Пк2	1378	1663			Пк2
	Пк3	6130	6418			Пк3
						100,00
	+35			1068		35,00
	+45			1067		45,00
6	Пк3	0973	2068			Пк3
	Пк4	5727	6822			Пк4
						100,00
	+76-Поп.1			2070		76,00
	Поп.1-ЛЗ			2067		
	Поп.1-П4			2072		
7	Пк4	1094	1947			Пк4
	РП4	5847	6702		2,974	РП4
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 3						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4800
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП4	1371	1690		2,974	РП4
	Пк0	6172	6489			Пк0
						100,00
2	Пк0	2588	0472			Пк0
	X1	7387	5274			X1
						50,00
3	X1	2035	1025			X1
	Пк1	6836	5825			Пк1
						50,00
4	Пк1	0245	2815			Пк1
	Пк2	5045	7615			Пк2
						100,00
5	Пк2	1379	1681			Пк2
	Пк3	6181	6479			Пк3
						100,00
	+38			2763		38,00
	+63			2763		63,00
6	Пк3	1729	1332			Пк3
	Пк4	6528	6133			Пк4
						100,00
	+59-Поп.1			1303		59,00
	Поп.1-Л3			2202		
	Поп.1-П3			2205		
7	Пк4	2212	0849			Пк4
	РП5	7011	5649		4,673	РП5
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 4						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4700
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП5	2043	1038		4,673	РП5
	Пк0	6743	5738			Пк0
						100,00
2	Пк0	2590	0491			Пк0
	X1	7289	5192			X1
						50,00
3	X1	2547	0534			X1
	Пк1	7246	5234			Пк1
						50,00
4	Пк1	0256	2825			Пк1
	Пк2	4956	7525			Пк2
						100,00
5	Пк2	1394	1687			Пк2
	Пк3	6094	6387			Пк3
						100,00
	+35			1073		35,00
	+45			1075		45,00
6	Пк3	1239	1841			Пк3
	Пк4	5941	6539			Пк4
						100,00
	+29-Поп.1			1813		29,00
	Поп.1-Л4			1794		
	Поп.1-П5			1826		
7	Пк4	2468	0612			Пк4
	РП6	7169	5311		8,164	РП6
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 5						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4787
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП6	2788	0312		8,164	РП6
	Пк0	7575	5099			Пк0
						100,00
2	Пк0	1842	1258			Пк0
	Пк1	6630	6044			Пк1
						100,00
3	Пк1	0330	2771			Пк1
	X1	5116	7559			X1
						50,00
4	X1	0160	2940			X1
	Пк2	4948	7726			Пк2
						50,00
5	Пк2	2209	891			Пк2
	Пк3	6996	5678			Пк3
						100,00
	+17			2862		17,00
	+42			2862		42,00
6	Пк3	1951	1149			Пк3
	Пк4	6739	5935			Пк4
						100,00
	+21-Поп.1			1150		21,00
	Поп.1-Л4			2549		
	Поп.1-П4			2552		
7	Пк4	2403	0698			Пк4
	РП7	7190	5485		9,825	РП7
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 6						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4875
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП22	0211	2810		23,451	РП22
	Пк0	5086	7685			Пк0
						100,00
2	Пк0	0289	2731			Пк0
	Пк1	5164	7606			Пк1
						100,00
3	Пк1	2365	0656			Пк1
	X1	7239	5532			X1
						50,00
4	X1	2278	0743			X1
	Пк2	7151	5620			Пк2
						50,00
5	Пк2	1582	1439			Пк2
	Пк3	6457	6314			Пк3
						100,00
	+43			0516		43,00
	+53			0516		53,00
6	Пк3	1722	1299			Пк3
	Пк4	6599	6172			Пк4
						100,00
	+28-Поп.1			1296		28,00
	Поп.1-Л5			1284		
	Поп.1-П5			1307		
7	Пк4	1580	1441			Пк4
	РП23	6456	6315		22,371	РП23
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 7						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4754
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП23	1077	1963		22,371	РП23
	Пк0	5832	6717			Пк0
						100,00
2	Пк0	2442	0599			Пк0
	X1	7194	5355			X1
						50,00
3	X1	2395	0645			X1
	Пк1	7150	5398			Пк1
						50,00
4	Пк1	1598	1443			Пк1
	Пк2	6351	6198			Пк2
						100,00
5	Пк2	1378	1662			Пк2
	Пк3	6134	6415			Пк3
						100,00
	+25			1065		25,00
	+55			1064		55,00
6	Пк3	0973	2067			Пк3
	Пк4	5727	6821			Пк4
						100,00
	+36-Поп.1			2070		36,00
	Поп.1-Л3			2067		
	Поп.1-П4			2072		
7	Пк4	1096	1945			Пк4
	РП24	5849	6699		22,981	РП24
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 8						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4800
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП24	0689	2372		22,981	РП24
	Пк0	5490	7171			Пк0
						100,00
2	Пк0	2538	0522			Пк0
	X1	7337	5324			X1
						50,00
3	X1	2135	0925			X1
	Пк1	6936	5725			Пк1
						50,00
4	Пк1	0095	2965			Пк1
	Пк2	4895	7765			Пк2
						100,00
5	Пк2	1380	1681			Пк2
	Пк3	6181	6480			Пк3
						100,00
	+18			2364		18,00
	+33			2364		33,00
6	Пк3	1851	1209			Пк3
	Пк4	6650	6010			Пк4
						100,00
	+12-Поп.1			1325		12,00
	Поп.1-Л3			2226		
	Поп.1-П3			2229		
7	Пк4	2898	0162			Пк4
	РП25	7699	4961		24,736	РП25
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 9						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>					4700	
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП25	2052	1029		24,736	РП25
	Пк0	6752	5729			Пк0
						100,00
2	Пк0	2350	0730			Пк0
	X1	7049	5431			X1
						50,00
3	X1	2363	0718			X1
	Пк1	7062	5418			Пк1
						50,00
4	Пк1	0888	2193			Пк1
	Пк2	5588	6893			Пк2
						100,00
5	Пк2	1136	1945			Пк2
	Пк3	5836	6644			Пк3
						100,00
	+17			0315		17,00
	+37			0317		37,00
6	Пк3	1297	1784			Пк3
	Пк4	5998	6483			Пк4
						100,00
	+8-Поп.1			1795		8,00
	Поп.1-Л4			1779		
	Поп.1-П5			1810		
7	Пк4	2567	0513			Пк4
	РП26	7268	5212		28,461	РП26
						100,00

