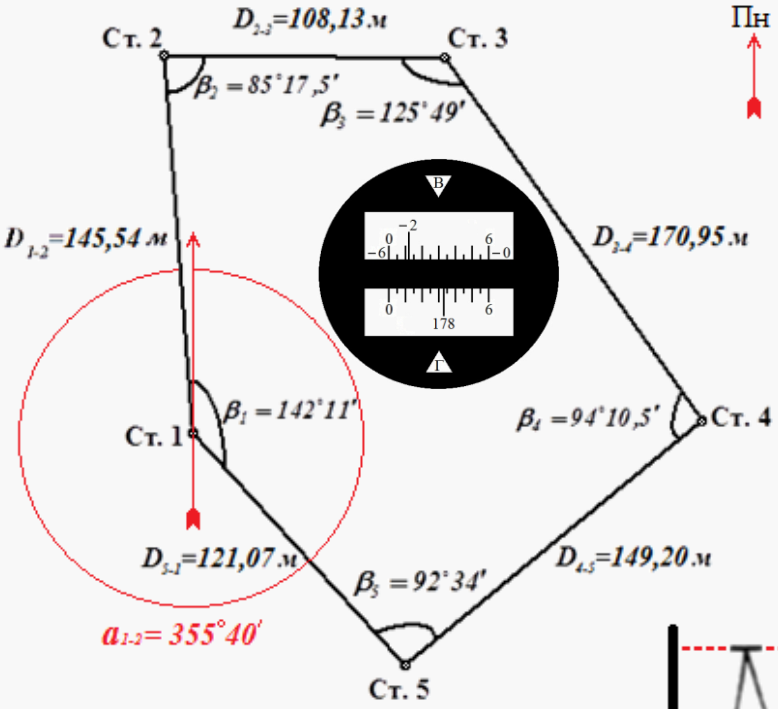
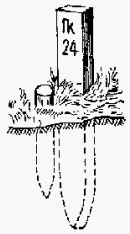
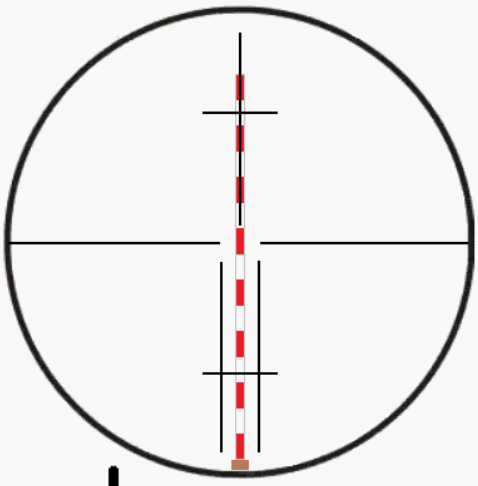
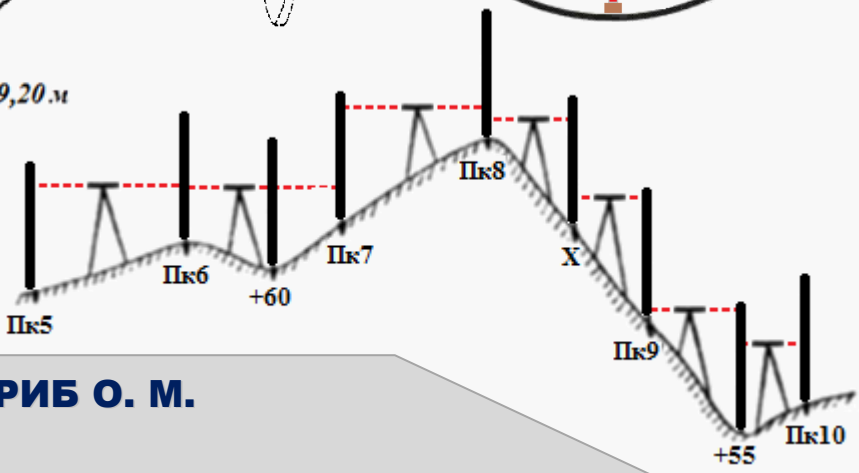




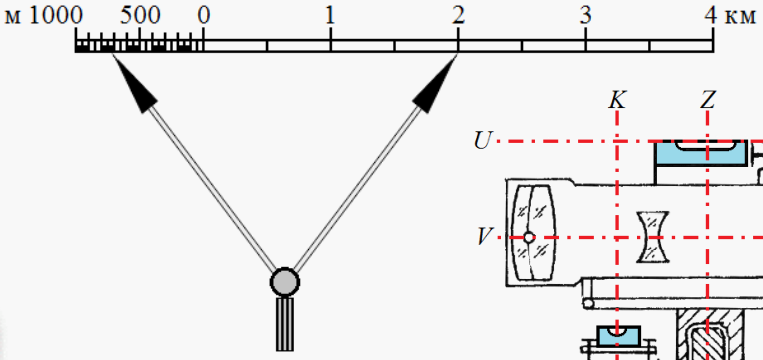


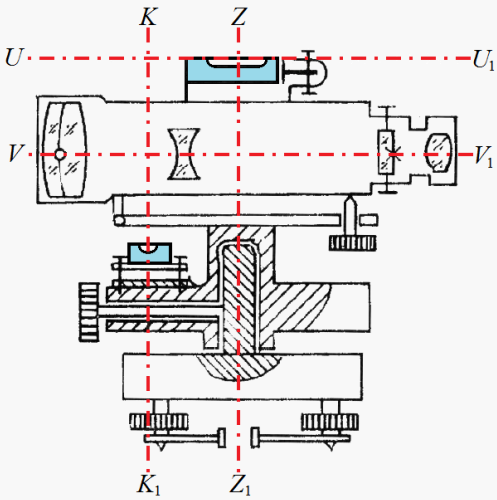


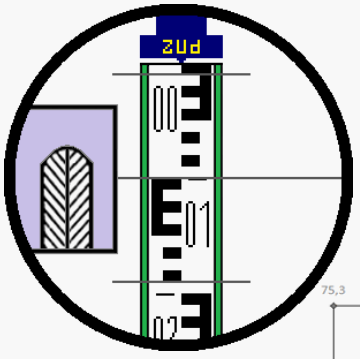
ГРИБ О. М.

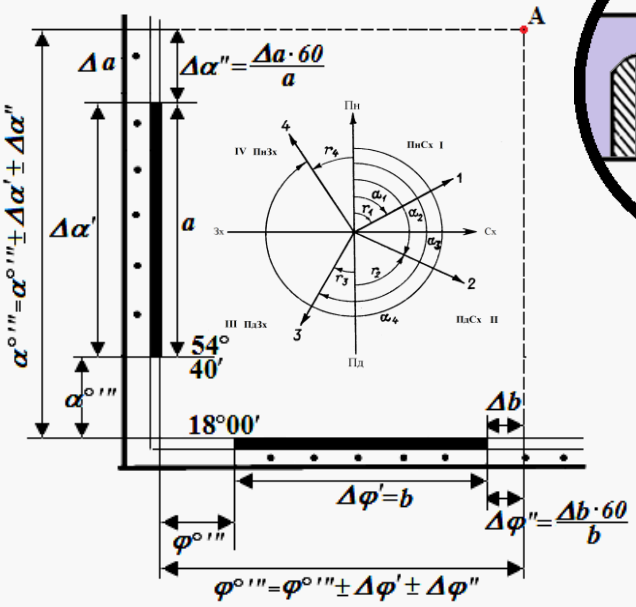
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ОСНОВ ГЕОДЕЗІЇ

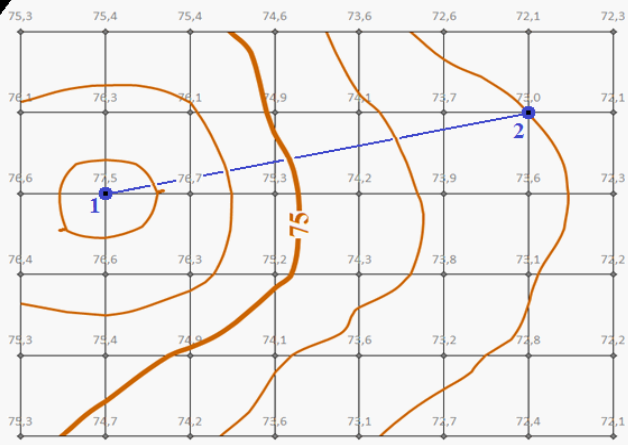
Навчальний посібник











МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О. М. ГРИБ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ОСНОВ ГЕОДЕЗІЇ

Навчальний посібник

Одеса
Одеський державний екологічний університет
2021

УДК 528
Г 82

Гриб О. М.
Г 82 Лабораторний практикум з основ геодезії: навчальний посібник. Одеса, Одеський державний екологічний університет, *2021*. 124 с.
ISBN 978-966-186-160-1

У навчальному посібнику викладені методичні пояснення з основних геодезичних вимірювань на планах і картах (побудова лінійного і поперечного масштабів, визначення географічних і прямокутних координат, кутів орієнтування і площин), геодезичних вимірювань теодолітом і нівеліром (виміри горизонтальних кутів, обробка даних теодолітного ходу, визначення перевищень між точками, обробка журналу технічного нівелювання) та побудови плану території в горизонталях і рішення задач по заданому ухилу, які є важливою складовою практичної підготовки студентів. Посібник призначено для розширення та поглиблення студентами знань, отриманих на лекційних заняттях, самостійної підготовки і виконання лабораторних робіт та індивідуального завдання, перевірки засвоєння їх змісту, з метою успішного закріплення базових вмінь і практичних навичок загально-професійного та спеціалізовано-професійного характеру. Навчальний посібник рекомендується для студентів рівня вищої освіти бакалавр денної і заочної форм навчання за спеціальностями 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій», які вивчають дисципліну «Основи геодезії», а також рекомендується для всіх спеціальностей і форм навчання, де вивчається геодезія.

УДК 528

Р е ц е н з е н т и :
Доцент кафедри геодезії та природокористування Одеського державного аграрного університету, кандидат економічних наук, доцент **Фоменко В'ячеслав Анатолійович**.
Проректор з навчальної роботи – перший проректор, професор кафедри інформаційних технологій Одеського державного екологічного університету, кандидат географічних наук, доцент **Сербов Микола Георгійович**.

Затверджено вченою радою Одеського державного екологічного університету Міністерства освіти і науки України як навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за спеціальностями 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій» (протокол № 6 від 30.06.2021 р.)

ISBN 978-966-186-160-1

© О. М. Гриб, *2021*
© Одеський державний екологічний університет, *2021*

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП..... 5

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ВИВЧЕННЯ МАСШТАБІВ, ПОБУДОВА ЛІНІЙНОГО І ПОПЕРЕЧНОГО МАСШТАБІВ..... 6
1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 1 6
1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 1 9
1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 1 10

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ І ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ПО КАРТІ 11
2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 2 11
2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 2 17
2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 2 18

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ВИЗНАЧЕННЯ КУТІВ ОРІЄНТУВАННЯ І ПЛОЩИН ПО ТОПОГРАФІЧНИЙ КАРТІ 19
3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 3 19
3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 3 30
3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 3 30

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ТЕОДОЛІТ. ВИМІРИ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ КУТІВ 31
4.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 4 31
4.2 Практична частина до лабораторної роботи № 4 38
4.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 4 38

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ОБРОБКА ДАНИХ ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ 40
5.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 5 40
5.2 Практична частина до лабораторної роботи № 5 46
5.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 5 47

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. НІВЕЛІР. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВИЩЕНЬ МІЖ ТОЧКАМИ 48
6.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 6 48
6.2 Практична частина до лабораторної роботи № 6 54
6.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 6 54

7 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7. ОБРОБКА ЖУРНАЛУ ТЕХНІЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ 56
7.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 7 56
7.1.1 Підготовка до технічного нівелювання магістралі 56
7.1.2 Пояснення щодо заповнення та обробки журналу технічного нівелювання магістралі 62
7.2 Практична частина до лабораторної роботи № 7 66
7.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 7 68
8 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ. ПОБУДОВА ПЛАНУ ТЕРИТОРІЇ В ГОРИЗОНТАЛЯХ І РІШЕННЯ ЗАДАЧ ПО ЗАДАНОМУ УХИЛУ 69
8.1 Теоретична частина до індивідуального завдання 69
8.1.1 Побудова плану території в горизонталях 69
8.1.2 Рішення задач по заданому ухилу за допомогою горизонталей на плані 73
8.2 Практична частина до індивідуального завдання 75
8.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту індивідуального завдання 76
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА 77
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА 78
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК 79
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК 82
ДОДАТКИ 83
Додаток А. Варіанти вихідних даних до лабораторних робіт № 1-3 84
Додаток Б. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 4 88
Додаток В. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 5 92
Додаток Г. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 6 97
Додаток Д. Варіанти вихідних даних до лабораторної роботи № 7 101
Додаток Е. Варіанти вихідних даних до індивідуального завдання 112
Додаток Ж. Перелік основних нормативних документів з геодезії 123

ВСТУП

Навчальний посібник «Лабораторний практикум з основ геодезії» з навчальної дисципліни «Основи геодезії» присвячено питанням організації та проведення лабораторних робіт і виконання індивідуального завдання, які є невід'ємною складовою практичної підготовки студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальностями 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій».

Забезпечення виконання лабораторних робіт та індивідуального завдання посилюються потрібним навчально-методичним обґрунтуванням, роз'ясненнями і рекомендаціями. Даний навчальний посібник складено відповідно до силлабусів навчальної дисципліни [1, 2] з поясненнями і рекомендаціями, які дають можливість студентам здійснювати самостійну підготовку до лабораторних робіт та індивідуального завдання. Крім того, у даному навчальному посібнику також наведені вимоги до виконання і оформлення лабораторних робіт та індивідуального завдання (розділи 1-8), вихідні дані до них (Додатки А-Е). Для поглибленого вивчення матеріалу даної дисципліни в навчальному посібнику представлені посилання на використані джерела [1-8], рекомендовану літературу [1-10], а наприкінці є перелік основних нормативних документів з геодезії (Додаток Ж).

За своїм змістом та формою подання матеріалу навчальний посібник охоплює практичні модулі навчальної дисципліни, а головне – дає змогу студентам самостійно здійснювати підготовку і виконання лабораторних робіт та індивідуального завдання. Для самостійної перевірки засвоєння змісту лабораторних робіт та індивідуального завдання, з метою успішного закріплення базових знань і вмінь по вивченому матеріалу, наприкінці кожної лабораторної роботи та індивідуального завдання наведено перелік з 10 базових запитань. Відповідно до цього і вважаючи перелік задач, які складаються з основних геодезичних вимірювань на планах і картах (лабораторні роботи № 1-3), геодезичних вимірювань теодолітом і нівеліром (лабораторні роботи № 4-7) та побудови плану території в горизонталях і рішення задач по заданому ухилу (індивідуальне завдання), зведених у навчальному посібнику, його поява є дуже корисним кроком в допомозі студентам щодо отримання і закріплення практичних навичок загально-професійного та спеціалізовано-професійного характеру.

Навчальний посібник призначено для студентів рівня вищої освіти бакалавр денної і заочної форм навчання за спеціальностями 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій», а також рекомендується для всіх спеціальностей і форм навчання, де вивчаються основи геодезії.

Даний навчальний посібник складено з урахуванням особистого багаторічного досвіду виконання експедиційних топографо-геодезичних наукових досліджень водних екосистем та викладання основ геодезії в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ).

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ВИВЧЕННЯ МАСШТАБІВ, ПОБУДОВА ЛІНІЙНОГО І ПОПЕРЕЧНОГО МАСШТАБІВ

1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 1

Масштабом плану або карти називають відношення відрізка ***l*** на плані або карті до горизонтального прокладення **S** відповідної лінії місцевості, тобто

$$\mathbf{1} / \mathbf{m} = \boldsymbol{l} / \mathbf{S}, \qquad (1.1)$$

де **m** – знаменник масштабу (кратність зменшення).

Масштаб плану однаковий у всіх його точках. Масштаб карти в кожній точці має своє приватне значення, що залежить від широти і довготи даної точки. Тому його строгою числовою характеристикою є ***частковий масштаб карти*** – відношення нескінченно малого відрізка **Δ*l*** на карті до довжини відповідного нескінченно малого відрізка **ΔS** на поверхні еліпсоїда. Слід зазначити, що при практичних вимірюваннях на картах використовують їх головний масштаб, який визначається за формулою (1.1), де знаменник **m** показує, у скільки разів зменшені в середньому розміри еліпсоїда, при його зображенні на даній карті.

Масштаб може бути виражений в чисельній, іменованій і графічній (лінійній або поперечній) формах.

Чисельний масштаб – виражають дробом, в якому чисельник дорівнює одиниці, а знаменник величині **m**:

$$\mathbf{1{:}m}, \qquad (1.2)$$

де **m** – знаменник масштабу, який показує, у скільки разів зменшені лінії місцевості при їх зображенні на карті (плані).

Стандартними для карт є чисельні масштаби: 1:1000000, 1:500000, 1:300000, 1:200000, 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1:10000.

Основними масштабами топографічних планів є: 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500.

При порівнянні різних чисельних масштабів більш дрібним є той, у якого більше знаменник **m**, і, навпаки, чим менше знаменник **m**, тим крупніше масштаб плану або карти. Наприклад, масштаб 1:1000 крупніше, ніж масштаб 1:100000, а масштаб 1:5000 дрібніше за масштаб 1:1000.

Іменований масштаб – це словесна інтерпретація чисельного масштабу.

Оскільки довжини на місцевості прийнято вимірювати в метрах, а на планах і картах – в сантиметрах, то словесна форма, наприклад, чисельного масштабу 1:25000 виражається так: «в 1 сантиметрі 250 метрів».

Оскільки 1 м дорівнює 100 см, то число метрів місцевості, що міститься в 1 см карти або плану, легко визначають шляхом ділення знаменника чисельного масштабу на 100.

Лінійний масштаб – графік у вигляді відрізка прямої, розділеної на рівні частини з підписаними значеннями пропорційних ним довжин ліній місцевості.

Даний масштаб дозволяє без обчислень вимірювати або відкладати відстані на картах і планах.

Для побудови лінійного масштабу вибирають основу масштабу, яка відповідає цілому (круглому) числу метрів на місцевості. Прийнявши за основу масштабу відрізок в 1 см (іноді 2 см), відкладають його на прямій лінії кілька разів і підписують. Ліву частину ділять на п'ять або десять частин (рис. 1.1).

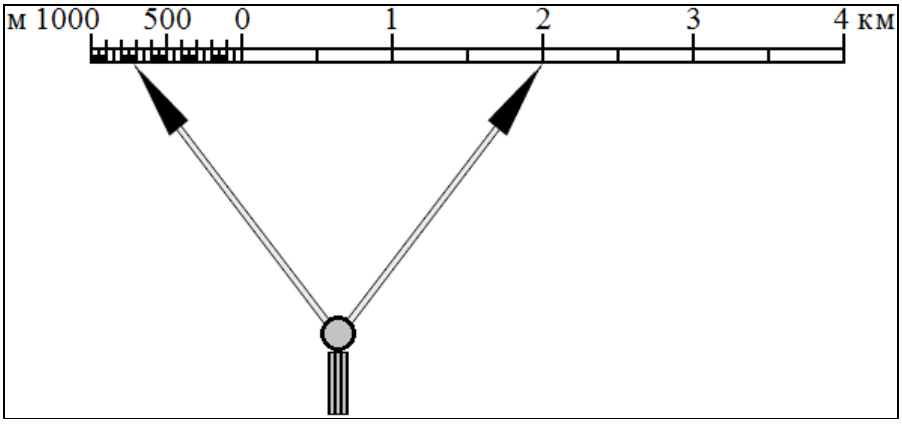


Рисунок 1.1 – Лінійний масштаб з встановленим циркулем-вимірником (чисельний масштаб – 1:50000; іменований – в 1 сантиметрі 500 метрів; відстань в інтервалі між ніжками циркуля-вимірника – 2 км 720 м)

Узявши відстань на плані (карті) в розтин циркуля-вимірника, одну його ніжку встановлюють на штрих, що поділяє основу так, щоб інша ніжка потрапила на ліву основу, по якій на око відлічується відстань в інтервалі поділок (рис. 1.1). Однак, оцінюючи на око частки поділок за лінійним масштабом, неможливо достатньо точно виміряти відстань за планом, тому для цього користуються **поперечним** масштабом (рис. 1.2).

Поперечний масштаб (рис. 1.2) будують за наступною послідовністю. **1.** Вибирають основу масштабу 2 см і відкладають її кілька разів на горизонтальній прямій. **2.** З точок, що поділяють рівні відрізки, опускають перпендикуляри до цієї прямої. **3.** Ліву основу ділять на п'ять або десять поділок, в загальному випадку – на ***n*** поділок, а на перпендикулярах відкладають ***m*** поділок. **4.** Через одержані точки на перпендикулярах проводять лінії, паралельні основі. **5.** На лівій основі проводять ряд похилих ліній (як показано на рис. 1.2), які називаються ***трансверсалями***.