Продовження **табл. Д.1**

Варіант № 10						
<i>Початок відліку червоної сторони рейки, мм:</i>						4787
Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)		
1	РП26	2437	0664		28,461	РП26
	Пк0	7224	5451			Пк0
						100,00
2	Пк0	1254	1847			Пк0
	Пк1	6042	6633			Пк1
						100,00
3	Пк1	0638	2462			Пк1
	X1	5424	7250			X1
						50,00
4	X1	0585	2516			X1
	Пк2	5372	7302			Пк2
						50,00
5	Пк2	1760	1341			Пк2
	Пк3	6547	6128			Пк3
						100,00
	+34			2411		34,00
	+53			2411		53,00
6	Пк3	2556	0544			Пк3
	Пк4	7344	5330			Пк4
						100,00
	+32-Поп.1			0546		32,00
	Поп.1-Л4			2005		
	Поп.1-П4			2008		
7	Пк4	2385	0715			Пк4
	РП27	7173	5502		30,008	РП27
						100,00

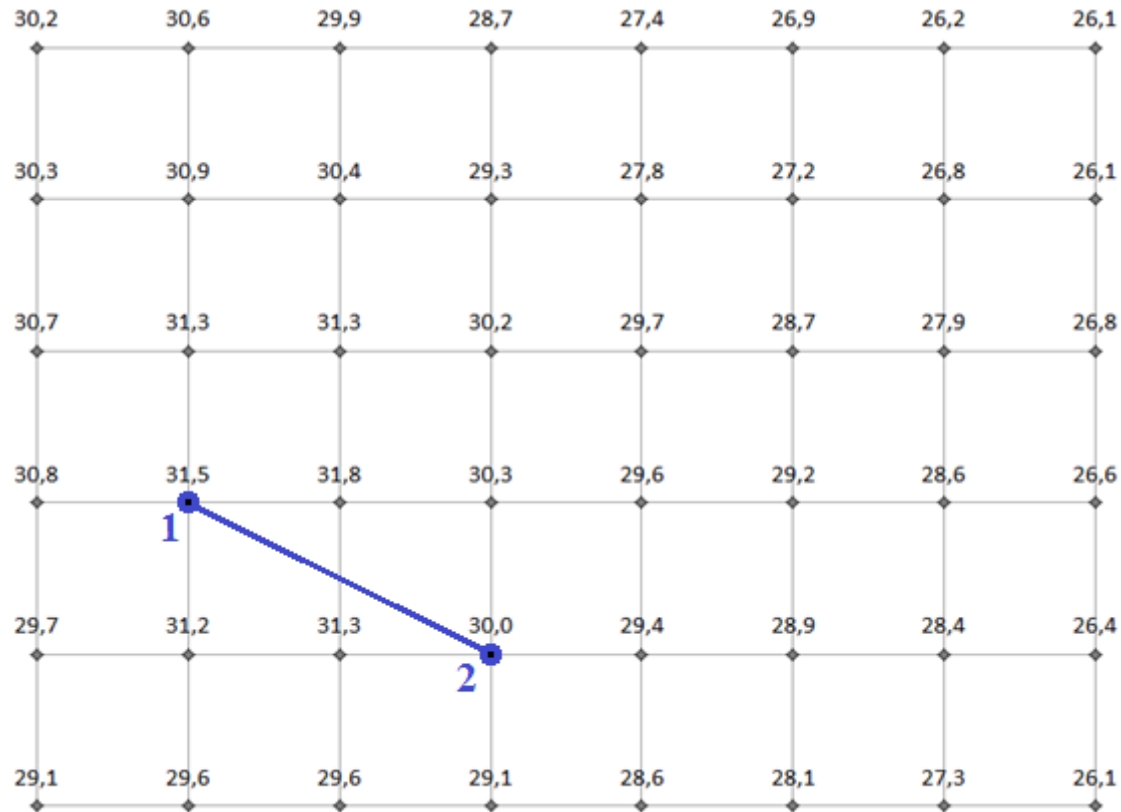
Примітка:

номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

Додаток Е.

**Варіанти вихідних даних
до індивідуального завдання**

*(номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки:
цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,
цифрі 0 відповідає варіант 10)*



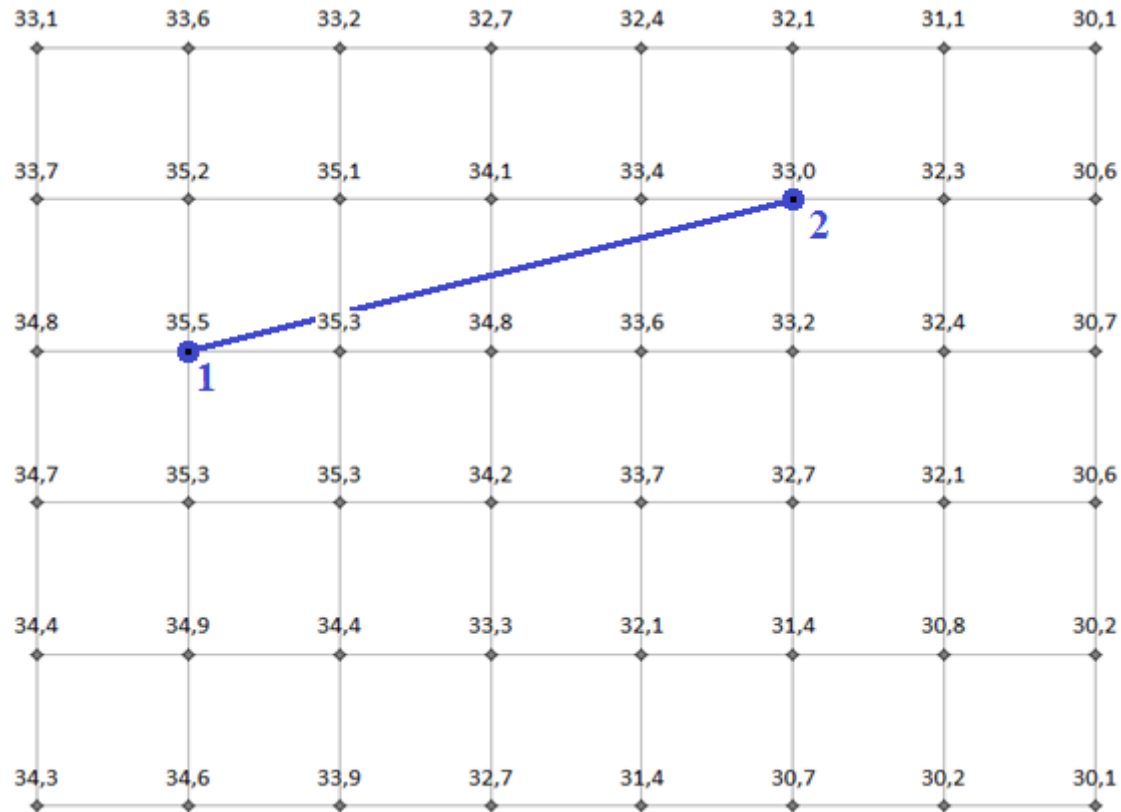
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.1 – Вихідні дані (**варіант № 1**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