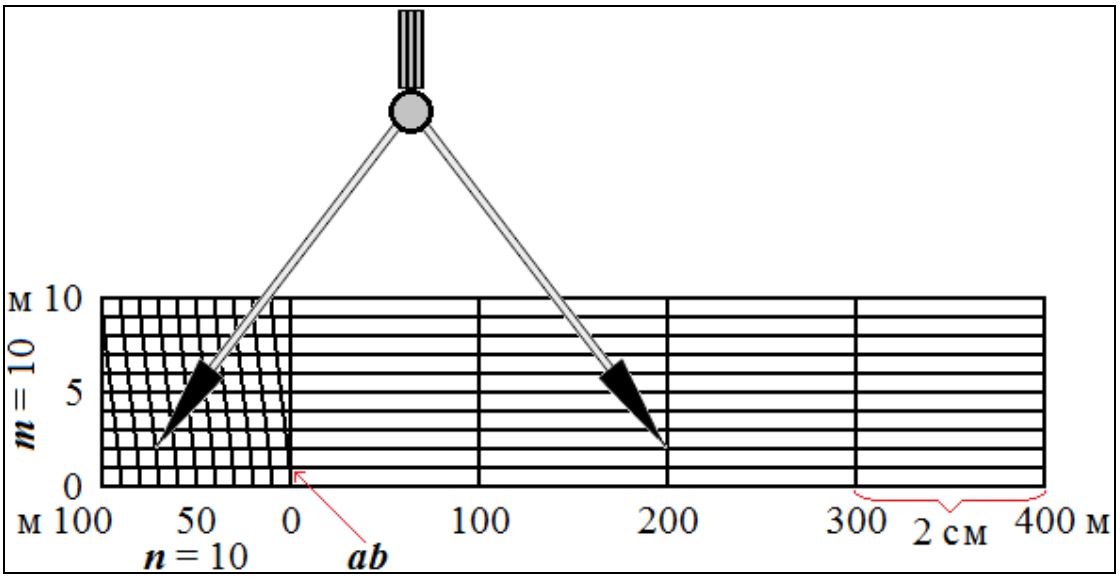


Рисунок 1.2 – Поперечний масштаб з встановленим циркулем-вимірником (чисельний масштаб – 1:5000; іменований – в 1 сантиметрі 50 метрів; відстань в інтервалі між ніжками циркуля-вимірника – 272 м)

Відрізок ***ab*** (рис. 1.2) – ***найменша поділка поперечного масштабу***. Ця величина залежить від довжини основи та числа поділок ***n*** і ***m***.

Поперечний масштаб, у якого ***m*** = ***n*** = 10 (***mn*** = 100), називається ***сотенним масштабом***. Зазвичай він нарізується (гравірується) на транспортирі або на металевій лінійці, яка називається масштабною.

Десяті та соті долі основи – ***нормальний поперечний масштаб***.

При всіх достоїнствах поперечний масштаб не може забезпечити певної межі точності, яка залежіть від властивостей людського ока. Око людини в змозі суміщати вістря ніжки циркуля з точкою на плані (карті), точку з точкою, штрих з штрихом з точністю близько 0,1 мм, якщо вони знаходяться на відстані 25 см від ока. З цього виходить, що деталі місцевості, що зображені на плані, зумовлені точністю масштабу, яка є довжиною лінії на місцевості, що відповідає 0,1 мм на плані. Наприклад, точність масштабу 1:10000 відповідає 1 м, а масштабу 1:50000 – 5 м. Відповідно до точності масштабу, при зображенні деталей об’єктів місцевості на плані (карті) неминучі узагальнення.

Якщо об’єкт місцевості дуже малий, а зобразити його на плані необхідно, то його зображають ***позамасштабними умовними знаками***, тобто розмік яких не залежіть від точності масштабу. Наприклад, нерідко колодязь в горизонтальній проекції є квадратом із стороною 1 м і в масштабі 1:10000 він буде крапкою (0,1 мм), тому щоб колодязь було видно на карті його зображують зеленим кружечком діаметром 1,2-1,4 мм.

1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 1

Завдання 1. Для заданого чисельного масштабу (табл. 1.1) самостійно дайте іменований масштаб та підготуйте лінійний і поперечний масштаби.

Завдання 2. З використанням довжини (в сантиметрах) відрізка **АБ** (табл. 1.1), виміряного на карті (**Додаток А**), самостійно визначте довжину (в метрах) горизонтальної проекції лінії **АБ** на місцевості.

Завдання 3. Під час аудиторних занять виміряйте довжину відрізка (в сантиметрах), заданого викладачем на карті (плані), та визначте довжину (в метрах) горизонтальної проекції цієї лінії на місцевості.

Таблиця 1.1 – Варіанти вихідних даних для самостійного виконання завдань 1 та 2 лабораторної роботи № 1

Варіант*	Вихідні дані для виконання	
	завдання 1	**завдання 2**
	Чисельний масштаб карти (плану)	Довжина (в сантиметрах) відрізка **АБ**, виміряного на карті (**Додаток А**)
1	1:100000	10,5
2	1:50000	13,5
3	1:25000	12,6
4	1:10000	11,4
5	1:5000	13,3
6	1:2000	12,9
7	1:500	12,5
8	1:500000	10,1
9	1:300000	13,1
10	1:200000	12,1

Примітка до табл. 1.1:

***** *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**.

1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 1

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 масштаб?
2. Які види масштабів використовують?
3. Що таке чисельний масштаб?
4. Що таке іменований масштаб?
5. Що таке графічний масштаб?
6. Який вигляд в іменованому масштабі матиме масштаб 1:25000?
7. Як підготовлюється та використовується лінійний масштаб?
8. Чим відрізняється поперечний масштаб від лінійного?
9. Як підготовлюється та використовується поперечний масштаб?
10. Що мається на увазі під поняттям точність масштабу?

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ГЕОГРАФІЧНИХ І ПРЯМОКУТНИХ КООРДИНАТ ПО КАРТІ

2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 2

Положення будь-якої точки на поверхні Землі визначається географічними, плоскими прямокутними і полярними координатами.

Географічні координати. У системі географічних координат місце розташування точки визначається широтою і довготою (рис. 2.1).

Кут між площиною екватора і прямовисною лінією, що проходить через дану точку називається географічною широтою точки ***M***.

Широта, вимірювана від площини екватора на північ, називається північною, а на південь – південною. Широта змінюється від 0 до 90°.

Двогранний кут, укладений між площиною нульового (Гринвіцького) меридіана і площиною меридіана, що проходить через дану точку ***E***, називається географічною довготою.

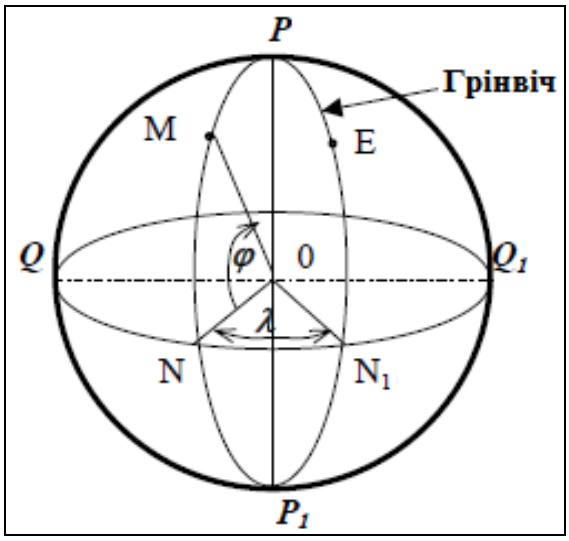


Рисунок 2.1 – Географічні координати:
φ – географічна широта; **λ** – географічна довгота

Довготу вимірюють від початкового меридіана на схід і захід, називаючи, відповідно, східною і західною. Вона змінюється від 0 до 180°.

Топографічні карти видаються окремими аркушами обмеженого формату, що поєднуються в загальну карту єдиною системою розграфки. Трапецієподібна розграфка карт здійснюється паралелями і меридіанами.

Аркуші топографічних карт із трапецієподібної розграфкою укладені в три рамки: зовнішню, внутрішню і хвилинну (рис. 2.2).

Зовнішня рамка має декоративне призначення.

Внутрішня рамка утворена відрізками паралелей і меридіанів. У кутах рамки підписуються широти паралелей і довготи меридіанів.

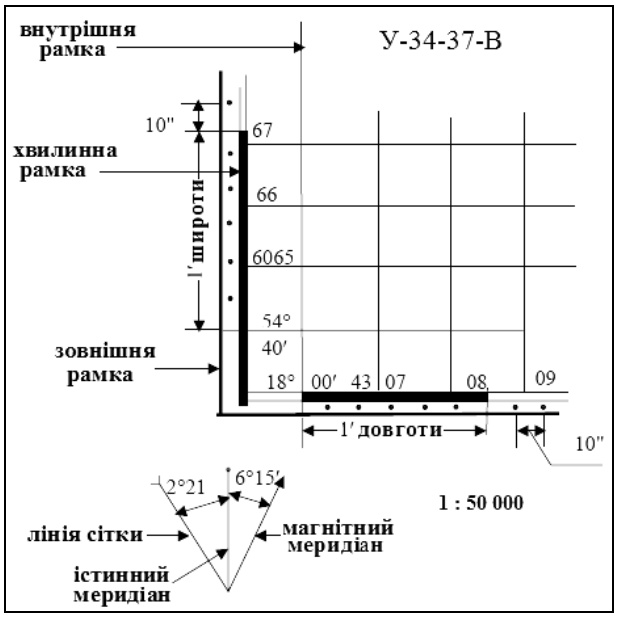


Рисунок 2.2 – Фрагмент аркуша топографічної карти масштабу 1:50000

Хвилинна рамка складається з чорних і білих інтервалів, що відповідають одній хвилині широти і довготи. Ця рамка служить для визначення географічних координат точок на карті та для нанесення точок на карту по відомих координатах.

Для визначення на карті географічних координат деякої точки потрібно провести через неї меридіан і паралель та по відповідним рамках трапеції відрахувати число хвилин, які потім додаються або віднімаються від значень географічних координат прийнятого початку їхнього відліку по карті (рис. 2.3).

Якщо позначити початок відліку широти і довготи через $\varphi_п$ та $\lambda_п$ відповідно (зняті в кутах хвилинної рамки, найближчих до досліджуваної точки), а через Δ – збільшення географічних координат до точки **А**, то її широта і довгота визначаються по формулі:

$$\varphi_A = \varphi_п \pm \Delta\varphi' \pm \Delta\varphi''; \quad \lambda_A = \lambda_п \pm \Delta\lambda' \pm \Delta\lambda''. \qquad (2.1)$$

Для обчислення $\Delta\varphi'$ достатньо обчислити кількість цілих заштрихованих і не заштрихованих інтервалів від кута рамки до точки **А**.

Для обчислення $\Delta\varphi''$ та $\Delta\lambda''$ за допомогою циркуля-вимірника і масштабної лінійки, по карті визначають відрізки $\Delta\boldsymbol{a}$ та $\Delta\boldsymbol{b}$ (у міліметрах), а по хвилинній рамці вимірюють відстані $\boldsymbol{a}$ та $\boldsymbol{b}$ (у міліметрах), що відповідають 1 хвилині (1′) або 60 секундам (60″) по широті та довготі. Збільшення географічних координат у секундах визнається по формулах:

$$\Delta\varphi'' = \Delta\boldsymbol{a}\cdot 60/\boldsymbol{a}; \quad \Delta\lambda'' = \Delta\boldsymbol{b}\cdot 60/\boldsymbol{b}. \qquad (2.2)$$

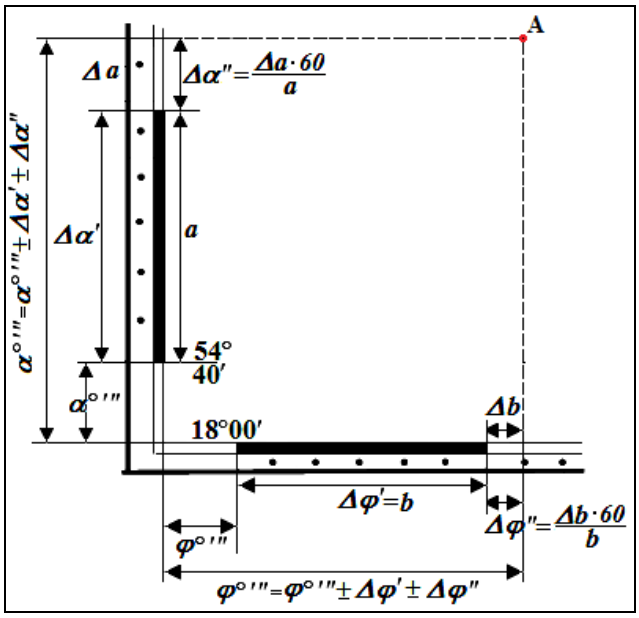


Рисунок 2.3 – Визначення довготи й широти в прямокутній системі координат

Наприклад, для визначення широти φ_A точки **A** (рис. 2.4) проводять через цю точку паралель (тобто лінію, паралельну південній стороні рамки карти). Знаходять відстань від цієї паралелі до південної сторони рамки, оцінюючи секунди по формулі (2.2), які дорівнюють: 44".

З урахуванням того, що широта південної сторони рамки дорівнює 54° 40', шукана широта точки **A** буде дорівнювати: φ_A = 54°40'44".

Довготу точки **A** знаходять аналогічно, провівши через точку **A** істинний меридіан (рис. 2.4). Для даного прикладу λ_A = 18°00'51".

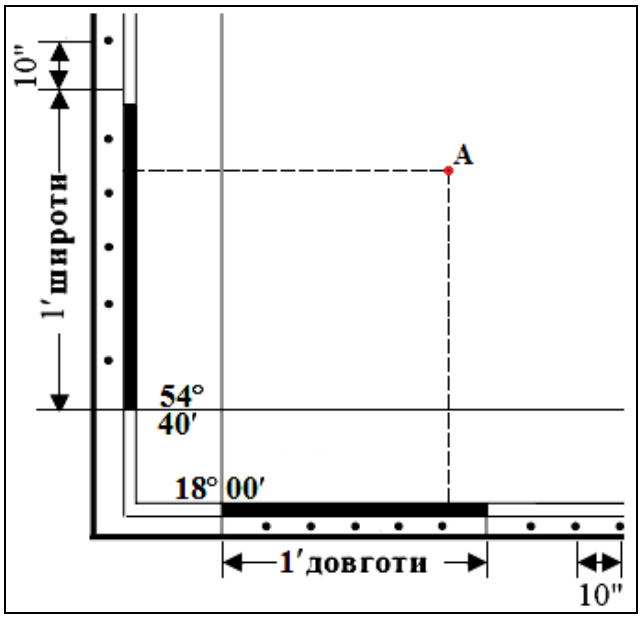


Рисунок 2.4 – Визначення географічних координат

Зональна система прямокутних координат. Географічні координати, що виражаються в кутових величинах, незручні для практичного використання в інженерних розрахунках, у яких широко оперують довжинами.

Крім того, лінійні значення кутових одиниць на різних широтах земного еліпсоїда різні. Тому для виконання геодезичних і маркшейдерських зйомок та для зображення їхніх результатів на планах і картах більш зручною є система плоских прямокутних координат, що значно спрощує здійснення даних зйомок на територіях гірничих підприємств, обчислення координат опорних пунктів тощо. Плоска система координат забезпечує можливість сполучення планів суміжних ділянок.

При побудові карт зображення земної поверхні, що було отримано на еліпсоїді чи окремій його частині, повинне бути розгорнуте в площину (на листі паперу). Виконати таку операцію без розривів і складок сферичної поверхні, що розгортається, неможливо. Для вирішення цієї задачі використовують додаткові поверхні, на які з еліпсоїда проектується відображена на ньому інформація, а після цього можуть бути легко розгорнуті в площину, наприклад, циліндрична чи конічна поверхня, якщо їх розрізати уздовж утворюючих.

При виконанні цієї операції допоміжне тіло передбачається дотичним до референц-еліпсоїда. На допоміжну фігуру переноситься мережа паралелей і меридіанів, що на листі карти виконує роль картографічної сітки. Спосіб переходу від зображення земної поверхні зі сфери на площину визначає вид картографічної проекції, кожна з яких припускає деяке перекручування географічних об’єктів, розташованих на референц-еліпсоїді та плоскому листі карти.

Вивченням картографічних проекцій займаються в математичній картографії, де вони розглядаються у виді аналітичних залежностей між координатами точок на поверхні референц-еліпсоїда і координатами їхніх проекцій на площину.

Циліндри, на які переносяться ділянки земного еліпсоїда, розрізаються по утворюючим і розрізані частини розгортаються в площині. При використанні проекції Гауса (рис. 2.5) одержують на листі папера подібне зображення поверхні земного еліпсоїда в межах окремих фігур, які називають ***зонами***. Зручностями системи плоских прямокутних координат можна скористатися в межах порівняно невеликих розрізнених ділянок, на яких можна не враховувати кривизну Землі.

Сутність зональної системи прямокутних координат. На поверхні Землі проведемо меридіани через 6°, почавши з нульового (Гринвіцького) меридіану, що приймемо західною границею першої зони. Потім пронумеруємо зони в напрямку з заходу на схід, одержавши в такий спосіб 60 зон.

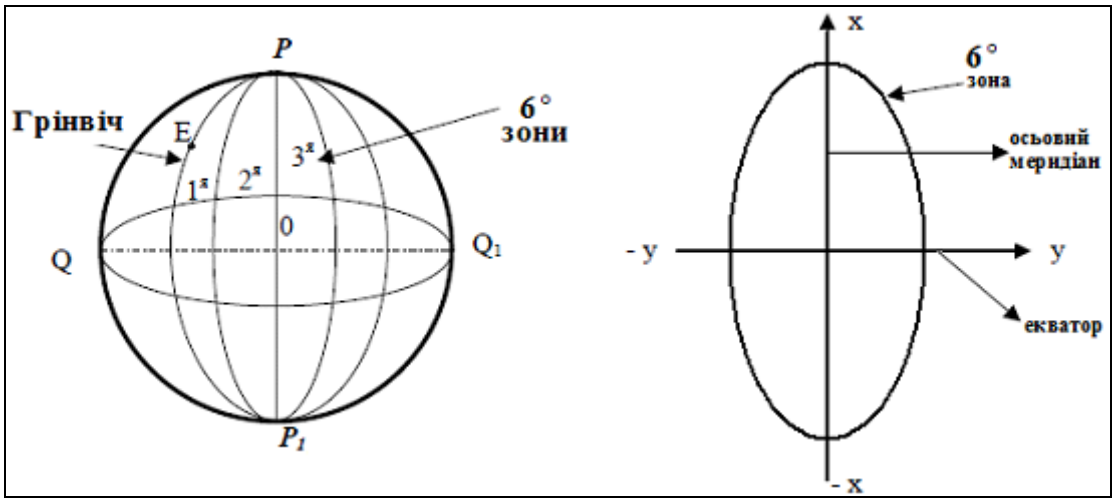


Рисунок 2.5 – Зональна система прямокутних координат

Якщо позначити географічні довготи західного і східного меридіанів, обмежуючих зону, відповідно $\lambda_з$ і $\lambda_с$, а довготу середнього, осьового, меридіана $\lambda_о$, то, знаючи номер зони **n**, можна визначити значення їх довгот наступними простими формулам:

$$\lambda_з = 6(\mathbf{n} - 1), \quad \lambda_о = 6\mathbf{n} - 3, \quad \lambda_с = 6\mathbf{n}, \qquad (2.3)$$

де **n** – номер зони.

Загальні представлення про те, як виходять плоскі зображення сферичних поверхонь зон, можна одержати, уявивши собі, що земний еліпсоїд укладений у циліндр (рис. 2.6), вісь якого лежить у площині екватора, а внутрішня поверхня циліндра дотична до осьового меридіана даної зони. Циліндр можна проектувати на площу без перекручувань.

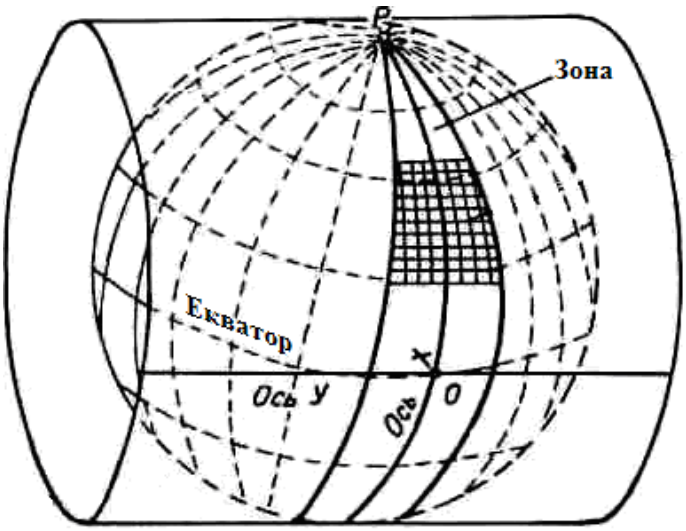


Рисунок 2.6 – Проекція зони на внутрішню поверхню циліндра

До півночі від паралелі 35° найбільше віддалення від осьового меридіана складає 270 км, при якому відносне перекручування довжин виражається 1:1100, тобто не виходить за межі точності звичайних лінійних вимірів. Цим і обумовлений розмір зони в 6° по довготі.

У кожній зоні зображення осьового меридіана приймається за вісь абсцис **X**, а зображення екватора за вісь ординат **Y**. Початком координат є точка перетинання осьового меридіана з екватором. Правило знаків звичайне.

Для забезпечення однозначності визначення планового положення точок на земній поверхні і зручності в роботі прийняте наступне:

1) початок координат у кожній зоні перенесене на 500 км на захід від осьового меридіана, чим виключені від'ємні значення ординат;

2) перед кожною ординатою ставиться (вводиться в її значення) номер зони.

Удосконалені в такий спосіб ординати називаються ***приведеними***.

Наприклад, якщо приведені ординати точок **A** та **B** дорівнюють, відповідно: $\mathbf{Y_A}$ = 4374,284 км та $\mathbf{Y_B}$ = 4884,326 км, то це означає, що ці обидві точки знаходяться в 4-й зоні, а їхні звичайні ординати дорівнюють: $\mathbf{Y_A}$ = –125,716 км та $\mathbf{Y_B}$ = +384,326 км.