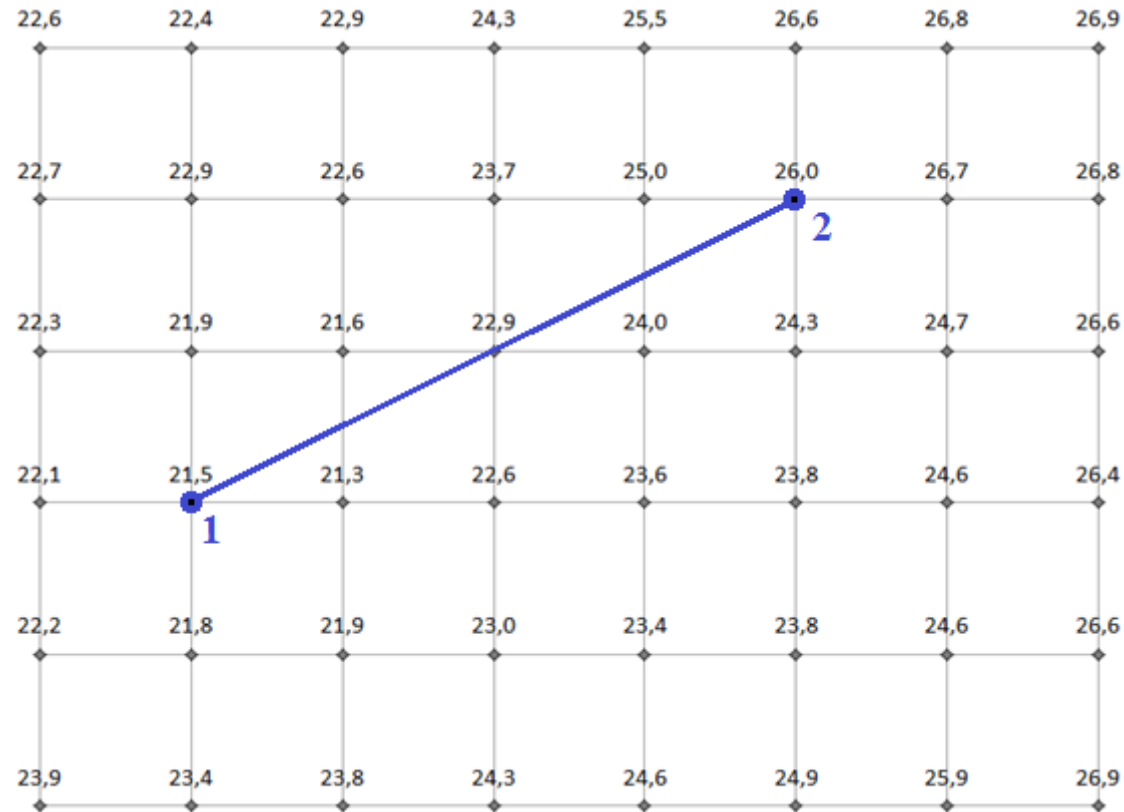
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.2 – Вихідні дані (варіант № 2) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



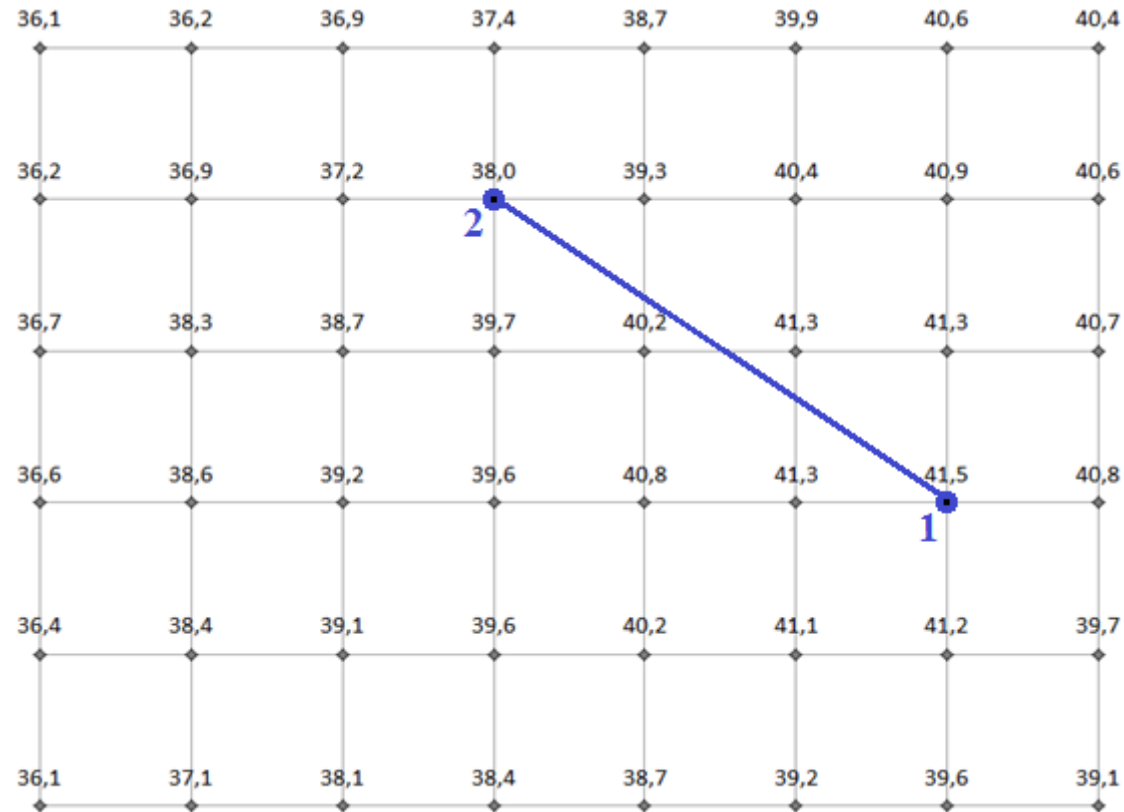
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.3 – Вихідні дані (**варіант № 3**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



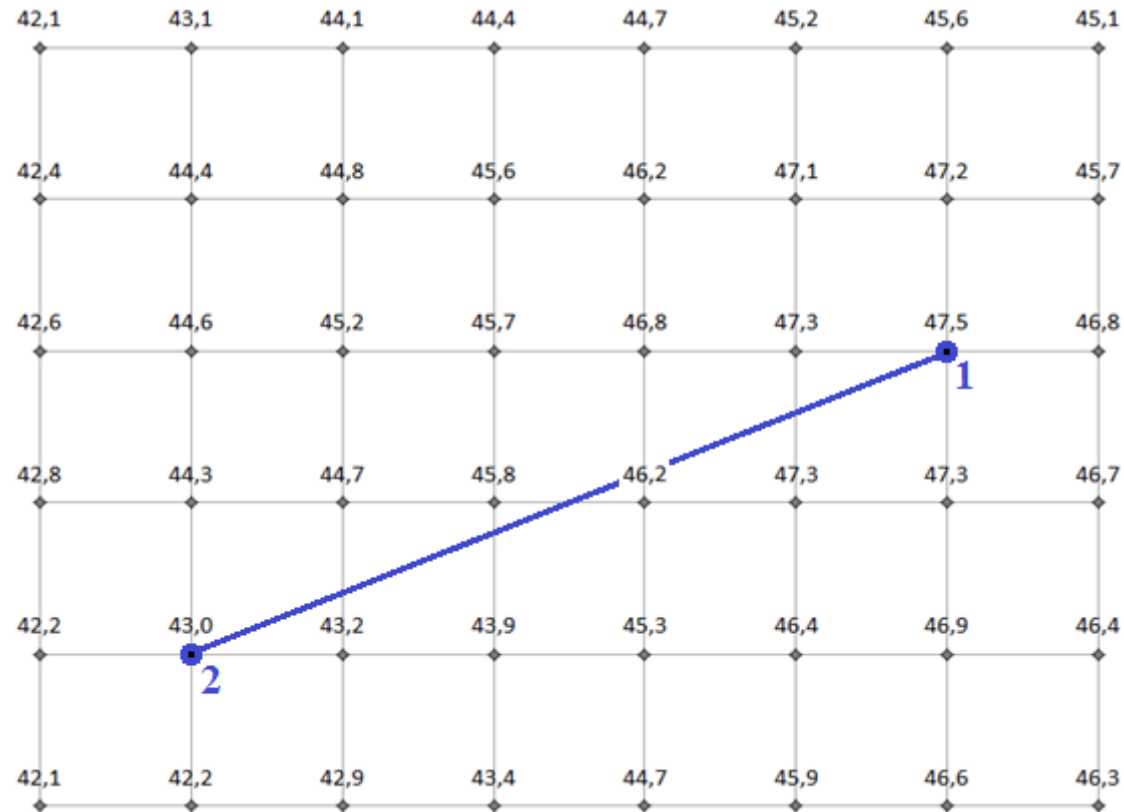
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.4 – Вихідні дані (**варіант № 4**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