У кожній зоні вибирається прямокутна система координат, причому її центр збігається з точкою перетинання проекції осьового меридіана з проекцією екватора. Осьовий меридіан приймається за вісь **X**, а зображення екватора, перпендикулярне до осьового меридіана – за вісь **Y** (рис. 2.7). Координати **X** точок, розташованих на північ від екватора, вважаються додатними, а на південь – від'ємними.

Територія України знаходиться в північній півкулі, тому координати **X** мають лише додатне значення. Значення ж звичайних ординат **Y**, можуть бути як додатними, так і від'ємними, що представляє незручності при вирішенні різних геодезичних задач. Для того щоб не мати справи з від'ємними значеннями ординат, як вже відмічалося вище, у кожній зоні початок координат переноситься на 500 км на захід від осьового меридіана зони. Отриману в такий спосіб ординату прийнято називати ***приведеною***.

Між внутрішньою і хвилинною рамками аркушів карт виписані ординати і абсциси виходів ліній координатної кілометрової сітки. При цьому для території України першою цифрою (з 4 по 9) або двома першими (з 10 по 32) в значеннях ординат помічений номер зони, а величини самих ординат, що відлічуються від осьового меридіана, збільшені на 500 км (приведені ординати).

Наприклад, підпис виходу сітки 4311 означає, що даний аркуш карти розташований в 4-й зоні, а ордината даної лінії (в системі Гауса) має від'ємне значення: 311 – 500 = –189 км.

Для визначення положення точки в прямокутній системі координат використовують кілометрову сітку топографічної карти.

Прямокутні координати точки визначають по формулах:

$$\mathbf{X} = \mathbf{X_0} + \mathbf{\Delta x}, \qquad (2.4)$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{Y_0} + \mathbf{\Delta y}, \qquad (2.5)$$

де $\mathbf{X_0}$ та $\mathbf{Y_0}$ – координати південно-західного кута квадрата, в якому розташована задана точка;

Δx та **Δy** – прирости координат (відстані від відповідних сторін квадрата до точки в масштабі карти).

Прийнявши за вісі координат прямокутної системи кілометрові лінії 6065 та 4311 (рис. 2.7), опускають на них з обумовленої точки **В** перпендикуляри **Δx** та **Δy**, довжини яких вимірюють за допомогою лінійки і обчислюють з врахуванням масштабу: в 1 см на карті 500 м на місцевості.

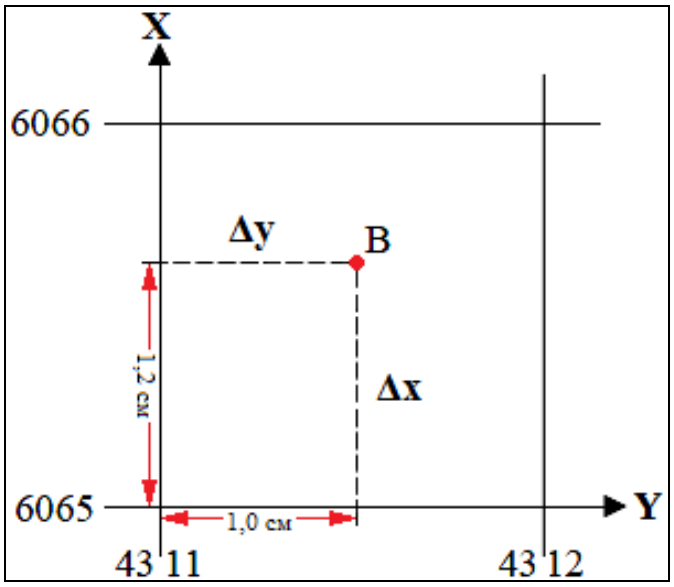


Рисунок 2.7 – Схема визначення прямокутних координат точки (М 1:50000):
Δx = 1,2 см × 500 = 600 м; $\mathbf{X_B}$ = 6065000 + 600 = 6065600 м;
Δy = 1,0 см × 500 = 500 м; $\mathbf{Y_B}$ = 4311000 + 500 = 4311500 м

2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 2

Завдання 1. З використанням фрагменту аркуша карти (**Додаток А**) самостійно визначте **географічні координати** точок **А** і **Б**.

Завдання 2. З використанням фрагменту аркуша карти (**Додаток А**) самостійно визначте **прямокутні координати** точок **А** і **Б**.

Завдання 3. Під час аудиторних занять нанесіть на топографічну карту точки, координати яких (географічні та прямокутні) будуть задані викладачем.

2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 2

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. Які види координат ви знаєте?
2. Що входить в систему географічних координат?
3. Що таке географічна широта?
4. Що таке географічна довгота?
5. В які три рамки укладено аркуш топографічної карти?
6. У чому сутність зональної системи прямокутних координат?
7. Як з використанням номера зони визначити географічні довготи західного, східного та осьового (середнього) меридіанів зони?
8. Що називають приведеною ординатою точки?
9. За якими формулами визначають прямокутні координати точки?
10. Чим відрізняється географічна система координат від зональної системи прямокутних координат?

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ВИЗНАЧЕННЯ КУТІВ ОРІЄНТУВАННЯ І ПЛОЩИН ПО ТОПОГРАФІЧНИЙ КАРТІ

3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 3

Кути орієнтування. Горизонтальні кути і напрями ліній на картах і планах вимірюють (або будують) геодезичними транспортирами. При вимірюваннях транспортир необхідно прикладати так, щоб обидві мітки нульового діаметра (0 і 180°) знаходилися на одній лінії, а центральна мітка (нуль прямолінійної шкали) співпадав з вершиною кута.

Орієнтувати лінію на місцевості – означає визначити її положення щодо іншого напрямку, прийнятого за відправне.

В якості відправних в геодезії використовують такі напрями (рис. 3.1):

– північний напрямок ***істинного (географічного) меридіана*** ($\mathbf{N_i}$);

– північний напрям ***магнітного меридіана*** ($\mathbf{N_м}$);

– північний напрям ***осьового меридіана зони*** ($\mathbf{N_o}$) або паралельного йому напряму.

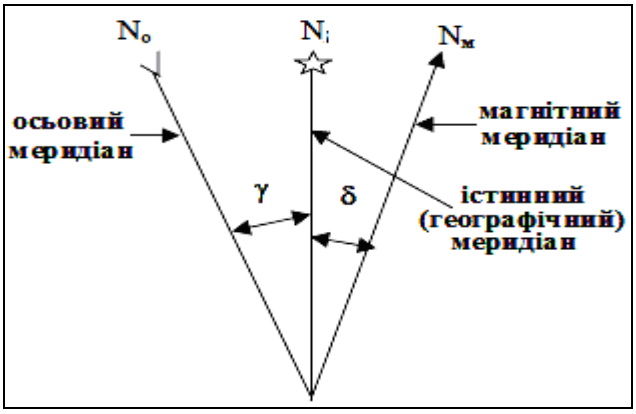


Рисунок 3.1 – Вихідні напрямки для орієнтування ліній

Напрям $\mathbf{N_i}$ – це горизонтальна лінія в площині ***географічного меридіана***. Він вказує на Північний полюс Землі.

Напрям $\mathbf{N_м}$ – це горизонтальна лінія в площині ***магнітного меридіана***, тобто прямовисній площині, що проходить через вісь вільно підвішеної магнітної стрілки.

Через нерівномірний розподіл магнітних мас всередині Землі напрям магнітного меридіана не співпадає з напрямком на магнітний полюс. Крім того, магнітна вісь Землі відхилена від осі обертання Землі приблизно на 12°. Під впливом цих факторів між напрямами географічного і магнітного меридіанів в будь-якій точці на поверхні Землі утворюється кут **δ** (рис. 3.1). Кут **δ** називають ***схиленням магнітної стрілки*** і відраховують від істинного меридіану до магнітного. Східному схиленню приписують знак плюс, західному – знак мінус.

Напрям $\mathbf{N_o}$ – це напрям, як правило, паралельний осьовому меридіану або вісі абсцис координатної сітки зони. Якщо точка розташована на осьовому меридіані, то напрями $\mathbf{N_i}$ та $\mathbf{N_o}$ збігаються. Якщо точка не на осьовому меридіані, то між осьовим та істинними меридіаном утворюється кут γ (рис. 3.1). Кут γ називають ***зближенням меридіанів***. Він відраховується від істинного меридіану до осьового меридіану. Східному зближенню приписують знак плюс, західному – знак мінус. Зближення меридіанів можна визначити зі схеми під південною рамкою топографічної карти.

Зорієнтувати на місцевості яку-небудь лінію **MN** (рис. 3.2) – означає визначити кут, під яким дана лінія спрямована відносно до іншої лінії, прийнятої за початок відліку. У геодезії за кути орієнтування приймають ***азимут*** або ***дирекційний кут***.

Азимут – горизонтальний кут, відлічуваний від північного напрямку меридіана до даної лінії **MN** за ходом годинникової стрілки (рис. 3.2).

Якщо азимут відраховується від географічного меридіана, то його називають ***істинним азимутом*** $\mathbf{A_i}$, а якщо від північного напрямку вільно підвішеної магнітної стрілки, то його називають ***магнітним азимутом*** $\mathbf{A_м}$.

Різницю $\boldsymbol{\delta} = \mathbf{A_i} - \mathbf{A_м}$ називають ***схиленням магнітної стрілки***. Схилення $\boldsymbol{\delta}$ може бути західним (має знак «–») чи східним (має знак «+»).

Величина азимута однієї і тієї ж лінії залежить від положення точки відліку.

Дирекційний кут – горизонтальний кут α_{MN}, який відраховується від північного напряму осьового меридіана зони або лінії, йому паралельної, за ходом годинникової стрілки до лінії, що орієнтується.

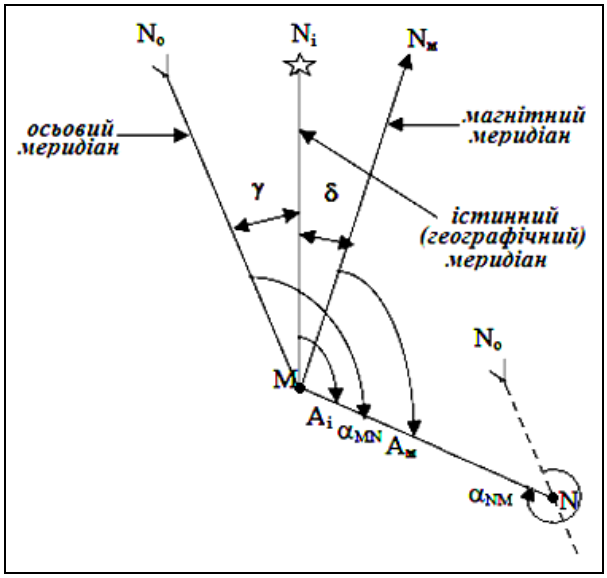


Рисунок 3.2 – Залежність між істинним і магнітним азимутами та дирекційними кутами

Дирекційний кут **α** змінюється від 0 до 360°. На топографічних картах і планах паралельні осьовому меридіану лінії нанесені у вигляді координатної кілометрової сітки.

Іноді на практиці користуються румбами.

Румб – гострий кут між найближчим (північним або південним) вихідним напрямом і даною лінією (рис. 3.3). Позначення румба починають з вказівки чверті: **ПнСх** (північно-східна – I), **ПдСх** (південно-східна – II), **ПдЗх** (південно-західна – III), **ПнЗх** (північно-західна – IV). Далі записують числове значення кута від 0 до 90°.

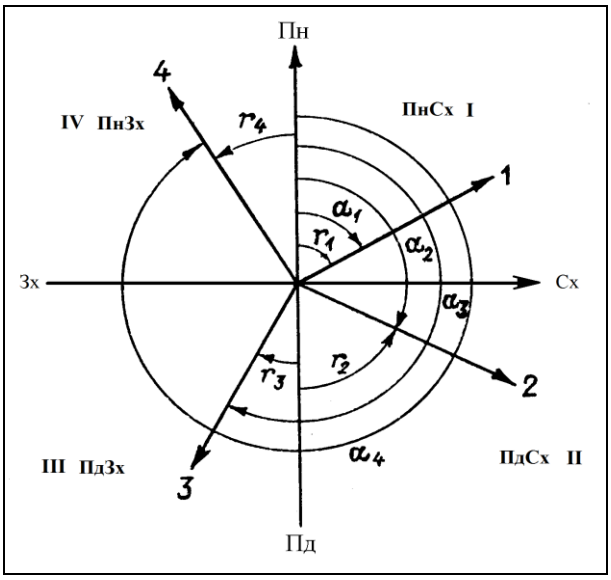


Рисунок 3.3 – Зв’язок дирекційних кутів з румбами

На рис. 3.2 показані істинний $\mathbf{A_i}$ та магнітний $\mathbf{A_м}$ азимути, дирекційний кут **α** лінії **MN**, зближення меридіанів **γ** і схилення магнітної стрілки **δ**. З рис. 3.2 видно

$$\mathbf{A_i} = \mathbf{A_м} + \boldsymbol{\delta} \text{ та } \mathbf{A_i} = \boldsymbol{\alpha} + \boldsymbol{\gamma}. \qquad (3.1)$$

У лінії **MN** (рис. 3.2) напрям від точки **M** до точки **N** називають прямим, а від **N** до **M** – зворотним. Відповідно говорять про дирекційні кути прямого і зворотного напрямку.

Часто дирекційний кут $\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{MN}}$ в точці **M** називають прямим, а дирекційний кут $\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{NM}}$ в точці **N** – зворотнім. Залежність між цими кутами має вигляд:

$$\boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{NM}} = \boldsymbol{\alpha}_{\mathbf{MN}} + \mathbf{180°}. \qquad (3.2)$$

При камеральній обробці польових матеріалів буває зручніше замість дирекційних кутів використовувати румби.

Розрізняють ***істинні***, ***магнітні*** та ***дирекційні румби***. ***Румби істинні*** відлічують від істинного меридіана; ***магнітні*** – від магнітного; ***дирекційні*** – від напряму вісі абсцис або лінії, паралельної до неї. Перед числовим значенням румба вказують його напрям відносно сторін світу. Зв'язок між азимутами (**А**), дирекційними кутами (**α**) і румбами (**r**) показано на рис. 3.3 та в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Зв'язок румбів з іншими кутами

Номер чверті	Азимут (**А**), дирекційний кут (**α**)	Румби **r**
I	0–90°	**ПнСх**: **r** = **А**
II	90–180°	**ПдСх**: **r** =180° – **А**
III	180–270°	**ПдЗх**: **r** = **А** – 180°
IV	270–360°	**ПнЗх**: **r** = 360° – **А**

Зв'язок румбів з іншими кутами широко застосовують в геодезії при розв'язанні на площині прямої й оберненої геодезичних задач. Наприклад, потрібно визначити дирекційний кут лінії **KL** (рис. 3.4). Для цього лінію **KL** продовжують до перетину з найближчою вертикальною лінією координатної кілометрової сітки (4312). Приклавши до точки перетину нуль транспортира і поєднавши його нульовий діаметр з цією вертикальною лінією, відраховують за годинниковою стрілкою кут **α** від північного напряму. На рис. 3.4 цей кут дорівнює **α** = 328° 30'. Зі схеми розташування осьового (лінія сітки), істинного і магнітного меридіанів, наведеною під південною стороною рамки карти, видно, що істинний азимут $\mathbf{A_i}$ лінії **KL** менше дирекційного кута **α** тієї ж лінії на величину зближення меридіанів **γ** = 2°21'. Отже, А = **α** – **γ** = 328°30' – 2°21' = 326°09'.

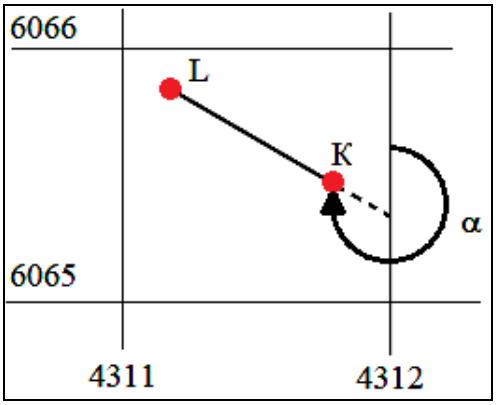


Рисунок 3.4 – Визначення дирекційного кута ліні

В свою чергу, магнітний азимут $\mathbf{A_м}$ лінії **KL** менше істинного азимута $\mathbf{A_i}$ тієї ж лінії на величину схилення магнітної стрілки **δ** = 6°15', тобто: $\mathbf{A_м}$ = **А** – **δ** = 326°09' – 6°15' = 319°54'.

Визначення площі топографічної поверхні. Обчислення площ за результатами вимірів на місцевості дає більш високу точність. Залежно від розміру та форми ділянок і бажаної точності, площі можна визначати трьома способами: 1) аналітичним; 2) графічним; 3) механічним, які можна застосовувати в «чистому» вигляді або у комбінації між собою графічного та аналітичного способів (графоаналітичний).

Аналітичний спосіб. Обчислення площ за координатами вершин полігону застосовується, коли полігон має складну форму багатокутника, границі якого прямолінійні та відомі координати його вершин (рис. 3.5). Для виведення відповідних формул візьмемо простий замкнений полігон у вигляді п’ятикутника, координати вершин **12345** якого відомі (табл. 3.2).

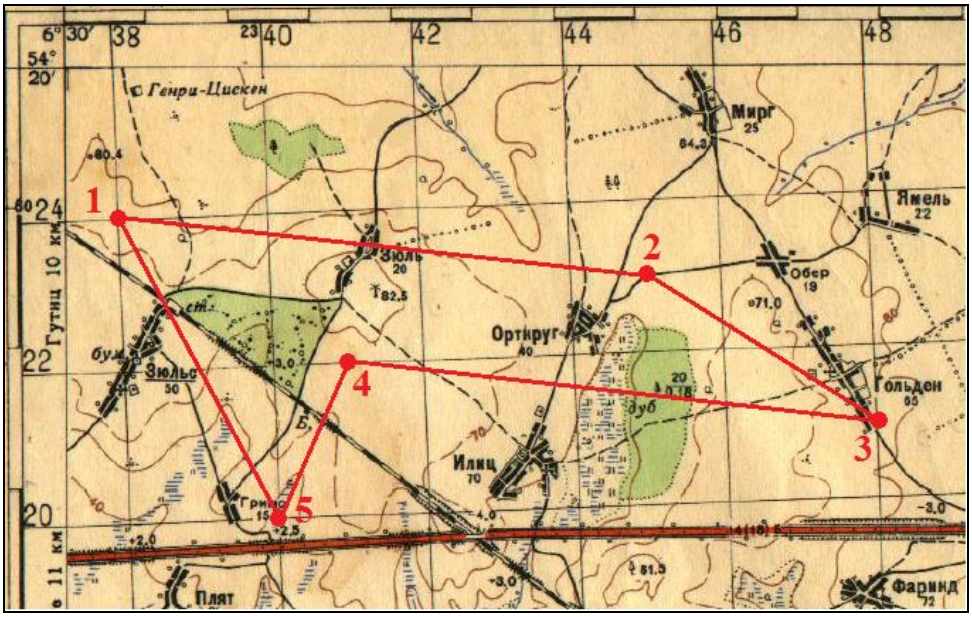


Рисунок 3.5 – Фрагмент аркуша карти. Масштаб М 1:100000

В загальному випадку це рівняння виразиться такою формулою:

$$2S = \Sigma X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) \qquad (3.3)$$

і читається так: подвійна площа багатокутника дорівнює сумі послідовних добутків абсцис (іксів) на різницю ординат (ігреків) наступної та попередньої по відношенню до абсциси.

Якщо праву частину рівняння згрупувати по Y (ігреках), то формула набере вигляду:

$$2S = \Sigma Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1}) \qquad (3.4)$$

і читається так: подвійна площа багатокутника дорівнює сумі послідовних добутків ординат (ігреків) на різницю абсцис (іксів) попередньої і наступної по відношенню до ординати.

Таблиця 3.2 – Відомість для обчислення площі замкненого полігону

Вершина, i	Координати		Різниці		Добутки	
	X_i, км	Y_i, км	$X_{i-1} - X_{i+1}$	$Y_{i+1} - Y_{i-1}$	$X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1})$	$Y_i(X_{i-1} - X_{i+1})$
1	6024	2338	-3	5	30120	-7014
2	6023	2345	3	10	60230	7035
3	6021	2348	1	-4	-24084	2348
4	6022	2341	1	-8	-48176	2341
5	6020	2340	-2	-3	-18060	-4680
		Сума:	0	0	30	30
				Площа, S, км^2:	15	15

Примітка до табл. 3.2: вершини полігону **12345** пронумеровані за ходом годинникової стрілки, відповідно до рис. 3.5.

Звичайно результати обчислення площі за обома формулами мають бути однаковими. Цей спосіб є найбільш точним, бо помилка у визначенні площі залежить тільки від помилок вимірювань.

Наближено вважається, що відносна помилка визначення площі дорівнює подвійній відносній помилці вимірювання ліній, наприклад, для середніх умов вимірювання ліній мірною стрічкою відносна помилка дорівнює 1:2000, тоді відносна помилка визначення площі буде 1:1000.

Основний недолік способу – складність обчислень. Тому в сучасних умовах для визначення площ полігонів, особливо з великою кількістю вершин, застосовують комп’ютери, в пам’ять яких занесені формули. Вводячи у комп’ютер координати точок (вершин полігона) дуже швидко дістають площу полігона, із занесенням результатів у спеціальну відомість.

Графічний спосіб. Цим способом площі обчислюють за результатами вимірів ділянок на місцевості, якщо межі їх прямолінійні та фігура ділянки має просту геометричну форму (трикутника, прямокутника, трапеції тощо). Підставляючи величини основ, висот та інших вимірів у формули, відомі з геометрії та тригонометрії, знаходять їх площу.