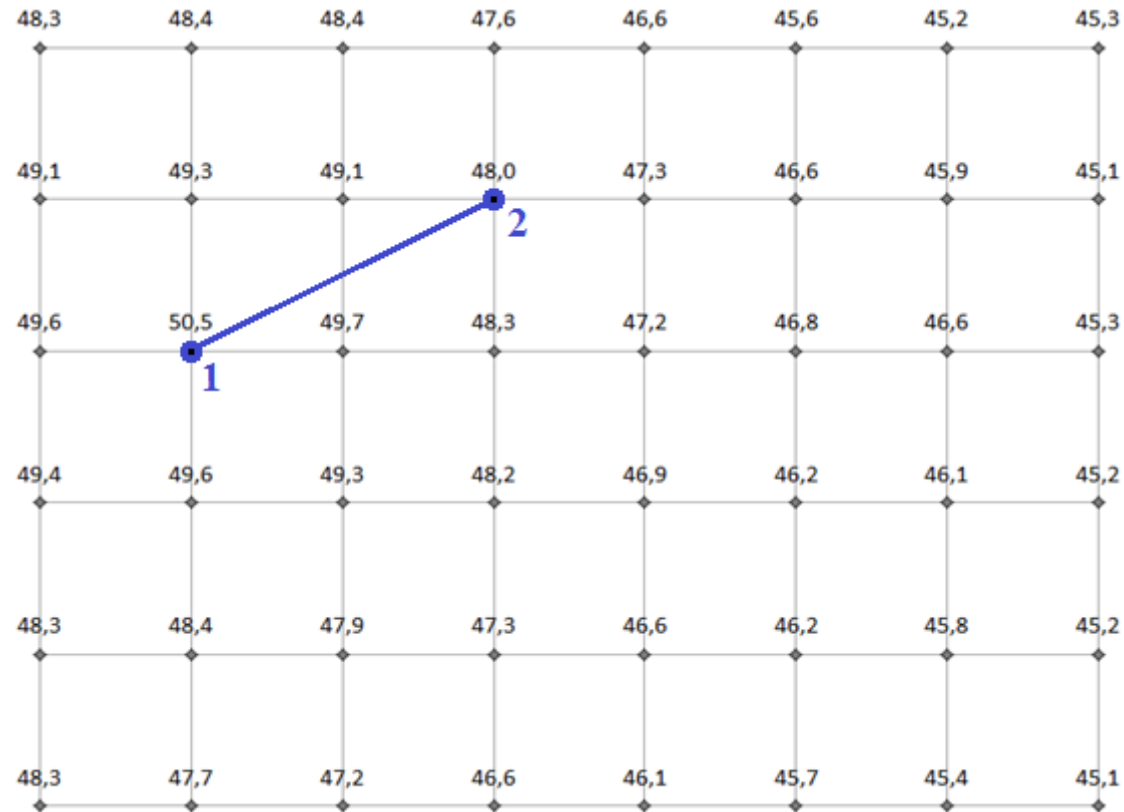
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.5 – Вихідні дані (**варіант № 5**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



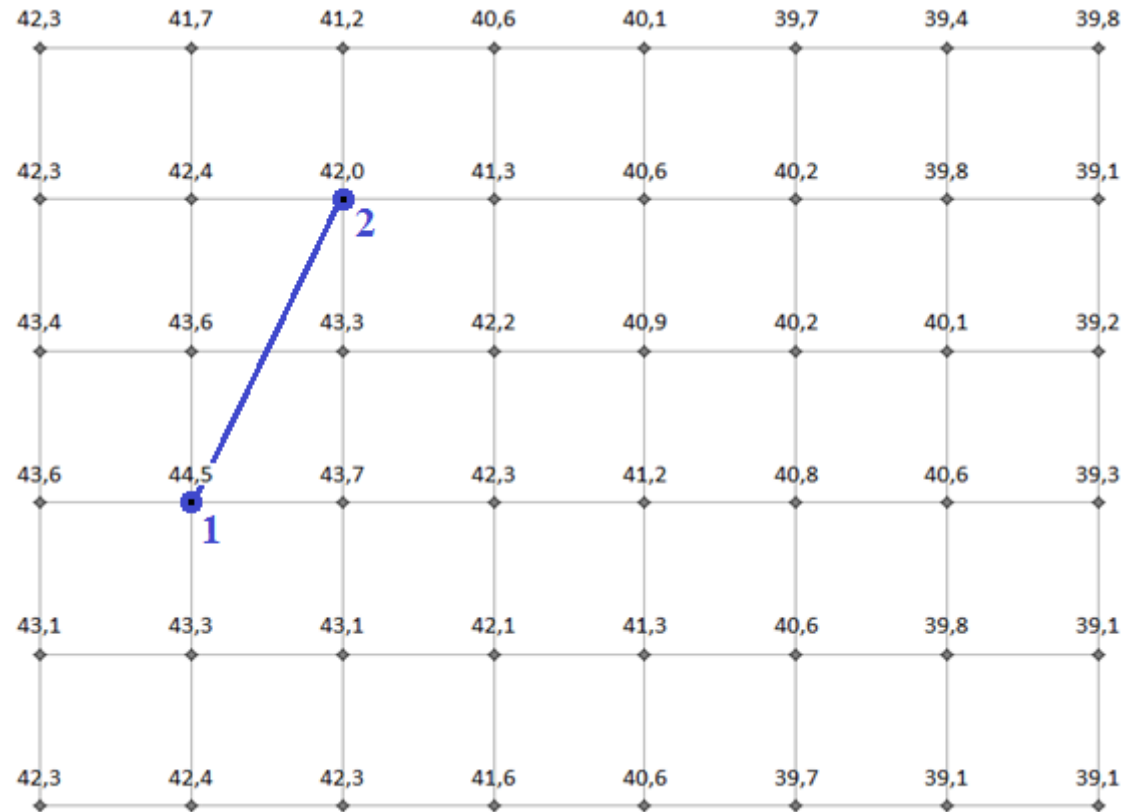
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.6 – Вихідні дані (**варіант № 6**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



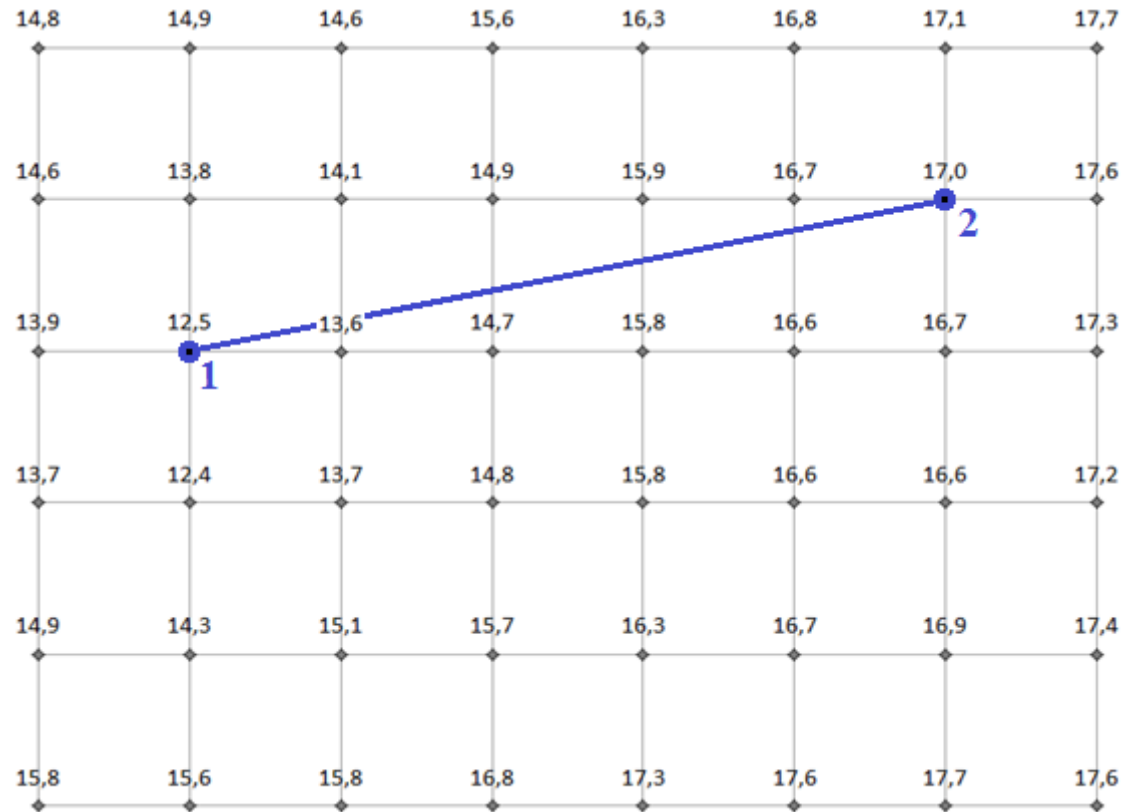
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.7 – Вихідні дані (**варіант № 7**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



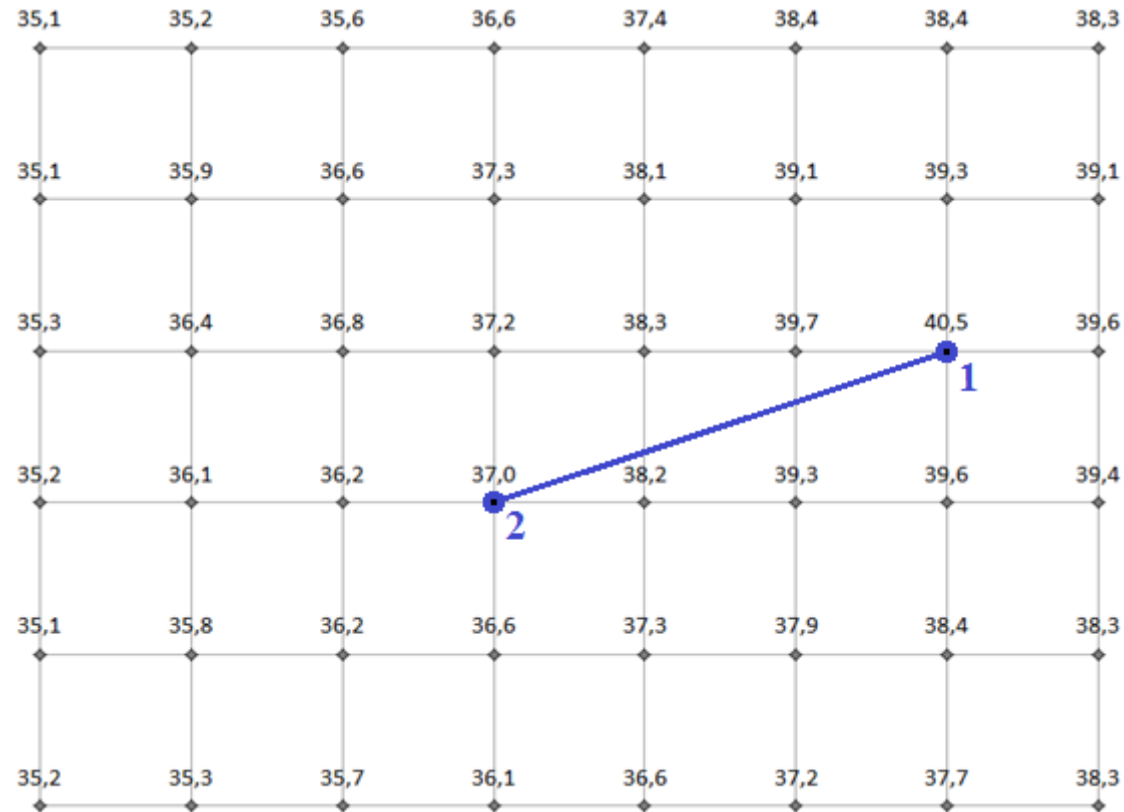
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.8 – Вихідні дані (варіант № 8) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