Точність визначення площ графічним способом залежить від точності вимірювання ліній на плані. Відомо, що відрізки прямої вимірюються на плані з точністю 0,1 мм незалежно від довжини ліній. Тому відносна помилка при вимірюванні коротких ліній буде більшою, ніж при вимірювання довгих ліній, отже, фігури, на які поділяється полігон, повинні бути по можливості більшими і не дуже витягнутими, щоб основа і висота фігури були приблизно однаковими, а план – у крупнішому масштабі. При цьому бажано в розрахунках у першу чергу використовувати лінії, довжина яких виміряна безпосередньо на місцевості. Для того, щоб уникнути грубих помилок і підвищити точність визначення площі, лінії вимірюють двічі з допустимою похибкою 1/200.

Графічний спосіб застосовують також для визначення площі витягнутих контурів (доріг, каналів, невеликих річок).

Загальне правило для графічного способу таке: чим крупнішим є масштаб плану (карти), тим точніше визначається площа. До графічного способу відносять також визначення площ палетками.

Палетка – це сітка квадратів із стороною 0,2, 0,4, 0,5 або 1 см, накреслена на прозорому матеріалі (технічній фотоплівці, органічному склі, восківці), або сітка паралельних ліній, накреслених на тому ж матеріалі через однакові відстані одна від одної (0,2, 0,4, 0,5 або 1 см).

Палетки використовують при визначенні площі ділянок, які мають криволінійні контури: невеликі розміри на плані: до 2 см^2 для квадратної палетки і близько 10 см^2 для палетки з паралельними лініями.

Квадратну палетку накладають на контур ділянки і підраховують кількість повних квадратів, що вміщуються в контурі. Із неповних квадратів, розміщених на периферії контуру на око складають цілі квадрати і визначають загальну кількість квадратів.

Потім обчислюють площу одного квадрата у квадратних метрах (або гектарах) за масштабом плану. Добуток площі одного квадрата на кількість їх у даному контурі дасть площу всієї ділянки.

Визначення площ квадратною палеткою проводиться з відносною похибкою від 1/50 до 1/100 вимірюваної величини.

Палетка з паралельними сторонами – це сітка паралельних ліній, відстань між якими (h) однакова. Для визначення площі палетку накладають на контур ділянки. Фігуру кожної ділянки, обмеженої двома сусідніми паралельними лініями, умовно приймають за трапецію, площу якої можна визначити через середню лінію (l) і висоту (h).

Площа першої трапеції буде $S_1 = l_1 \cdot h$, другої $S_2 = l_2 \cdot h$, третьої $S_3 = l_3 \cdot h$ і т.д., n-ї трапеції $S_n = l_n \cdot h$.

Загальна площа контуру дорівнюватиме сумі площ трапецій, тобто:

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + ... + S_n. \qquad (3.5)$$

Підставивши значення площі кожної трапеції, одержимо:

$$S = l_1 \cdot h + l_2 \cdot h + l_3 \cdot h + ... + l_n \cdot h. \qquad (3.6)$$

Винесемо h за дужки та дістанемо:

$$S = h \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + ... + l_n). \qquad (3.7)$$

Отже, для обчислення площі ділянки за допомогою палетки з паралельними лініями, треба знайти сумарну довжину середніх ліній у сантиметрах. За масштабом перевести її у метри і помножити на відстань між двома сусідніми паралельними лініями (h), також переведену у метри.

Довжини середніх ліній вимірюють циркулем-вимірювачем. Для прискорення і полегшення визначення площі під палеткою розміщують шкалу – графіки лінійних масштабів площ. Ними користуються як звичайним лінійним масштабом. На шкалі потрібного масштабу циркулем-вимірювачем відкладають сумарну довжину середніх ліній і на масштабі читають площу даної ділянки відразу у гектарах.

Механічний спосіб визначення площ. При цьому способі застосовують спеціальний прилад – ***планіметр***.

Планіметр – це механічний або електронний прилад, який дає можливість шляхом обводу контуру фігури будь-якої форми визначити її площу. Існують лінійні та полярні планіметри (рис. 3.6). Більш поширеними є полярні планіметри з однією або двома каретками.

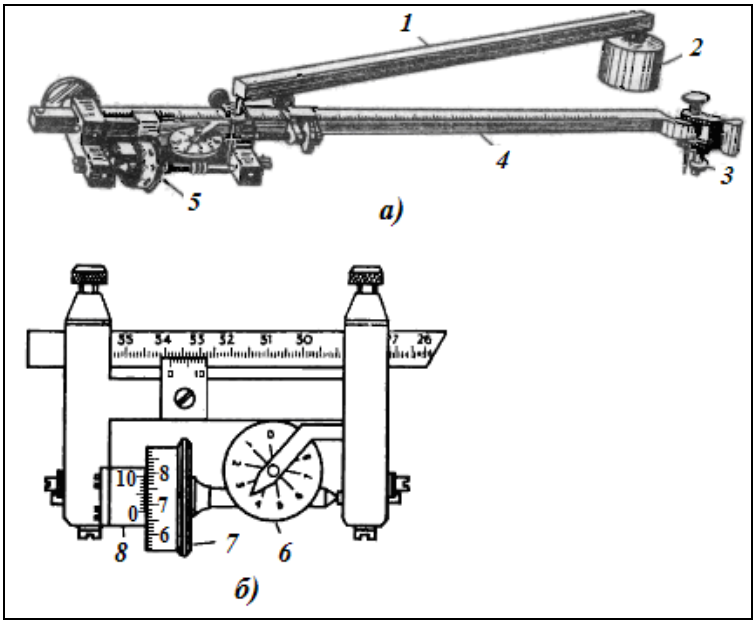


Рисунок 3.6 – Полярний планіметр:
а) – зовнішній вигляд; ***б)*** – відліковий пристрій (відлік 3682)

Однокаретковий полярний планіметр складається з полюсного і обвідного важелів та каретки (рис. 3.6). На каретці змонтовано відліковий механізм: лічильний ролик з барабаном, який має шкалу на 100 поділок і циферблат з 10 поділками. Лічильний ролик, перемішуючись по плану (карті) показує кількість поділок, пройдених ним під час обводу контуру фігури. Кількість повних обертів ролика відраховують по циферблату, а його частин – за допомогою верньєра.

Полюсний важіль (1) є металевим бруском квадратного перерізу на одному кінці якого прикріплено тягарець-полюс (2), в центрі нижньої частини якого уставлено голку. За допомогою голки полюс закріплюють на плані (карті). Другий кінець полюсного важеля має шарнір (стрижень із кулеподібною головкою), який скріплений з бруском під прямим кутом.

Шарнір під час роботи планіметра вільно вставляється у конусний отвір каретки. Полюсний важіль звичайно пофарбований у чорний колір.

Обвідний важіль зроблений з білого металу, має вигляд такого ж бруска, як і полюсний важіль. На одному кінці обвідного важеля змонтовано обвідний пристрій у вигляді тупого шпиля або обвідного скельця в металевій оправі з точкою у центрі (3).

Шпиль або точку обвідного скельця переміщують по плану (карті) за допомогою серги. По обвідному важелю (4) пересувається каретка з відліковим механізмом (5). Залежно від її положення на важелі визначають його довжину, користуючись шкалою верньєра важеля. У двокареткових планіметрів марки ПП-2К (планіметр полярний двокаретковий) на обвідному важелі змонтовано дві каретки однакової будови.

Для користування планіметром треба вміти читати відліки і визначати ціну поділки планіметра – встановлювати, скільком квадратним метрам відповідає одна поділка планіметра при даному масштабі плану.

Відлік на лічильному механізмі складається із 4 цифр. Першу цифру читають на циферблаті проти нерухомого покажчика (індексу), причому беруть меншу з двох цифр (6). Другу цифру читають на барабані лічильного ролика – це номер молодшого підписаного штриха, найближчого до нуля верньєра (7). Третю цифру також читають на барабані ролика – це кількість не підписаних поділок від другої цифри до нуля верньєра лічильного механізму (8). Четверту цифру читають на верньєрі відлікового механізму – це номер поділки верньєра, рахуючи від нуля, яка точно співпадає з будь-якою поділкою на барабані ролика (8).

Для визначення площі якої-небудь фігури полюс полярного важеля закріплюють за допомогою голки на плані поблизу вимірюваної ділянки. Обвідний пристрій (шпиль або центр обвідного скельця) встановлюють на будь-яку позначену олівцем точку контуру і на відліковому механізмі беруть перший відлік m_1 (до обводу). Потім обвідним пристроєм обводять ділянку по контуру (бажано за годинниковою стрілкою) до повернення у початкову точку і беруть другий відлік m_2 (після обводу). Різниця відліків ($m_2 - m_1$) дасть площу обведеної фігури у поділках планіметра.

Площа фігури (S) визначається за формулою:

$$S = C \cdot (m_2 - m_1), \tag{3.8}$$

де C – ціна поділки планіметра.

Теоретично ціна поділки планіметра (C) визначається за формулою:

$$C = R \cdot t, \tag{3.9}$$

де R – довжина обвідного важеля (відстань від обвідної точки скельця до осі обертання важелів); t – розмір однієї поділки планіметра.

Зазвичай $R \approx 160$ мм, а $t \approx 0{,}06$ мм. Тобто, $C = 160 \cdot 0{,}06 \approx 10$ мм^2 = 0,1 см^2.

Оскільки величина t дуже мала і одержати її точне значення важко, то ціну поділки планіметра визначають способом, викладеним нижче.

Визначення ціни поділки планіметра проводиться перед початком роботи. На папері такої ж якості, як і папір плану, будують квадрат із стороною 10 см, обчислюють його площу на місцевості у квадратних метрах за масштабом плану. Далі встановлюють планіметр у робоче положення, шпиль (або центр скельця) ставлять на одну з вершин квадрата, беруть відлік m_1 (початковий), обводять контур квадрата і дійшовши до початкової точки, беруть другий відлік m_2 (кінцевий). Площу квадрата ділять на різницю відліків ($m_2 - m_1$) і знаходять ціну поділки планіметра у квадратних метрах. Для більш точного визначення ціни поділки планіметра обводять квадрат 2-3 рази і знаходять середню різницю початкових і кінцевих відліків.

Ціна поділки планіметра залежить від масштабу плану і довжини обвідного важеля: *чим більший знаменник чисельного масштабу і чим більша буде довжина обвідного важеля, тим більшою буде і ціна поділки*.

Довжина обвідного важеля читається на самому важелі проти позначки верньєра відлікового механізму. Цю довжину можна змінити, пересунувши відліковий механізм ближче або далі від обвідного пристрою.

Перед початком роботи планіметр, як і кожний інший геодезичний прилад, треба перевірити. До планіметра пред'являються такі вимоги:

1. Відстань між барабаном лічильного ролика і дугою верньєра повинна бути мінімальною, не більше товщини листа паперу для записів.

2. Вісь лічильного ролика повинна бути паралельною до вісі обвідного важеля (якщо цієї вимоги не додержати, середні з обводів при «полюсі право» і «полюсі ліво» відрізнятиметься більше ніж на 3 поділки).

3. Різниця відліків двох сусідніх обводів повинна відрізнятись не більше як на 2 поділки верньєра.

4. Лічильний ролик має легко обертатись і не мати люфту підшипників.

5. Ремонт приладу проводять у майстерні.

6. При користуванні приладом геодезист має керуватись цими практичними рекомендаціями, виконання яких сприяє успішному вимірюванню площі ділянок.

7. Перед початком роботи планіметр перевіряють і з відповідною точністю визначають ціну його поділки.

8. Папір з планом/картою ретельно розправляють і прикріплюють до креслярської дошки, яку кладуть на горизонтальну поверхню стола.

9. Положення полюса вибирають поза контуром з таким розрахунком, щоб при обводі фігури *кут між важелями планіметра* був не менше 30° і не більше 150°, а лічильний ролик відлікового механізму не сходив з плану на дошку. Для цього треба виконати попередній швидкий обвід контуру ділянки.

10. Обвід починають в тому місці контуру, де ролик ковзає або обертається повільно, коли важелі утворюють між собою кут близький до 90° і напрямок початкового та кінцевого руху шпиля (центра скельця) приблизно співпадає з напрямом обвідного важеля.

11. Обвідний пристрій ведуть по контуру плавним і рівномірним рухом за годинниковою стрілкою, уникаючи різких поштовхів і зупинок.

12. Прямолінійні контури обводять від руки, не застосовуючи лінійки, щоб уникнути односторонньої помилки.

13. Для контролю результату кожний контур обводять не менше двох разів і розходження у різницях відліків не повинні перевищувати 3-4 поділки верньєра (в інших випадках обводи повторюють і бажано при іншому положенні полюса).

14. Розтягнуті контури, а також контури великих фігур попередньо розбивають на частини і обчислюють площу кожної частини.

15. Для вимірювання малих площ ціну поділки зменшують у два-три рази шляхом відповідного зменшення довжини обвідного важеля.

При додержанні цих рекомендацій площі вимірюють планіметром з точністю 1/200 ÷ 1/400 вимірюваної величини.

В сучасних умовах, коли широке розповсюдження знаходять електронні прилади, для вимірювання площ застосовують електронні планіметри (рис. 3.7). Ці електронні прилади, крім обвідного пристрою, мають електронно-лічильний пристрій і обчислювальну клавішну машину для друку. На табло електронно-лічильного пристрою фіксується виміряна площа. Величина площі контуру, секції або частини можуть бути надруковані на паперовій стрічці обчислювальної машини для друку. Електронний планіметр підвищує точність визначення площ, тобто підвищує якість і продуктивність роботи по визначенню площ.

Рисунок 3.7 – Приклади сучасних електронних планіметрів

3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 3

Завдання 1. З використанням фрагменту аркуша карти (**Додаток А**) самостійно визначте: ***дирекційний кут*** $\boldsymbol{\alpha_{АБ}}$, ***істинний азимут*** $\mathbf{А_{і\text{-}АБ}}$, ***магнітний азимут*** $\mathbf{А_{м\text{-}АБ}}$ та ***румб*** **r** напряму **АБ** (схилення магнітної стрілки: **δ** = 6°19' **східне**; зближення меридіанів: **γ** = 2°01' **західне**).

Завдання 2. З використанням фрагменту аркуша карти (**Додаток А**) самостійно визначте **площу контуру** аналітичним способом.

Завдання 3. Під час аудиторних занять визначте механічним і графічним способами задану викладачем на карті площу контуру.

3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 3

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 орієнтування лінії на місцевості?
2. Як визначаються кути орієнтування на топографічних картах?
3. Як виміряти на карті дирекційний кут?
4. Як перейти від дирекційного кута до магнітного азимута?
5. Чим відрізняються румби?
6. Як визначити румб з використанням значення дирекційного кута?
7. Якими трьома способами можна визначити площу по карті?
8. Який з способів визначення площі по карті є найбільш точним?
9. Що таке палетка та з якою метою вона використовується?
10. Що таке планіметр та з якою метою його використовують?

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ТЕОДОЛІТ. ВИМІРИ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ КУТІВ

4.1 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. 4.1), 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.

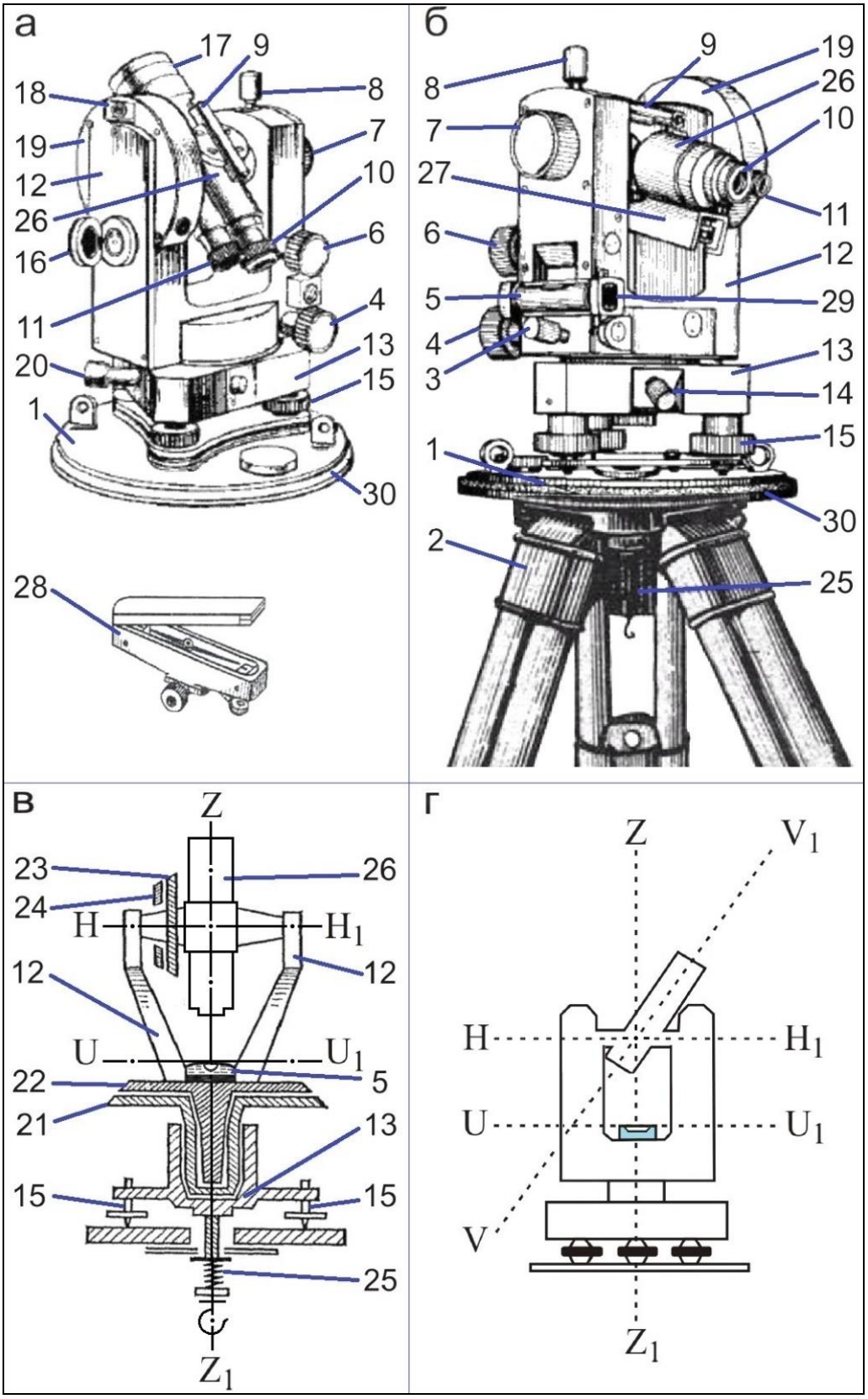


Рисунок 4.1 – Загальний вигляд і будова теодоліта 2Т30
(а – вигляд при КЛ; б – вигляд при КП;
в – схематичний розріз; г – осі теодоліта):

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 – підіймальні 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;

HH_1 – горизонтальна вісь обертання зорової труби;

VV_1 – візирна вісь;

UU_1 – вісь циліндричного рівня при алідаді ГК (при встановлені 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 повертаннями 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. 4.2). 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.

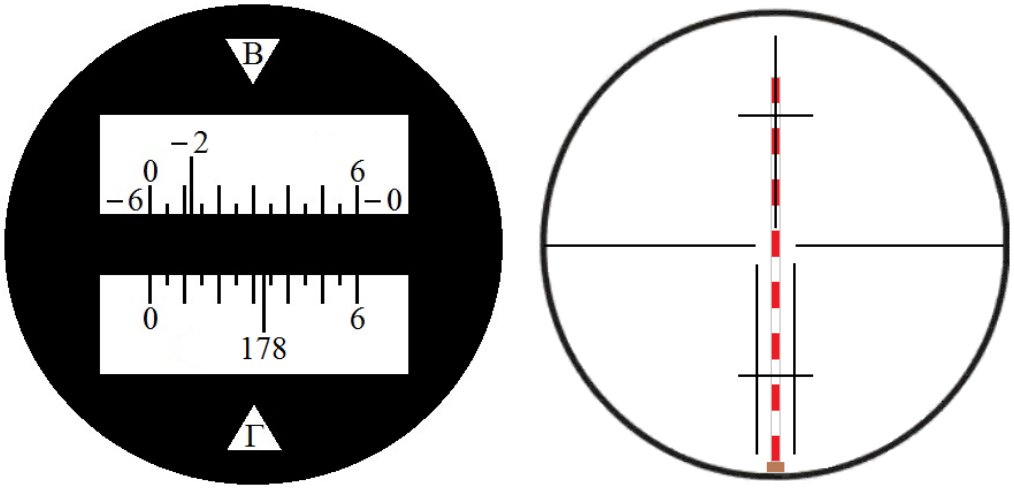


Рисунок 4.2 – Приклади поля зору зорової труби (з права) та відлікового мікроскопу (з ліва) теодоліту 2Т30П (відлік за горизонтальною шкалою (Г) складає 178°33'; відлік по вертикальній шкалі (В) дорівнює –2°12')

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 закріпних 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. 4.1);

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°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. 4.3) або оптичного центриру;

2) проводять вимірювання кутів (заносять відліки у журнал, виконують обчислення і контроль вимірювань на станції).

Вимірювання теодолітом горизонтального кута (рис. 4.4) 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. 4.1, 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. 4.1.