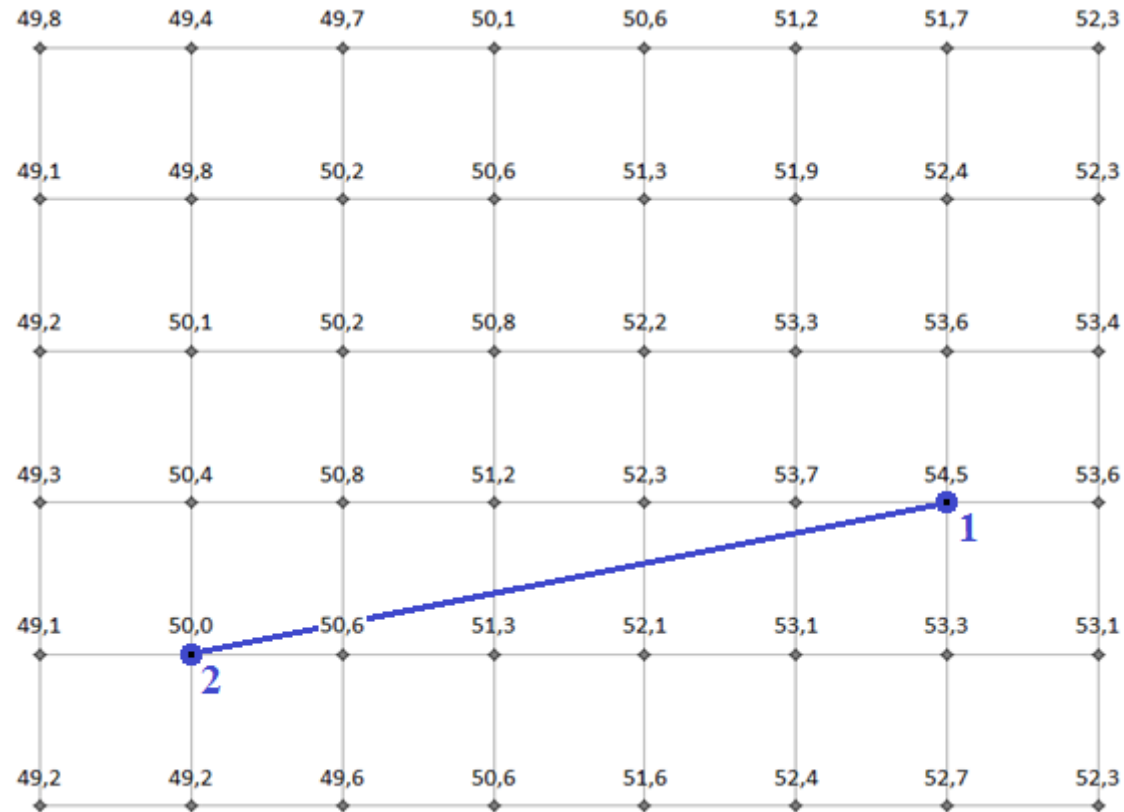
1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.9 – Вихідні дані (**варіант № 9**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтійська система висот

Рис. Е.10 – Вихідні дані (**варіант № 10**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізка для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

Навчальне електронне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт та індивідуального завдання
з навчальної дисципліни «**Основи геодезії**» (для виконання другого
практичного модуля та модуля індивідуального завдання)
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальностей 103 «Науки про Землю»
та 193 «Геодезія та землеустрій»

Укладачі: **Гриб Олег Миколайович**, к. геогр. н., доц.,
Гращенкова Тетяна Валеріївна, ас.

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: info@odeku.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016 р.