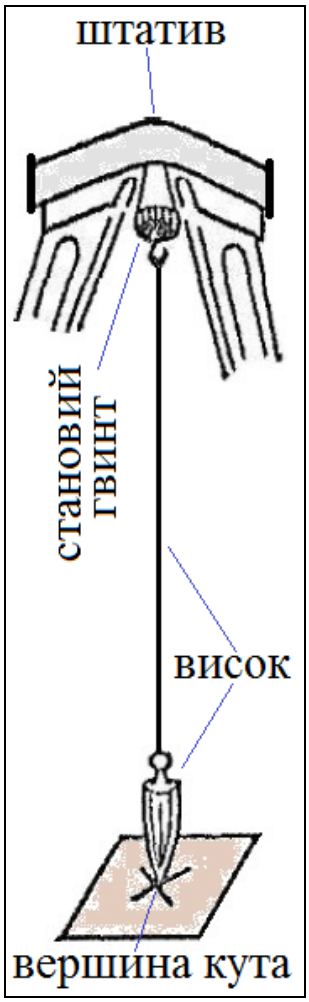


Рисунок 4.3 – Схема центрування або встановлення теодоліта у вершині вимірюваного кута (позначено хрестом) за допомогою штативу та виску

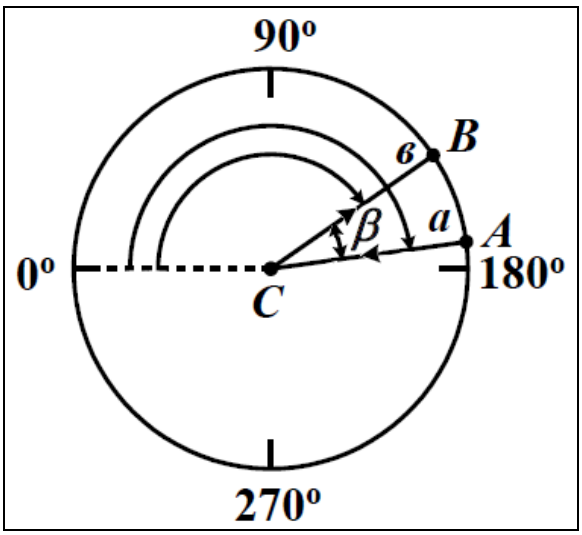


Рисунок 4.4 – Схема вимірювання правого за ходом горизонтального кута ***ACB*** способом *«прийомів»* (теодоліт 2Т30П – лімб відцифровано за ходом годинникової стрілки)

Таблиця 4.1 – 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, $\Delta\beta_{вим} \le \Delta\beta_{гр}$	Середнє значення кута, $\beta_{вим}$
C (**1**)	КП (**2**)	Задня	***A*** (**3**)	178°15' (**4**)	37°57' (**7**)	1' < 2' (**14**)	37°57'30" (**15**)
		Передня	***B*** (**5**)	140°18' (**6**)			
	КЛ (**8**)	Задня	***A*** (**9**)	0°08' (**10**)	37°58' (**13**)		
		Передня	***B*** (**11**)	322°10' (**12**)			

У першому напівприйомі виконують наступні дії:

1) встановлюють теодоліт на станції у вершині кута (***C***);

2) закріплюють лімб при КП;

3) відкріпляють 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°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 $в_{КП}$ = 140°18';

7) величина правого за ходом кута у першому півприйомі буде дорівнювати: $\beta_{КП} = a_{КП} - в_{КП}$ = 178°15' – 140°18' = 37°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 $\beta_{КП} = в_{КП} - a_{КП}$).

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°08';

11) відкріплюють алідаду і візують теодоліт при тому ж КЛ на передню точку (***B***);

12) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік $\boldsymbol{в_{КЛ}}$ = 322°10';

13) правий за ходом кута у другому півприйомі буде дорівнювати: $\boldsymbol{\beta_{КЛ}} = \boldsymbol{а_{КЛ}} - \boldsymbol{в_{КЛ}}$ = (0°08' + 360°) – 322°10' = 360°08' – 322°10' = 37°58' (якщо при розрахунку кута доводиться віднімати з меншого відліку більший, то до зменшуваного відліку додають 360°);

14) для контролю якості визначення кута визначають розбіжність результатів вимірювання цього кута в двох півприйомах (при КП та КЛ) $\Delta\boldsymbol{\beta_{вим}} = |\boldsymbol{\beta_{КП}} - \boldsymbol{\beta_{КЛ}}|$ = |37°57' – 37°58'| = |–1'| = 1', яка не має перевищувати подвійну точність відлікового пристрою ($\Delta\boldsymbol{\beta_{гр}} = 2\cdot\boldsymbol{t}$), тобто $\Delta\boldsymbol{\beta_{вим}} \leq \Delta\boldsymbol{\beta_{гр}}$ (для теодолітів серії Т30 точність відлікового пристрою $\boldsymbol{t}$ = 1', таким чином гранична похибка для повного прийому складає $\Delta\boldsymbol{\beta_{гр}}$ = 2·1' = 2'), отже, у наведеному прикладі (табл. 4.1), розбіжність результатів вимірювання кута $\Delta\boldsymbol{\beta_{вим}}$ = 1' є в межах граничної похибки $\Delta\boldsymbol{\beta_{гр}}$ = 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: $\boldsymbol{\beta_{вим}} = (\boldsymbol{\beta_{КП}} + \boldsymbol{\beta_{КЛ}})/2$ = (37°57' + 37°58')/2 = 37°57,5' = 37°57'30".

4.2 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 ($\boldsymbol{\beta}$) та вертикального ($\boldsymbol{\lambda}$) 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. 4.1).

Завдання 3. Під час аудиторних занять покажіть і назвіть пристрої та частини теодоліту 2Т30 (згідно з рис. 4.1), 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. 4.1) горизонтальних кутів, визначених способом *«прийомів»*.

4.3 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 2Т30?

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 2Т30П?

10. З якою похибкою вимірюють кути в теодолітних полігонах і ходах за допомогою оптичних теодолітів Т30 (2Т30, 2Т30П)?

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ОБРОБКА ДАНИХ ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ

5.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 5

Обробка даних теодолітного ходу належіть 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 виміряних горизонтальних кутів (табл. 5.1) та довжин сторін ходу (табл. 5.2). На схемі проставляють номери станцій, значення кутів і довжин сторін (рис. 5.1).

Таблиця 5.1 – Дані вимірювання горизонтальних кутів

Станції, i	Позначення кутів, виміряних на станціях	Середні значення кутів, $\beta_{i\ вим}$		
		°	'	°
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 5.2 – 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 ,м	145,54	108,13	170,95	149,20	121,07
	l_j ,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. 5.3), етапи яких описані нижче.

1. У відомості, складеній за формою табл. 5.3, 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 виміряні значення горизонтальних кутів $\beta_{i\ вим}$, 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 5.3 – Відомість обробки замкнутого теодолітного ходу

Номера станцій, i	Виміряні кути					Напрями сторін, j	Дирекційні кути сторін, α_j (азимути, A_j)		Румби сторін, r_j			D_j, м	Прирости координат, м						Координати станцій, м	
	$\beta_{i\,вим}$		$\upsilon_{\beta j}$	$\beta_{i\,випр}$									Обчисленні				Виправленні			
	°	'	'	°	'		°	'	Чверть	°	'		$\Delta X_{j\,обч}$	$\upsilon_{\Delta Xj}$	$\Delta Y_{j\,обч}$	$\upsilon_{\Delta Yj}$	$\Delta X_{j\,випр}$	$\Delta Y_{j\,випр}$	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														-122,58	35,50
						2-3	90	22,9	ПдСх	89	37,1	**108,13**	-0,72	0,04	108,13	0,00	-0,68	108,13		
3	**125**	**49,0**	-0,4	125	48,6														-123,26	143,63
						3-4	144	34,3	ПдСх	35	25,7	**170,95**	-139,30	0,06	99,10	0,00	-139,24	99,10		
4	**94**	**10,5**	-0,4	94	10,1														-262,50	242,73
						4-5	230	24,2	ПдЗх	50	24,2	**149,20**	-95,10	0,05	-114,97	0,00	-95,05	-114,97		
5	**92**	**34,0**	-0,4	92	33,6														-357,54	127,76
						5-1	317	50,6	ПнЗх	42	9,4	**121,07**	89,75	0,04	-81,26	0,00	89,79	-81,26		
	$\Sigma\beta_{i\,вим}$		$\Sigma\upsilon_{\beta j}$	$\Sigma\beta_{i\,випр}$			$\alpha_{1\text{-}2}$					P	f_x	$\Sigma\upsilon_{\Delta Xj}$	f_y	$\Sigma\upsilon_{\Delta Yj}$	$\Sigma\Delta X_{j випр}$	$\Sigma\Delta Y_{j випр}$	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
	$\Sigma\beta_{i\,теор}$		f_β	$f_{\beta\,гр}$								$f_{P\,абс}$			$f_{P\,відн}$		$f_{P\,гр}$			
	540	**0,0**	**2,0**	**2,2**								**0,2398**			**0,0003**		**0,0005**			

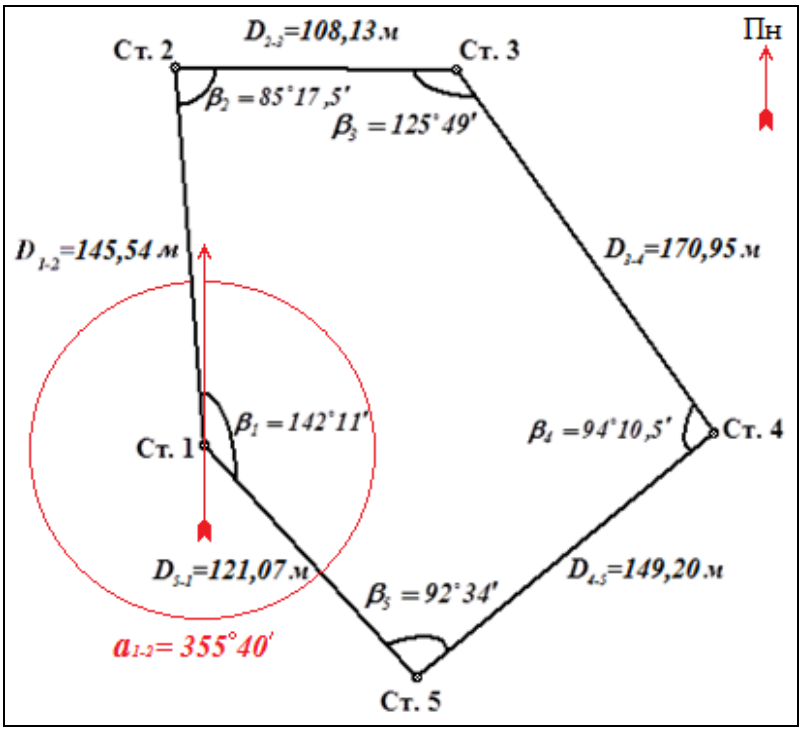


Рисунок 5.1 – Схема замкнутого теодолітного ходу (М 1:2000)

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

$$f_\beta = \Sigma\beta_{i\ вим} - \Sigma\beta_{i\ теор} = 540°2{,}0' - 540°0{,}0' = 2{,}0', \qquad (5.1)$$

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

$$\Sigma\beta_{i\ теор} = 180°\cdot(n-2) = 180°\cdot(5-2) = 180°\cdot 3 = 540°0{,}0', \qquad (5.2)$$

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

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

$$f_{\beta\ гр} = 1'\cdot m^{0,5} = 1'\cdot 5^{0,5} = 2{,}2', \qquad (5.3)$$

де m – число виміряних кутів.

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

$$\upsilon_{\beta j} = -f_\beta / m = -2{,}0' / 5 = -0{,}4'. \qquad (5.4)$$

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

$$\beta_{i\ випр} = \beta_{i\ вим} + \upsilon_{\beta j}. \qquad (5.5)$$

Далі здійснюють контроль правильності розподілу нев'язок $\upsilon_{\beta\ j}$ *у кути ходу* ($\Sigma\upsilon_{\beta j}$ = $-f_\beta$ = -2,0') *та обчислення суми виправлених кутів* $\beta_{i\ випр}$ ($\Sigma\beta_{i\ випр} = \Sigma\beta_{i\ теор}$ = 540°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:

$$\alpha_{j+1} = \alpha_j + 180° - \beta_{i+1}, \qquad (5.6)$$

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***:* $\alpha_{1\text{-}2}$ = 355°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 α_j = 0-90°, то чверть ПнСх, $r_j = \alpha_j$; якщо α_j = 90-180°, то чверть ПдСх, r_j = **180°** – α_j; якщо α_j = 180-270°, то чверть ПдЗх, $r_j = \alpha_j - 180°$; якщо α_j = 270-360°, то чверть ПнЗх, $r_j = 360° - \alpha_j$) 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***):

$$\Delta X_{j\ обч} = D_j \cdot \cos\alpha_j \qquad (5.7)$$

і

$$\Delta Y_{j\ обч} = D_j \cdot \sin\alpha_j, \qquad (5.8)$$

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, $\Sigma\Delta X_{j\ обч}$ та $\Sigma\Delta Y_{j\ обч}$) і порівнюють отримані обчисленні суми приростів координат з теоретичними, які для замкнутого теодолітного ходу дорівнюють нулю ($\Sigma\Delta X_{j\ теор} = \Sigma\Delta Y_{j\ теор}$ = 0,00 м), тому внизу стовпчиків ***14*** та ***16*** будуть записані лінійні нев'язки, розраховані за формулами:

$$f_x = \Sigma\Delta X_{j\ обч} = 145{,}12 + (-0{,}72) + (-139{,}30) + (-95{,}10) + 89{,}75 = -0{,}24, \qquad (5.9)$$

$$f_y = \Sigma\Delta Y_{j\ обч} = (-11{,}00) + 108{,}13 + 99{,}10 + (-114{,}97) + (-81{,}26) = 0{,}00. \qquad (5.10)$$

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

$$f_{P\ абс} = (f_x^{\ 2} + f_y^{\ 2})^{0,5} = (-0,24^2 + 0,00^2)^{0,5} = 0,2398. \qquad (5.11)$$

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

$$f_{P\ відн} = f_{P\ абс} / P = 0,2398 / 694,89 = 0,0003, \qquad (5.12)$$

де P – периметр теодолітного ходу, м.

13. Якщо відносна нев'язка теодолітного ходу $f_{P\ відн}$ не перевищує граничного значення $f_{P\ гр}$ (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 $\upsilon_{\Delta Xj}$ та $\upsilon_{\Delta Yj}$ (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 $\Delta X_{j\ випр}$ та $\Delta Y_{j\ випр}$ (стовпчики ***18*** та ***19***):

$$\upsilon_{\Delta Xj} = -D_j \cdot f_x / P \qquad (5.13)$$

і

$$\upsilon_{\Delta Yj} = -D_j \cdot f_y / P, \qquad (5.14)$$

$$\Delta X_{j\ випр} = \Delta X_{j\ обч} + \upsilon_{\Delta Xj} \qquad (5.15)$$

та

$$\Delta Y_{j\ випр} = \Delta Y_{j\ обч} + \upsilon_{\Delta Yj}. \qquad (5.16)$$

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:* $\Sigma\Delta X_{j\ випр} = \Sigma\Delta X_{j\ теор} = \Sigma\Delta Y_{j\ випр} = \Sigma\Delta Y_{j\ теор}$ = 0,00 м.

14. З використанням визначених виправлених приростів координат $\Delta X_{j\ випр}$ та $\Delta Y_{j\ випр}$ (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***):

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_{j\ випр} \qquad (5.17)$$

та

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_{j\ випр}, \qquad (5.18)$$

де $\Delta X_{j\ випр}$ та $\Delta Y_{j\ випр}$ – 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. 5.4.

Таблиця 5.4 – Обчислення площі полігона ***S*** (у м^2 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. 5.1).

Перед початком розрахунків площі з табл. 5.3 у стовпчик ***1*** табл. 5.4 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. 5.1), 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 – для станції **1**;

$X_1 - X_3$ = -267,75 – (-123,26) = -144,49 – для станції **2** 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:

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

$X_2 \cdot (Y_3 - Y_1) = -122{,}58 \cdot (97{,}13) = -11906{,}1954$ – 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***, м^2):» стовпчиків ***6*** та ***7***:

$$S = \Sigma X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})/2 = 61579{,}1990/2 = 30789{,}5995 \text{ м}^2 \qquad (5.19)$$

та

$$S = \Sigma Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})/2 = 61579{,}1990/2 = 30789{,}5995 \text{ м}^2. \qquad (5.20)$$

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

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

$$S = \Sigma X_i \cdot (Y_{i-1} - Y_{i+1})/2 \qquad (5.21)$$

та/або

$$S = \Sigma Y_i \cdot (X_{i+1} - X_{i-1})/2. \qquad (5.22)$$

5.2 Практична частина до лабораторної роботи № 5

<u>Завдання 1.</u> З використанням даних вимірювань горизонтальних кутів та довжин сторін замкнутого теодолітного ходу (**Додаток В, табл. В.1**) самостійно здійсніть підготовчі обчислення (за формою табл. 5.1 та 5.2) і зробіть схему даного ходу (за формою рис. 5.1) на аркуші паперу формату А4 (210 мм на 297 мм) у масштабі 1:2000 (в 1 сантиметрі 20 метрів).

<u>Завдання 2.</u> З використанням вихідних даних (**Додаток В, табл. В.1**) самостійно обробіть відомість (за формою табл. 5.3) та обчисліть площу полігона замкнутого теодолітного ходу (за формою табл. 5.4).

<u>Завдання 3.</u> 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.

5.3 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 замкненого 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?

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. НІВЕЛІР. ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВИЩЕНЬ МІЖ ТОЧКАМИ

6.1 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 допомого 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. 6.1) 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 нахилятися у вертикальній площині на ±20'. До складу нівеліра Н-3 (рис. 6.1) 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); $\boldsymbol{VV_1}$ – візирна (основна) вісь труби (уявна пряма, яка проходить через центр сітки ниток і оптичний центр об'єктива); $\boldsymbol{ZZ_1}$ – вертикальна вісь обертання нівеліра (уявна пряма, яка проходить через центр обертання труби та підставки); $\boldsymbol{UU_1}$ – вісь циліндричного рівня (уявна пряма, яка проходить по дотичній до поверхні ампули рівня в точці нуль-пункту); $\boldsymbol{KK_1}$ – вісь круглого рівня (умовна пряма, яка з'єднує центр сферичної поверхні і точку нуль-пункту).

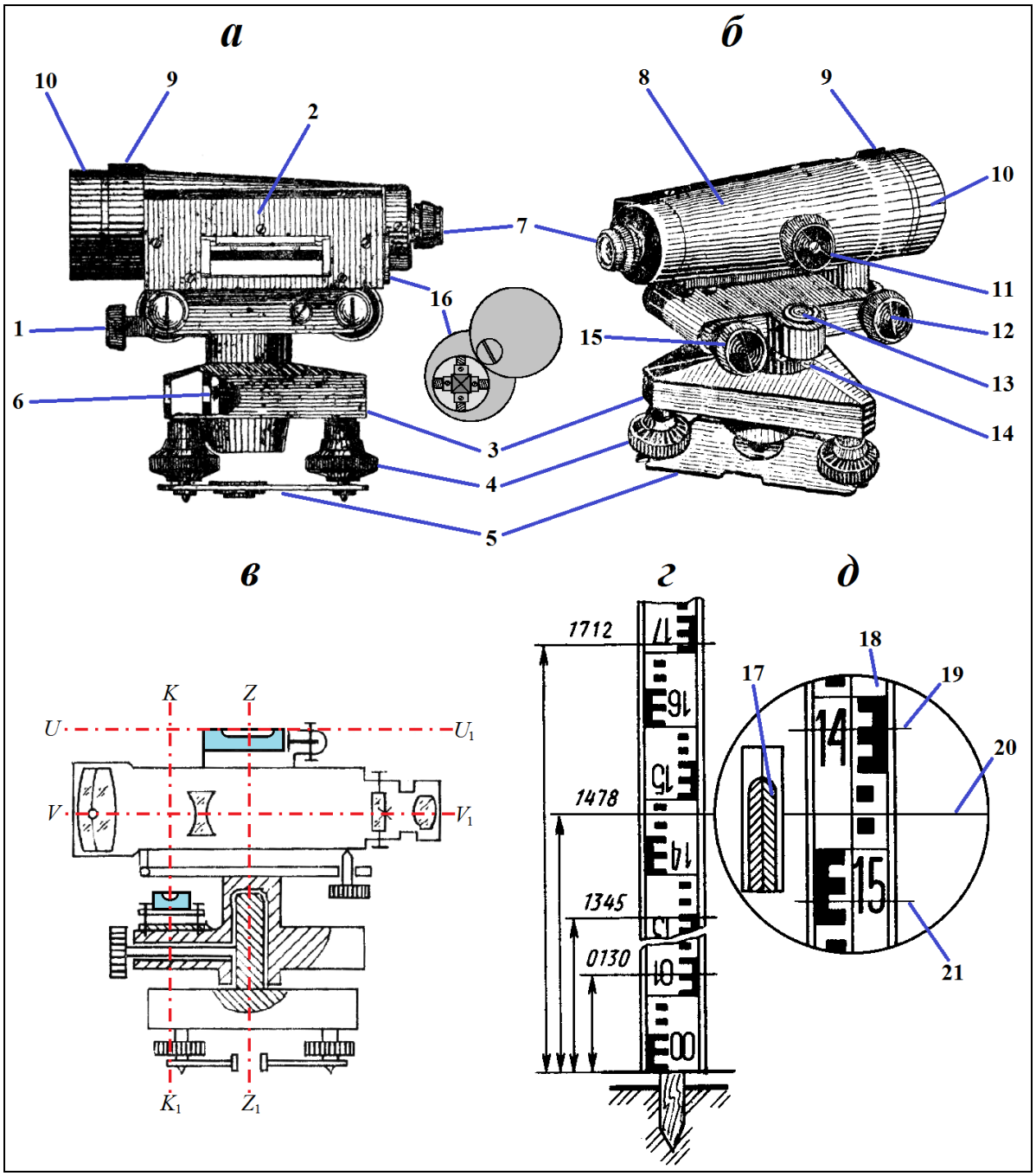


Рисунок 6.1 – Загальний вигляд (***а***, ***б***), основні осі (***в***), відліки по рейці нівелірній (***г***) та поле зору в окулярі зорової труби (***д***) нівеліра Н-3 (пояснення до числових позначень **1-21** представлені вище за текстом):

а – вигляд нівеліра з сторони трібки фоксуючої 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 підіймальні 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. Остаточно 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 $\boldsymbol{UU_1}$ 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 $\boldsymbol{UU_1}$ автоматично займає горизонтальне положення, якщо привести основну вісь нівеліра $\boldsymbol{VV_1}$ 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. 6.1 ***д***), 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. 6.2) 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 променю над точками ***A*** та ***B***.

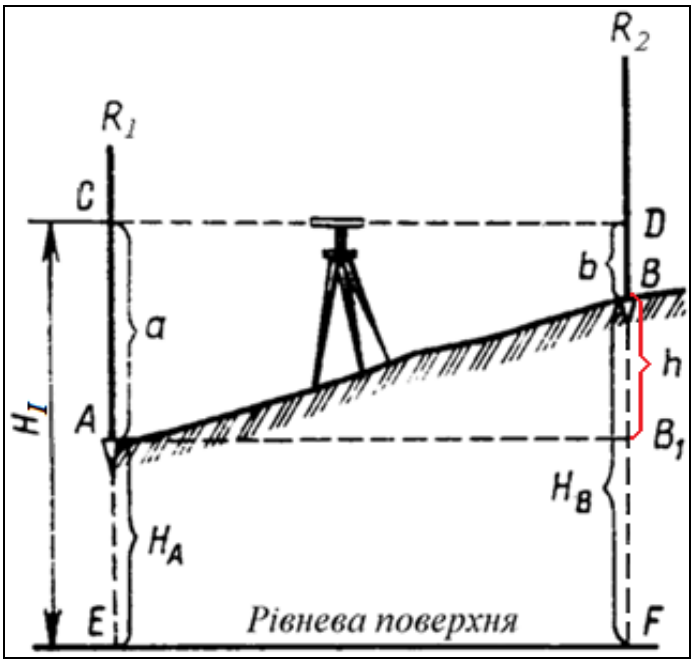


Рисунок 6.2 – Схема геометричного нівелювання способом *«з середини»*:

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

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

B_1 – місце перетинання горизонтальної проекції точки ***A*** з лінією вертикальної проекції точки ***B***;

R_1 та R_2 – позначення рейок нівелірних, які встановлені, відповідно, у точках ***A*** та ***B***;

C та ***D*** – горизонтальні проекції візирного променю (уявної прямої, яка проходить через центр сітки ниток і оптичний центр об'єктива), відповідно, на рейки R_1 та R_2;

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 променю 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:

$$h = a - b, \tag{6.1}$$

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:

$$H_B = H_A + h. \tag{6.2}$$

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:

$$H_B = H_I - b, \tag{6.3}$$

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

$$H_I = H_A + a. \tag{6.4}$$

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. 6.1), 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 6.1 – 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 паля водомір. ПВ1 1-2	345 **(7)** 355 **(8)**	2147 **(1)** 2492 **(2)** 7293 **(6)** 4801 **(11)**	0873 **(3)** 1228 **(4)** 5927 **(5)** 4699 **(12)**	+1264 **(9)** +1366 **(10)** –102 **(13)**	+1265 **(14)**

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, визначенні 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. 6.1), 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)** × 0,2 = 69 м та 355 мм **(8)** × 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 **(6)** – 2492 **(2)** = 4801 **(11)** – для рейки № 1, 5927 **(5)** – 1228 **(4)** = 4699 **(12)** – для рейки № 2. Відмінність у різницях між значеннями «п'яток» пар рейок (визначених за результатами нівелювання: 4699 **(12)** – 4801 **(11)** = –102 мм **(13)**, та з використанням номінальних «п'яток»: 4700 – 4800 = –100 мм) не перевищує допустиме значення ±5 мм: –102 – (–100) = –2 мм.

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

6.2 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 зображені 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 IV класу» (за формою табл. 6.1).

Завдання 3. Під час аудиторних занять покажіть і назвіть пристрої та частини нівеліру Н-3 (відповідно до рис. 6.1), 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. 6.1), поясніть схему та формули для визначення перевищень між точками і позначок точок при геометричному нівелюванні способом *«з середини»* (згідно з рис. 6.2).

6.3 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 трубі 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 робочій 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)?

7 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7. ОБРОБКА ЖУРНАЛУ ТЕХНІЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ

7.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 7

7.1.1 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 напряму та закріплення лінії магістралі. Напрям 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 сталевої 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. 7.1). 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.

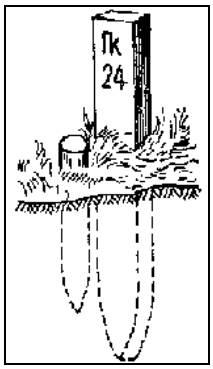


Рисунок 7.1 – Позначення пікету двома кілками («точкою» і «сторожком»)

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. 7.2).

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.

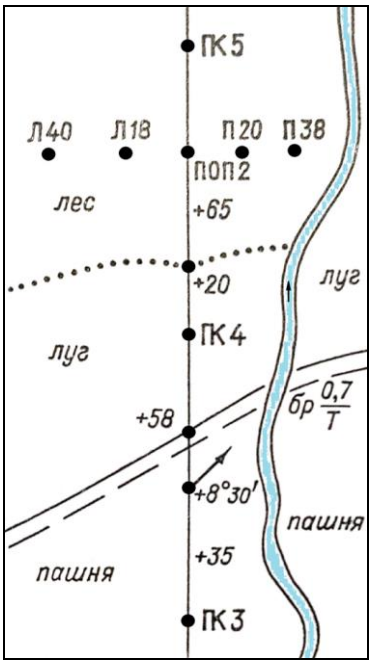


Рисунок 7.2 – Приклад фрагменту (сторінки) пікетажного журналу (книжки)

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 однобічних 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. 7.3).

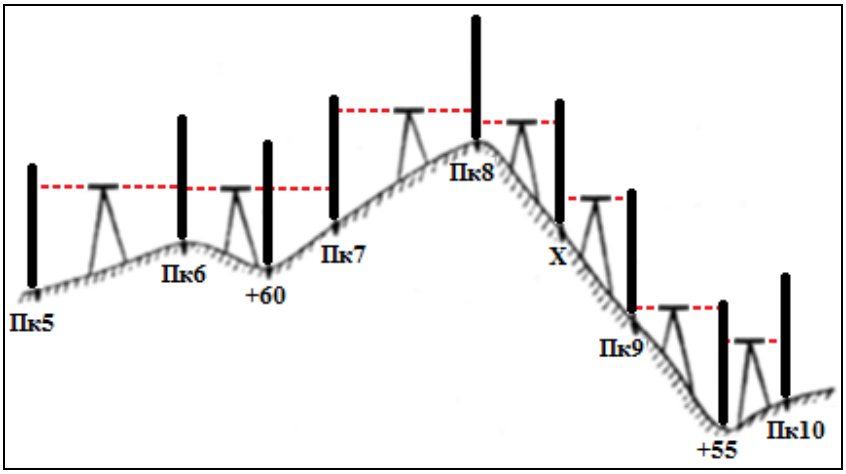


Рисунок 7.3 – Фрагмент схеми нівелювання магістралі

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. 7.3) 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. 7.1). Журнал є документом строгого 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 номера станцій (стоянок) приладу, а у графі ***2*** зазначають всі зв'язкові точки (номера пікетів, позначення і номера іксових точок) та проміжні (плюсові) точки, а також точки на поперечних профілях та їх порядкові номера. 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 номера (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 7.1 – 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)					
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***
1	**РП57**	2481 (**a_b**)	0519 (**b_b**)		1962 (**h_b**)	0 (**Δh**)		**44,063 (H_A)**	**РП57**
	Х1	7266 (**$a_г$**)	5304 (**$b_г$**)		1962 (**$h_г$**)	1962 (**h_c**)		46,025 (**H_B**)	Х1
		4785 (**$п_a$**)	4785 (**$п_b$**)		0 (**Δп**)	**1962 ($h_в$)**			50,00
2	Х1	2147	0854		1293	0		46,025	Х1
	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 (**H_I**)	44,792	Пк3
		4784	4787		3	**905**			100,00
	+41			2728 (**d_1**)				43,112 (**H_{D1}**)	41,00
	+63			2728 (**d_2**)				43,112 (**H_{D2}**)	63,00

Продовження табл. 7.1

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)					
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***
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 **($\Sigma h_b+\Sigma h_г$)**	3483 **(Σh_c)**			
		6966 **($\Sigma a–\Sigma b$)**				3478 **($\Sigma h_в$)**		3478 **($\Sigma h_т$)**	
			L, км:	0,600	± $f_{h\ гр}$, мм:	39	$f_{h\ пр}$, мм:	5	

7.1.2 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. 7.1).

В прикладі, показаному в табл. 7.1, 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. 7.1).

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 почергово 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 елеваційного 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 **($п_a$)**, 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 Х1. 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 Х1, 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 **($п_b$)**, яке також не повинно відрізнятися 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 **(Δп)**, визначених за відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейки: $Δп = п_b - п_a$ = 4785 – 4785 = 0 мм. Величина розбіжності **Δп** має бути в межах ±5 мм. Якщо **Δп** 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 ($Σa$ = 57981 мм) та передніх ($Σb$ = 51015 мм) рейок і знаходять різницю між ними ($Σa - Σb$ = 57981 – 51015 = 6966 мм). Величина цієї різниці має дорівнювати сумі перевищень, визначених за відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейок ($Σh_b + Σh_r$ = 6966 мм). Отримане значення повинне бути у два рази більше ніж сума всіх середніх перевищень ($Σh_c$ = 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 ($\Sigma h_т$), 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:

$$\Sigma h_т = H_{кін} - H_{поч} = 47{,}541 - 44{,}063 = 3{,}478 \text{ м} = 3478 \text{ мм}. \qquad (7.1)$$

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

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

$$f_{h\ пр} = \Sigma h_с - \Sigma h_т = 3483 - 3478 = 5 \text{ мм}. \qquad (7.2)$$

Для замкненого нівелірного ходу $f_{h\ пр} = \Sigma h_с$.

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

$$f_{h\ гр} = \pm 50 \cdot L^{0,5} = \pm 50 \cdot 0{,}600^{0,5} = \pm 39 \text{ мм}. \qquad (7.3)$$

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

$$f_{h\ гр} = \pm 10 \cdot n^{0,5} = \pm 10 \cdot 7^{0,5} = \pm 26 \text{ мм}. \qquad (7.4)$$

Якщо практична нев'язка $f_{h\ пр}$ є в межах граничної похибки $f_{h\ гр}$, тобто $f_{h\ пр} \le f_{h\ гр}$ (5 мм < 39 мм), то така нев'язка може бути розподілена між всіма середніми перевищеннями $h_с$ нівелірного ходу.

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

$$\Delta h = -l \cdot f_{h\ пр}/L, \qquad (7.5)$$

де l – відстань між зв'язковими точками (з графи ***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: Δh = -0,050·5/0,600 = 0 мм.

Поправки для середніх перевищень, визначених на станціях **3-7** (між відповідними точками) будуть дорівнювати: Δh = -0,100·5/0,600 = -1 мм.

15. Виправлені перевищення визначають за формулою

$$\boldsymbol{h}_{\text{в}} = \boldsymbol{h}_{\text{с}} + \Delta\boldsymbol{h}. \qquad (7.6)$$

Виправлені перевищення записуються під рискою нижче обчислених середніх перевищень (в графу ***7***). Сума виправлених перевищень усього ходу ($\Sigma\boldsymbol{h}_{\text{в}}$ = 3478 мм) повинна дорівнювати теоретичній сумі перевищень ($\Sigma\boldsymbol{h}_{\text{т}}$ = 3478 мм), тобто: $\Sigma\boldsymbol{h}_{\text{т}} = \Sigma\boldsymbol{h}_{\text{в}}$ = 3478 мм.

16. При відомій позначці задньої точки $\boldsymbol{H_A}$, обчислення (в графі ***9***) позначки передньої точки $\boldsymbol{H_B}$ виконують шляхом додавання виправленого перевищення $\boldsymbol{h}_{\text{в}}$ між цими зв'язковими точками (в метрах), а саме:

$$\boldsymbol{H_B} = \boldsymbol{H_A} + \boldsymbol{h}_{\text{в}}. \qquad (7.7)$$

Обчислення позначок (висот) суміжних зв'язкових точок починають від вихідної позначки початкового репера **РП57**. Записавши її у перший рядок графи ***9*** і додавши до неї перше виправлене перевищення (з графи ***6***), отримують позначку точки Х1, яку записують у другий рядок графи ***9***. До позначки точки Х1 додають друге виправлене перевищення (з графи ***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 ($\boldsymbol{H_I}$), тобто позначку візирного променю, яка дорівнює:

$$\boldsymbol{H_I} = \boldsymbol{H_A} + \boldsymbol{a_b} = \boldsymbol{H_B} + \boldsymbol{b_b} = (\boldsymbol{H_A} + \boldsymbol{H_B} + \boldsymbol{a_b} + \boldsymbol{b_b})/2. \qquad (7.8)$$

Наприклад, горизонт приладу або висота інструмента (в метрах) на станції **5** дорівнює: $\boldsymbol{H_I}$ = (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:

$$\boldsymbol{H_D} = \boldsymbol{H_I} - \boldsymbol{d}. \qquad (7.9)$$

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

Всі позначки проміжних точок вносять у відповідні рядки графи ***9*** журналу технічного нівелювання (табл. 7.1).

20. Після завершення обробки журнал технічного нівелювання магістралі (табл. 7.1) виконують креслення повздовжнього профілю магістралі технічного нівелювання (за формою рис. 7.4).

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 компактним та вміщалося на один аркуш обраного формату.

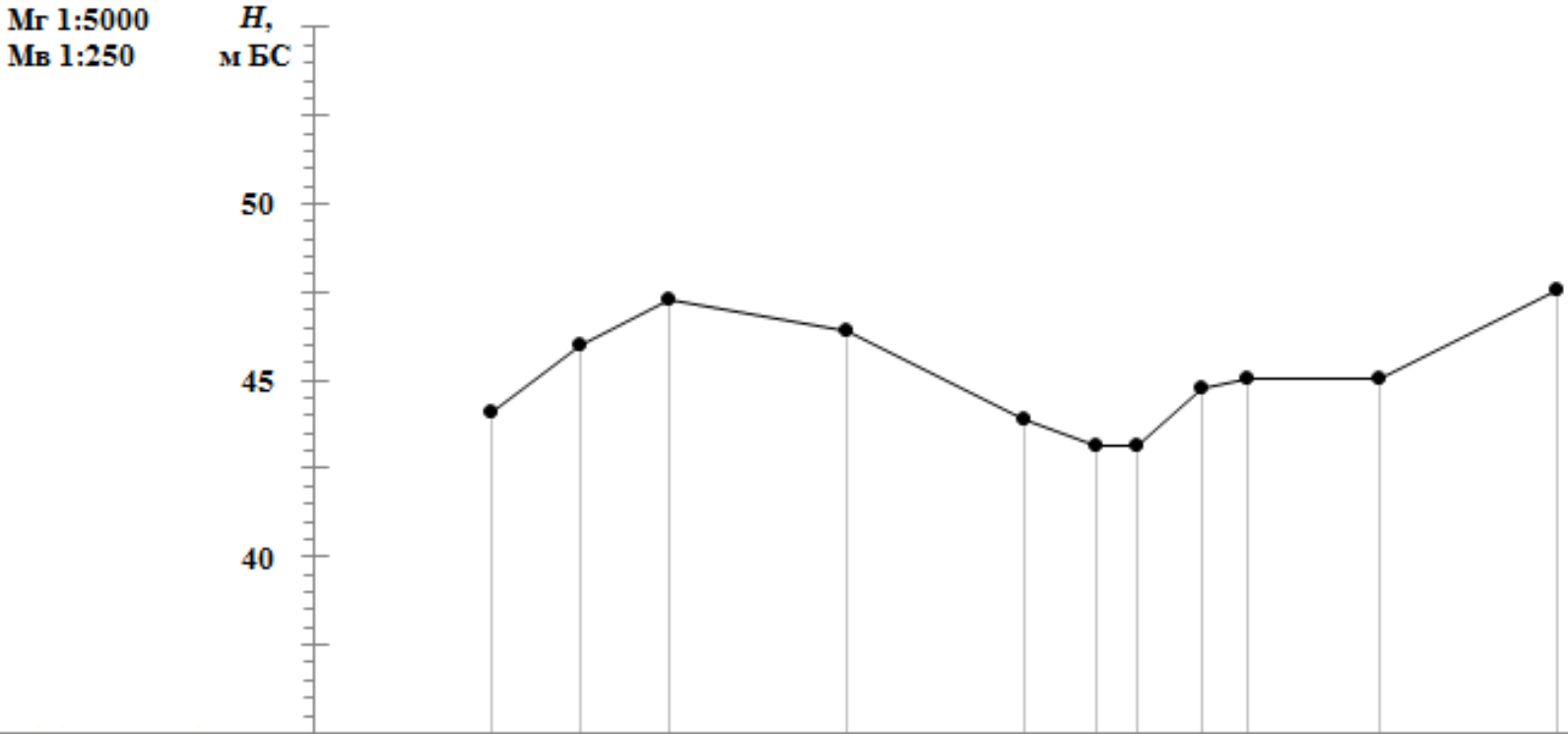
Слід зазначити, що для наочності вираження рельєфу вертикальний масштаб необхідно обирати не менш ніж в 10 разів крупнішим, ніж горизонтальний (наприклад, **Мв 1:100 Мг 1:1000** або **Мв 1:200 Мг 1:5000**).

7.2 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. 7.1).

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. 7.4).

Завдання 3. Під час аудиторних занять (або самостійно) ознайомтесь з комп’ютерним програмним забезпеченням для автоматичної обробки журналу технічного нівелювання магістралі (за формою табл. 7.1), а також в усній формі опишіть послідовність заповнення даними та обробки даного журналу і креслення повздовжнього профілю магістралі.



Позначки точок, м БС	44,06	46,02	47,32	46,41	43,89	43,11	43,11	44,79	45,01	45,07	47,54
Відстані до точок, м	0	50	100	200	300	341	363	400	425	500	600
Позначення точок	РП57	Х1	Пк0	Пк1	Пк2	+41	+63	Пк3	+25	Пк4	РП58

Рисунок 7.4 – Поздовжній профіль магістралі технічного нівелювання

7.3 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 залежіть 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?

8 ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ. ПОБУДОВА ПЛАНУ ТЕРИТОРІЇ В ГОРИЗОНТАЛЯХ І РІШЕННЯ ЗАДАЧ ПО ЗАДАНОМУ УХИЛУ

8.1 Теоретична частина до індивідуального завдання

8.1.1 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* $\boldsymbol{h_{пер}}$.

Відстань між горизонталями – це *закладення горизонталей* $\boldsymbol{d}$.

На планах (картах) горизонталі проводять плавними безперервними лініями коричневого кольору (або кольору паленої сієни), а кожну п'яту горизонталь кратну $\mathbf{5 \cdot} \boldsymbol{h_{пер}}$ проводять **стовщеною** і підписують значенням її позначки у потрібній системі висот (Балтийській, 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 вивчені 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. 8.1).

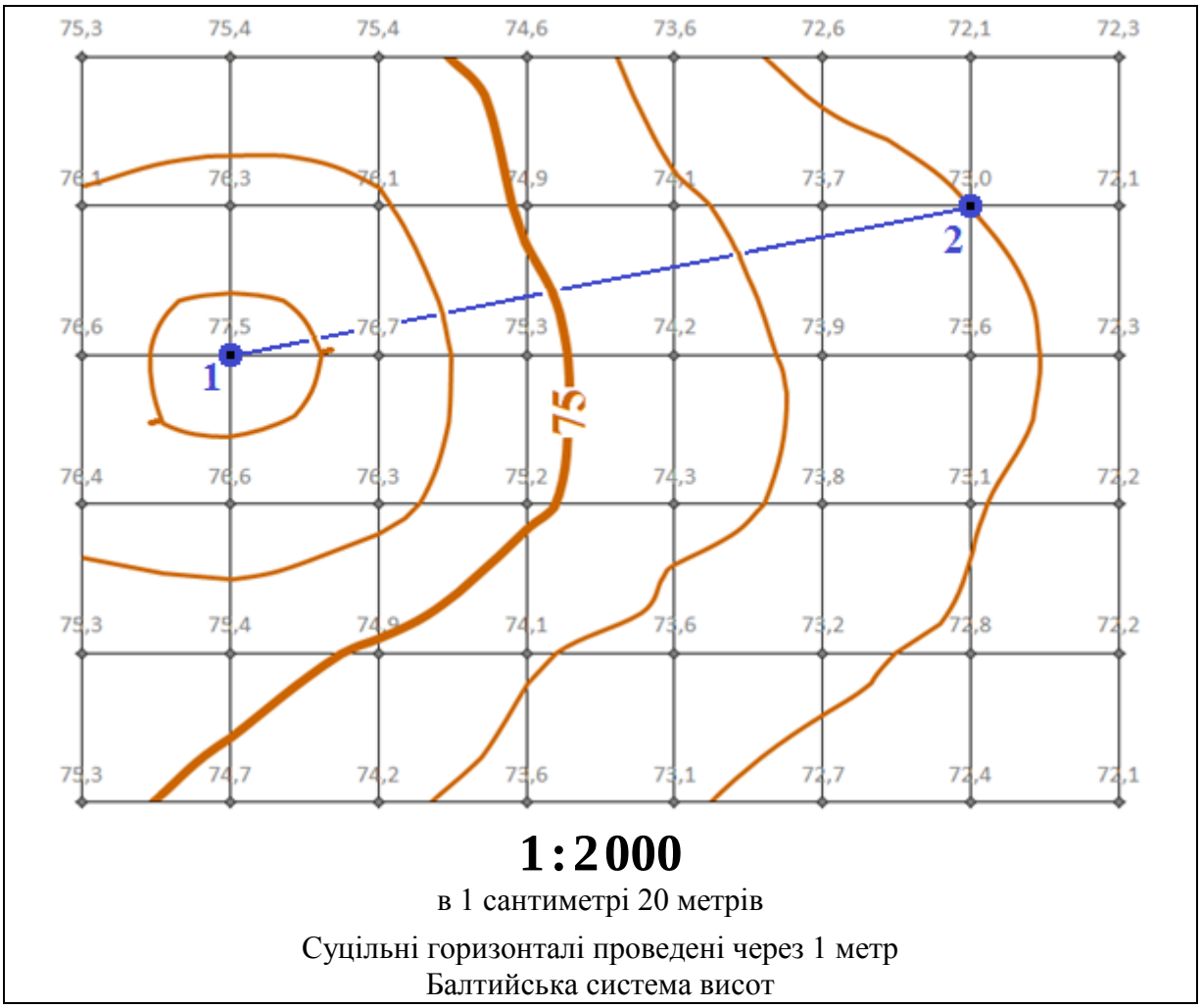


Рисунок 8.1 – План території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

Побудова плану території в горизонталях починається з креслення сітки квадратів, у вершинах яких записують визначені під час нівелювання позначки (висоти) поверхні землі (рис. 8.1).

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 $\boldsymbol{h_{пер}}$ = 1 м, то позначки горизонталей будуть кратними 1, наприклад: 77, 76, 75 м, а якщо $\boldsymbol{h_{пер}}$ = 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).

<u>Аналітичний спосіб визначення положення горизонталей.</u>

Якщо, наприклад, сторона квадрату складає $\boldsymbol{S}$ = 4,00 см, а її вершини дорівнюють висотам $\boldsymbol{H_{в.1}}$ = 75,7 м та $\boldsymbol{H_{в.2}}$ = 72,5 м (рис. 8.2), 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 $\boldsymbol{h_{пер}}$ = 1 м):

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

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

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

3. Розраховують закладення горизонталей для цієї сторони квадрату:

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

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

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

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

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

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

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

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

У даному прикладі: $\boldsymbol{S_{контр}} = \boldsymbol{S}$ = 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. 8.2).

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

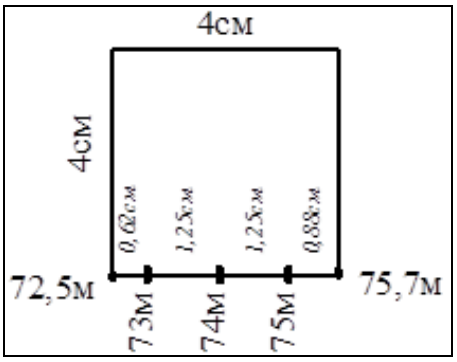


Рисунок 8.2 – Положення горизонталей між двома вершинами квадрату, визначених при побудові плану території в горизонталях

<u>Графічний спосіб визначення положення горизонталей.</u>

Графічна інтерполяція може бути виконана за допомогою лінійчатої палетки, зробленої на кальці, за етапами описаними нижче (рис. 8.3).

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 $\boldsymbol{h_{пер}}$).

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 визначені 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 кожну п'яту горизонталь кратну $\mathbf{5 \cdot} \boldsymbol{h_{пер}}$ проводять **стовщеною** і підписують значенням її позначки у Балтийській системі висот (рис. 8.1).

<u>При проведенні горизонталей слід враховувати такі їх властивості:</u>

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 напряму найбільшої крутизни схилу;

6) горизонталі, які зображують похилу площину (територію), мають вид паралельних ліній.

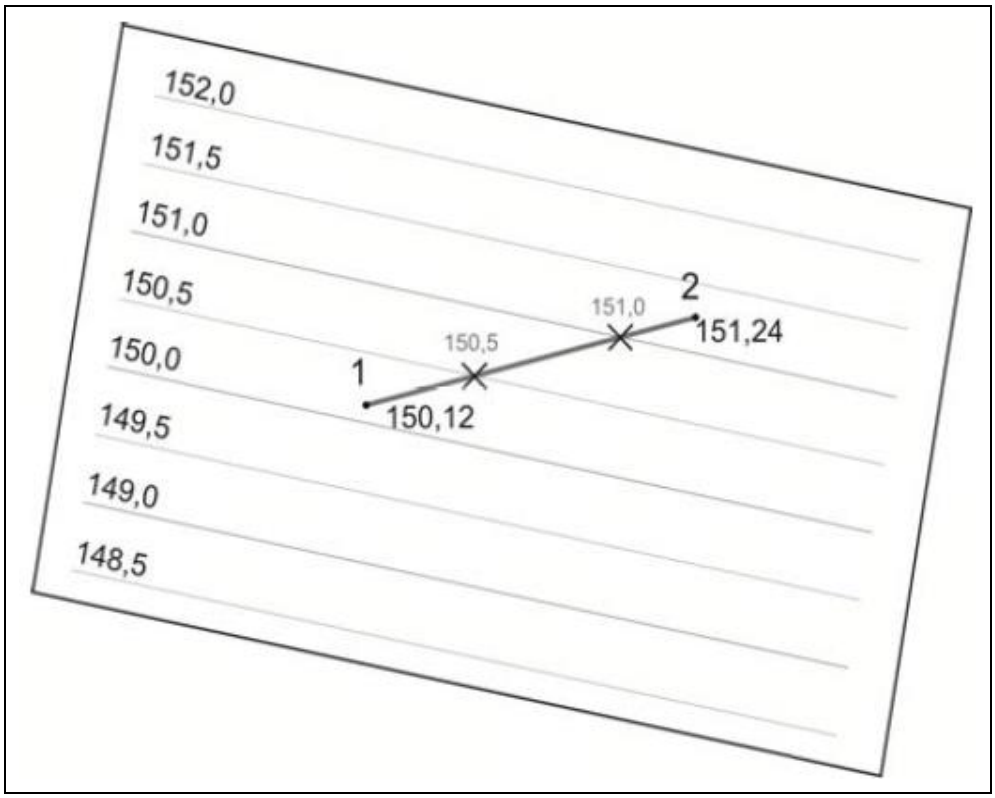


Рисунок 8.3 – Приклад графічної інтерполяції (визначення) положення горизонталей за допомогою лінійчатої палетки, зробленої на кальці

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.

8.1.2 Рішення задач по заданому ухилу за допомогою горизонталей на плані

Міру підвищення або пониження ліній місцевості характеризують кутами нахилу ліній $\boldsymbol{\nu}$ або уклонами $\boldsymbol{i}$.

Кут нахилу лінії $\boldsymbol{\nu}$ виражають в кутовій мірі (°) та використовують для характеристики *крутості схилу* даної лінії місцевості.

Ухил лінії $\boldsymbol{i}$ – 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 $\boldsymbol{\nu_{1\text{-}2}}$ та ухилу лінії $\boldsymbol{i_{1\text{-}2}}$ використовують перевищення $\Delta\boldsymbol{h_{1\text{-}2}}$ і відстань $\boldsymbol{l_{1\text{-}2}}$ між цими точками.

Крутість схилу $\boldsymbol{v_{1\text{-}2}}$ між двома заданими точками лінії місцевості визначають (з точністю до 0,1°) за формулою

$$\boldsymbol{v_{1\text{-}2}} = \boldsymbol{arctg}(\Delta \boldsymbol{h_{1\text{-}2}} / \boldsymbol{l_{1\text{-}2}}) = 57{,}3° \cdot (\Delta \boldsymbol{h_{1\text{-}2}} / \boldsymbol{l_{1\text{-}2}}). \qquad (8.1)$$

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

$$\boldsymbol{i_{1\text{-}2}} = \boldsymbol{tg}(\boldsymbol{v_{1\text{-}2}}) = \Delta \boldsymbol{h_{1\text{-}2}} / \boldsymbol{l_{1\text{-}2}} \text{ – безрозмірна величина,} \qquad (8.2)$$

$$\boldsymbol{i_{1\text{-}2}} = 100 \cdot \boldsymbol{tg}(\boldsymbol{v_{1\text{-}2}}) = 100 \cdot \Delta \boldsymbol{h_{1\text{-}2}} / \boldsymbol{l_{1\text{-}2}} \text{ – в процентах, \%,} \qquad (8.3)$$

$$\boldsymbol{i_{1\text{-}2}} = 1000 \cdot \boldsymbol{tg}(\boldsymbol{v_{1\text{-}2}}) = 1000 \cdot \Delta \boldsymbol{h_{1\text{-}2}} / \boldsymbol{l_{1\text{-}2}} \text{ – в проміле, ‰.} \qquad (8.4)$$

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

$$\Delta \boldsymbol{h_{1\text{-}2}} = \boldsymbol{H_1} - \boldsymbol{H_2}. \qquad (8.5)$$

Якщо точка знаходиться на горизонталі, то її позначка $\boldsymbol{H}$ дорівнює позначці горизонталі $\boldsymbol{H_г}$. Якщо ж точка знаходиться між горизонталями, то її позначка $\boldsymbol{H}$ 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 $\boldsymbol{d}$ та відстань $\boldsymbol{a}$ від цієї точки до горизонталі, розташованої за висотою нижче точки;

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

$$\Delta \boldsymbol{h} = \boldsymbol{a} \cdot \boldsymbol{h_{пер}} / \boldsymbol{d}, \qquad (8.6)$$

4) визначають позначку $\boldsymbol{H}$ точки

$$\boldsymbol{H} = \boldsymbol{H_г} + \Delta \boldsymbol{h}, \qquad (8.7)$$

де $\boldsymbol{H_г}$ – позначка горизонталі, розташованої за висотою нижче точки.

Для визначення максимальних значень крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості на плані 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. 8.1.

Таблиця 8.1 – Журнал визначення середніх значень крутості схилу та ухилу лінії між двома заданими точками місцевості

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

Примітка:

позначення лінії, позначки та номера точок, відстань і перевищення між ними, а також результати визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості відповідають даним, які представлені на рис. 8.1.

8.2 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. 8.1). 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. 8.1).

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).

8.3 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 проведені 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?

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гриб О. М., Гращенкова 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 : Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 34 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/7409/ (дата звернення: 27.04.2021).

2. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «Основи геодезії» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 34 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/7399/ (дата звернення: 27.04.2021).

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

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

5. Методичні вказівки до проведення лабораторних робіт з дисципліни «Основи геодезії» (для виконання першого практичного модуля) для підготовки студентів за спеціальністю 103 «Науки про Землю» / Гриб О. М., Пилип'юк В. В., Балан Г. К., Яров Я. С. та ін. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2019. 32 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/6653/ (дата звернення: 27.04.2021).

6. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. 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 спеціальністю 103 «Науки про Землю», рівень вищої освіти бакалавр. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 90 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/8803/ (дата звернення: 27.05.2021).

7. Гриб О. М. Методичні вказівки для комп'ютерного програмного забезпечення до лабораторних робіт № 5 і 7 та індивідуального завдання 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», рівень вищої освіти бакалавр. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 15 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/8804/ (дата звернення: 27.05.2021).

8. Балан Г. К., Яров Я. С., Гращенкова Т. В. Методичні вказівки по проведенню навчальної практики з дисципліни «Основи геодезії» для студентів 1 курсу спеціальності – 103 «Науки про Землю». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2017. 22 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/5630/ (дата звернення: 27.04.2021).

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Бєлов В. В. Морська геодезія: конспект лекцій. Одеса : Екологія, 2011. 64 с.

2. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія : навч. пос. Рівне : НУВГП, 2012. 337 с. URL: http://ep3.nuwm.edu.ua/2185/ (дата звернення: 27.04.2021).

3. Панчук Ю. М., Янчук О. Є. Лабораторний практикум з інженерної геодезії : навч. пос. Рівне : НУВГП, 2010. 134 с. URL: http://ep3.nuwm.edu.ua/1850/ (дата звернення: 27.04.2021).

4. Ільків Є. Ю. Геодезія : лабораторний практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. 152 с. URL: http://194.44.112.13/chytalna/6034/ (дата звернення: 27.04.2021).

5. Стукальський В. П., Шаргар О. М. Геодезія : навч. пос. Одеса : ВМВ, 2013. 560 с.

6. Білокриницький С. М. Геодезія : навч. пос. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. 576 с. URL: https://studfile.net/preview/6829789/ (дата звернення: 27.04.2021).

7. Дмитрів О. П. Геодезія. Частина І : навч. пос. Рівне : НУВГП, 2019. 166 с. URL: http://ep3.nuwm.edu.ua/16813/ (дата звернення: 27.04.2021).

8. Геодезія : навч. пос. / Горлачук В. В., Семенчук І. М., Анисенко О. В., Мацко П. В. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 252 с.

9. Дарчук К. В., Мельник А. А. Топографія з основами геодезії : навч. пос. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. 148 с.

10. Войтенко С. П. Інженерна геодезія : підручник. 2-ге вид., виправ. і доп. Київ : Знання, 2012. 574 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А
Азимут – 20
Алідада – 31-33
Б
Бергштрих – 73
В
Відлік: з рейки нівелірної – 50
за шкалами теодоліту – 34
Відомість обробки замкнутого теодолітного ходу – 41
Висота перерізу рельєфу – 69
Вимірювання горизонтального кута способом «прийомів» – 35
Г
Горизонталі – 69
Д
Довгота географічна – 11
Е
Екватор – 11
Електронний планіметр – 29
Ж
Журнал: нівелювання IV класу – 53
пікетажний – 57, 58
технічного нівелювання – 60, 61
З
Закладення: горизонталей – 69
схилу – 72
Зближення меридіанів – 20
Знаки умовні позамасштабні – 8
І
Індекс числовий в шифрі: нівеліру – 48
теодоліту – 31
К
Кілок пікету: «сторожок» – 56, 57
«точка» – 56, 57
Координати: географічні – 11
прямокутні – 14
приведені – 16
Кремальєра – 32, 33, 48, 49
Крутість схилу – 73, 74
Кут: дирекційний – 20
між важелями планіметра – 28
нахилу лінії – 73

Л
Лімб – 31-33
М
Магістраль – 56
Масштаб: іменований – 6
лінійний – 7
нормальний поперечний – 8
поперечний – 7
сотенний – 8
частковий – 6
чисельний – 6
Меридіан: істинний (географічний) – 19
магнітний – 19
осьовий (середній) – 19
Н
Нівелір – 48
Нівелювання: способом «з середини» – 51, 58, 62
по квадратах – 69
О
Ордината приведена – 16
Орієнтир-бусоль на теодоліті – 33, 35
Орієнтування лінії на місцевості – 19
П
«П'ятка» рейки – 50, 53, 54
Палетка: квадратна – 25
лінійчата (з паралельними сторонами) – 25, 73, 76
Перевищення між точками – 53-55
Пікет – 56
План території (місцевості) в горизонталях – 69-70, 74, 75
Планіметр – 26
Проекція Гауса – 14
Профіль повздовжній – 66, 67
Р
Рамка топографічної карти: внутрішня – 11
зовнішня – 11
хвилинна – 12
Рекогносцирування місцевості – 56
Розмічування пікетів на магістралі – 56
Румб – 21, 22
С
Система координат: географічна – 11
зональна (прямокутна) – 14
Схилення магнітної стрілки – 19

Т
Теодоліт – 31, 32
Точки пікетні: зв’язкові – 57-59
«іксові» – 57-59
проміжні («плюсові») – 57-59
Точність масштабу – 8
Трансверсалі – 7
У
Ухил лінії – 73
Ф
Фокусуючий гвинт – 32, 33, 48, 49
Х
Хід: нівелірний – 56, 58, 59
пікетажний – 56
теодолітний – 40-47
Ц
Центрування теодоліту – 35, 36
Ч
Читати відліки планіметра – 27, 28
Ш
Широта географічна – 11
Ю
Юстирувальні (виправні) гвинти – 32, 33, 48, 49

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

А
Анисенко, Ольга Володимирівна – 78
Б
Балан, Ганна Костянтинівна – 77
Білокриницький, Сергій Миколайович – 78
Бєлов, Володимир Вікторович – 78
Бялик, Ігор Миколайович – 78
В
Войтенко, Степан Петрович – 78
Г
Гаус, Йоганн Карл Фрідріх – 14, 15
Горлачук, Валерій Васильович – 78
Гращенкова, Тетяна Валеріївна – 77
Гриб, Олег Миколайович – 1, 2, 77, 123
Д
Дарчук, Костянтин Вікторович – 78
Дмитрів, Ольга Петрівна – 78
І
Ільків, Євген Юрійович – 78
К
Колодеєв, Євген Іванович – 77
М
Мацко, Петро Володимирович – 78
Мельник, Антон Анатолійович – 78
П
Панчук, Юрій Миколайович – 78
Пилип'юк, Віктор Вікторович – 77
С
Семенчук, Ірина Миколаївна – 78
Сербов, Микола Георгійович – 2
Стукальський, Володимир Павлович – 78
Ф
Фоменко, В'ячеслав Анатолійович – 2
Ш
Шаргар, Олена Миколаївна – 78
Я
Янчук, Олександр Євгенович – 78
Яров, Ярослав Сергійович – 77

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А.

Варіанти вихідних даних

до лабораторних робіт № 1-3

(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*)*

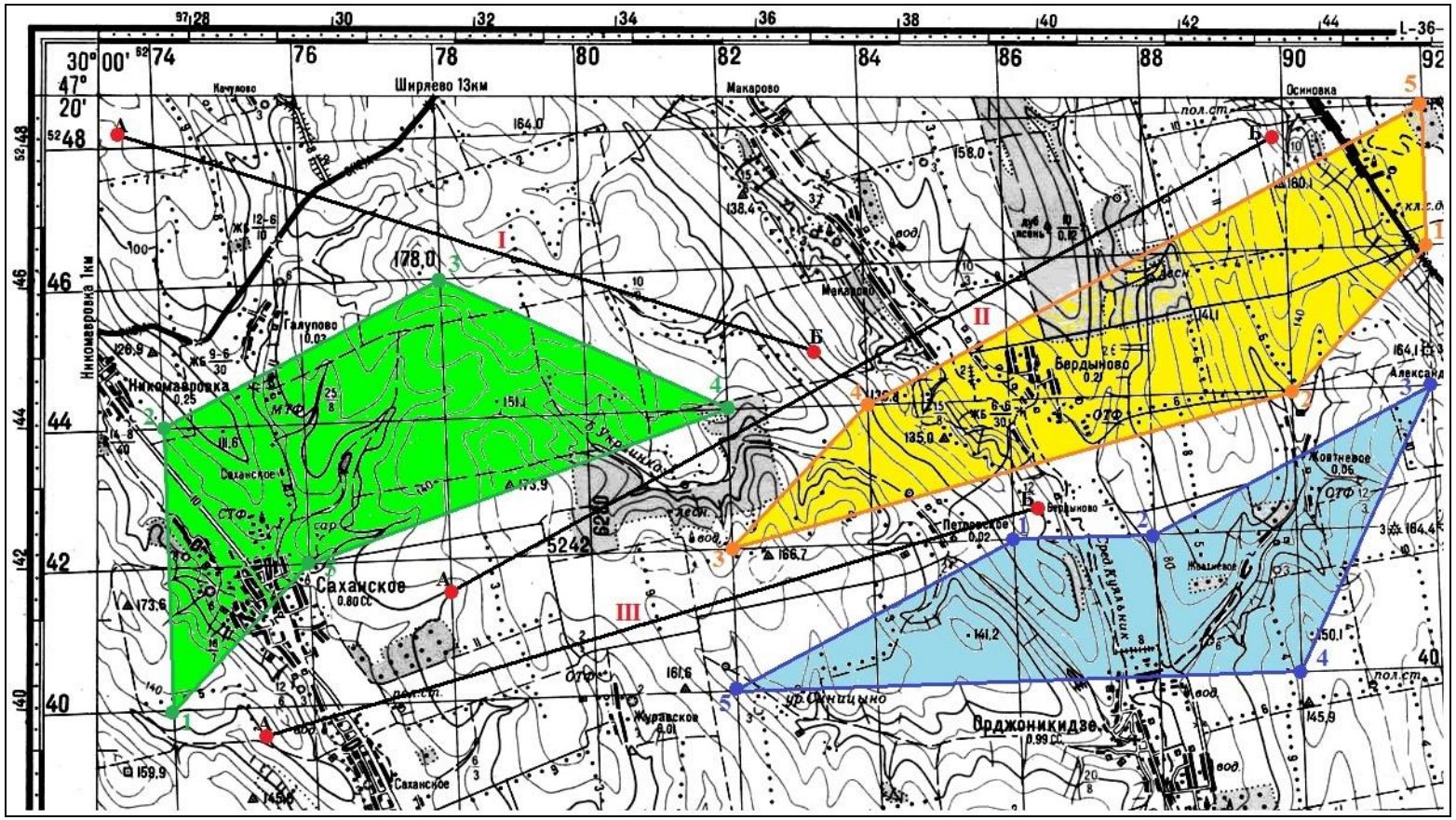


Рисунок А.1 – Фрагмент аркуша карти для виконання лабораторних робіт № 1-3 (варіанти 1-3). **Масштаб: 1:100000**. Безперервні горизонталі проведені через 20 м. Лінії координатної кілометрової сітки проведені через 2 см (2 км). Схилення магнітної стрілки: **δ** = 6°19' **східне**. Зближення меридіанів: **γ** = 2°01' **західне**. Вихідні дані за варіантами:

1 – напрям АБ (позначений римською цифрою **I**) та фігура **зеленого** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**);

2 – напрям АБ (позначений римською цифрою **II**) та фігура **жовтого** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**);

3 – напрям АБ (позначений римською цифрою **III**) та фігура **синього** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**)

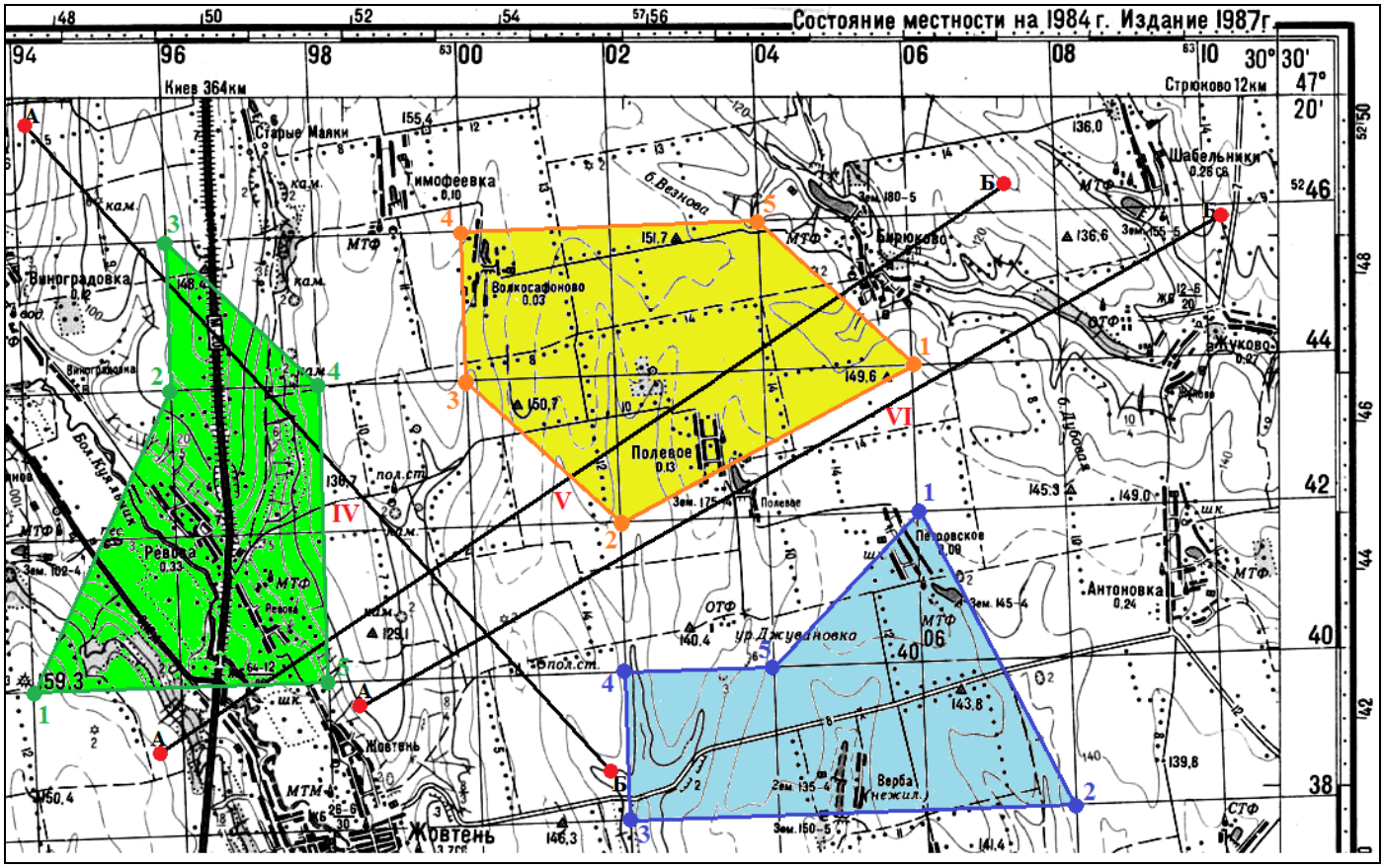


Рисунок А.2 – Фрагмент аркуша карти для виконання лабораторних робіт № 1-3 (варіанти 4-6). **Масштаб: 1:100000**. Безперервні горизонталі проведені через 20 м. Лінії координатної кілометрової сітки проведені через 2 см (2 км). Схилення магнітної стрілки: **δ** = 6°19' **східне**. Зближення меридіанів: **γ** = 2°01' **західне**. Вихідні дані за варіантами:

4 – напрям АБ (позначений римською цифрою **IV**) та фігура **зеленого** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**);

5 – напрям АБ (позначений римською цифрою **V**) та фігура **жовтого** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**);

6 – напрям АБ (позначений римською цифрою **VI**) та фігура **синього** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**)

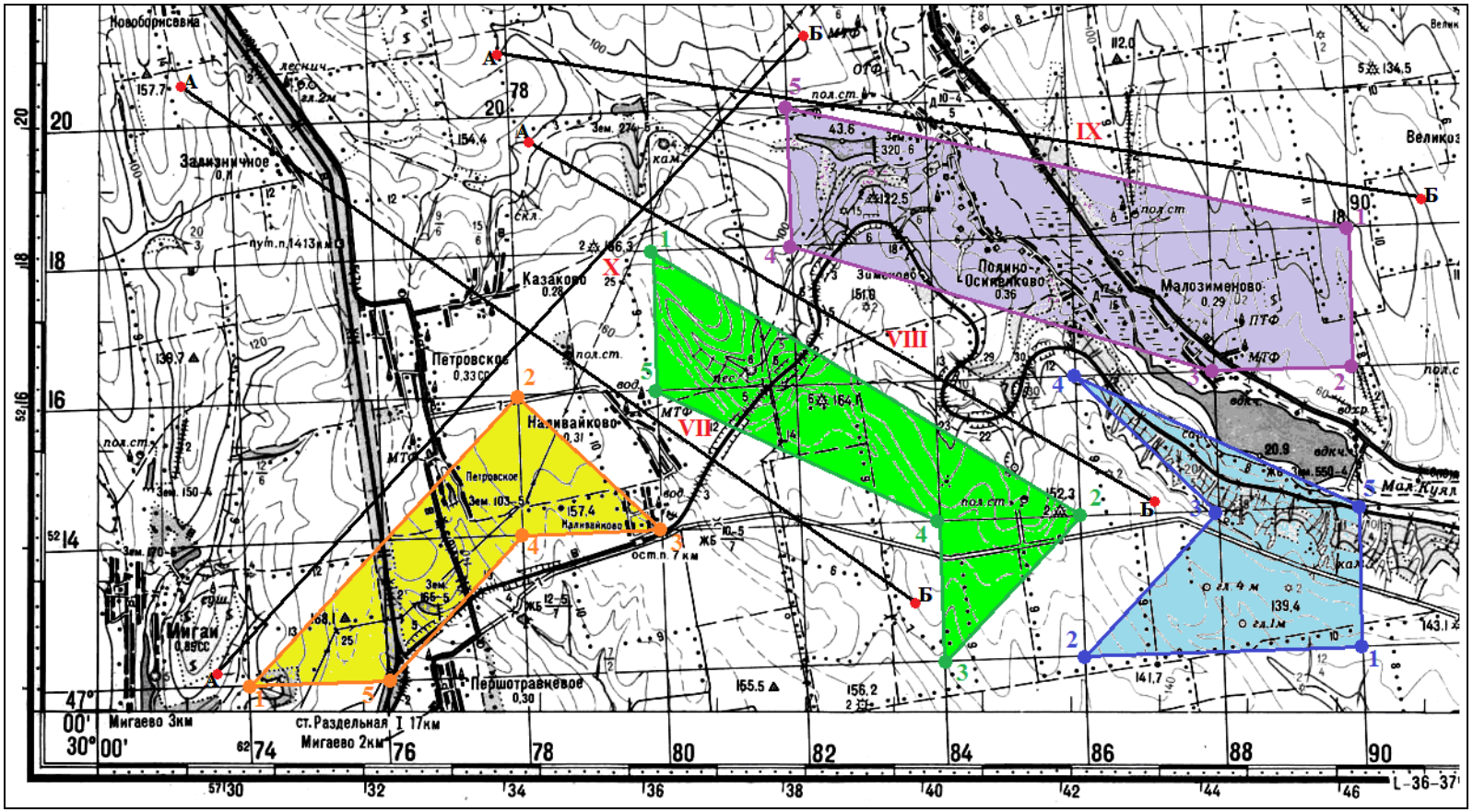


Рисунок А.3 – Фрагмент аркуша карти для виконання лабораторних робіт № 1-3 (варіанти 7-10). **Масштаб: 1:100000**. Безперервні горизонталі проведені через 20 м. Лінії координатної кілометрової сітки проведені через 2 см (2 км). Схилення магнітної стрілки: **δ** = 6°19' **східне**. Зближення меридіанів: **γ** = 2°01' **західне**. Вихідні дані за варіантами:

7 – напрям АБ (позначений римською цифрою **VII**) та фігура **зеленого** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**);

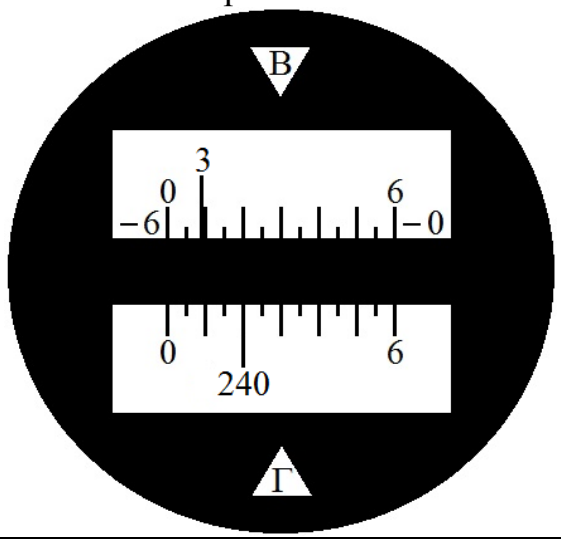
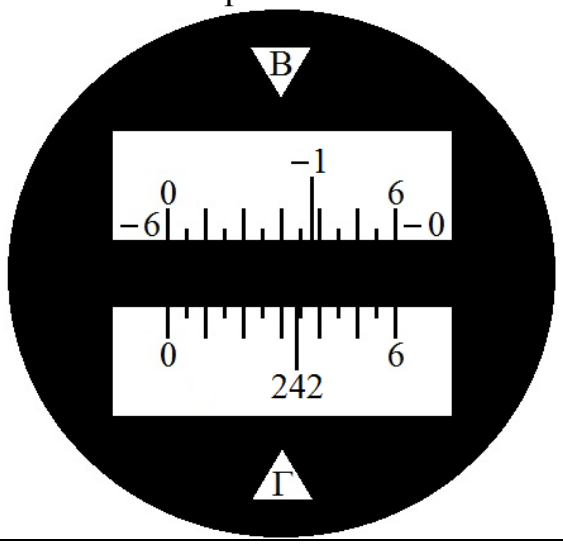
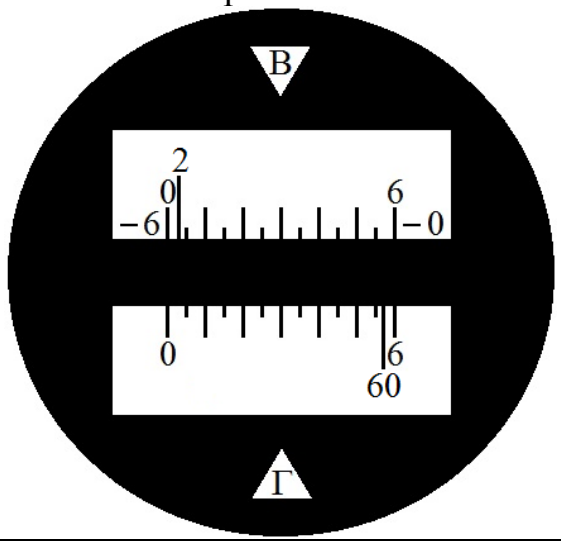
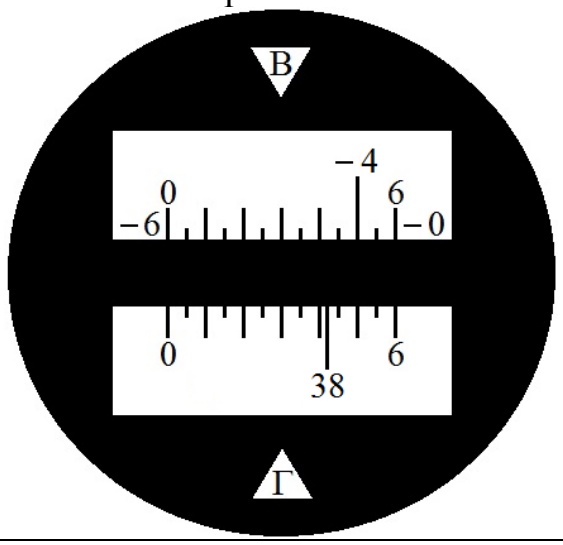
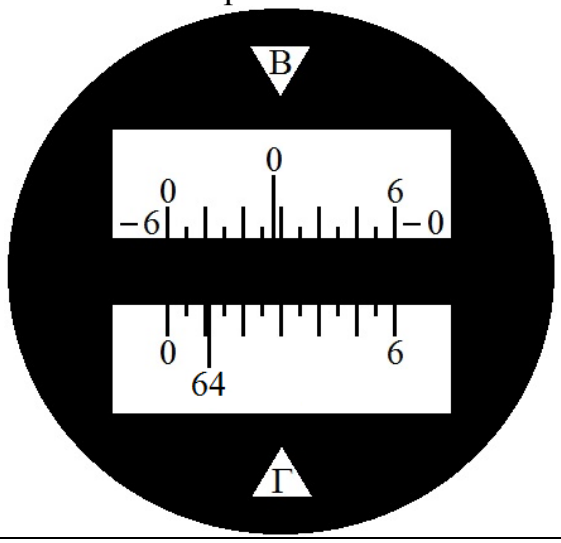
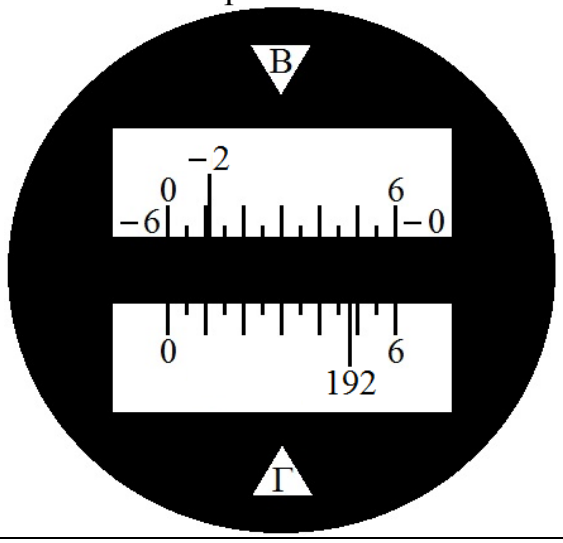
8 – напрям АБ (позначений римською цифрою **VIII**) та фігура **жовтого** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, **5**);

9 – напрям АБ (позначений римською цифрою **IX**) та фігура **синього** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, 5);

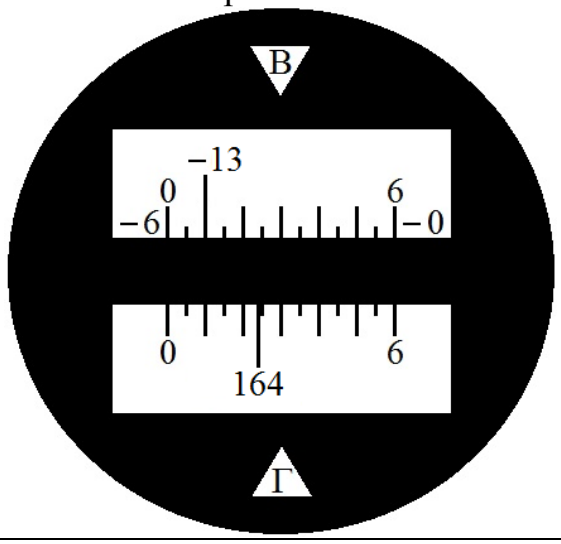
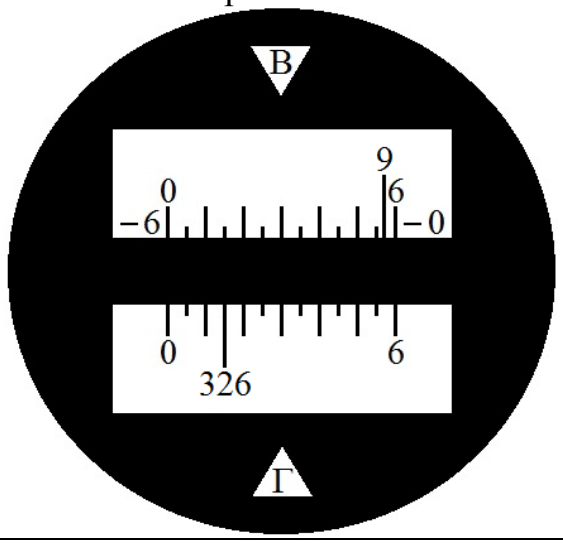
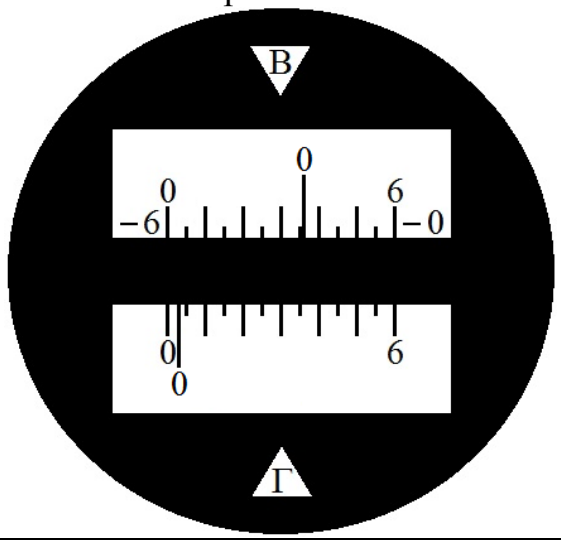
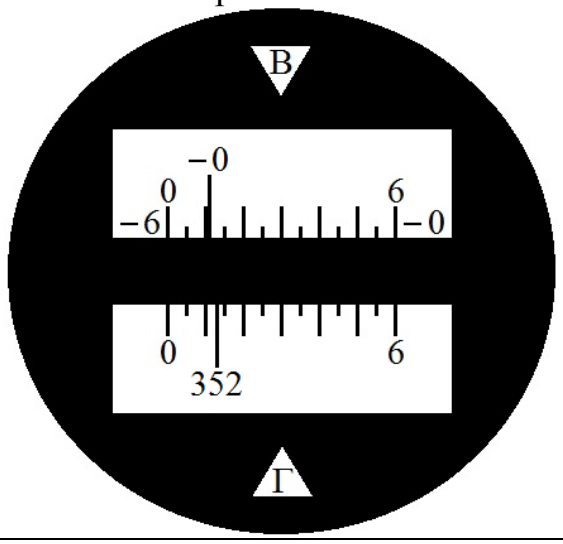
10 – напрям АБ (позначений римською цифрою **X**) та фігура **лілового** кольору (з вершинами **1**, **2**, **3**, **4**, 5)

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)

Варіант № 1  	Варіант № 2 
Варіант № 3  	Варіант № 4 
Варіант № 5  	Варіант № 6 

Продовження табл. Б.1

Варіант № 7  	Варіант № 8 
Варіант № 9  	Варіант № 10 

<u>Примітка:</u>

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**
C	КП	Задня	***A***	83°46'	18°26'	164°21'	112°04'	136°38'	178°19'	75°58'	359°55'	5°38'	35°50'
		Передня	***B***	339°56'	254°58'	85°42'	22°05'	52°14'	84°47'	348°41'	239°56'	84°52'	9°32'
	КЛ	Задня	***A***	263°34'	198°26'	344°16'	292°34'	316°41'	358°13'	255°46'	179°39'	185°39'	215°50'
		Передня	***B***	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***	Виміряні кути $\beta_{i\,вим}$		Дирекційний кут сторони **1-2**, $a_{1\text{-}2}$		Напрями сторін, ***j***	D_j, м	Координати станції **1**, м	
	°	'	°	'			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***	Виміряні кути $\beta_{i\,вим}$		Дирекційний кут сторони **1-2**, $a_{1\text{-}2}$		Напрями сторін, ***j***	D_j, м	Координати станції **1**, м	
	°	'	°	'			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***	Виміряні кути $\beta_{i\,вим}$		Дирекційний кут сторони **1-2**, $a_{1\text{-}2}$		Напрями сторін, ***j***	D_j, м	Координати станції **1**, м	
	°	'	°	'			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

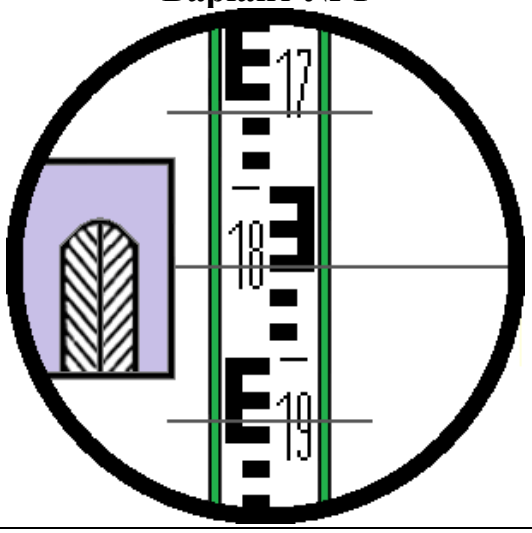
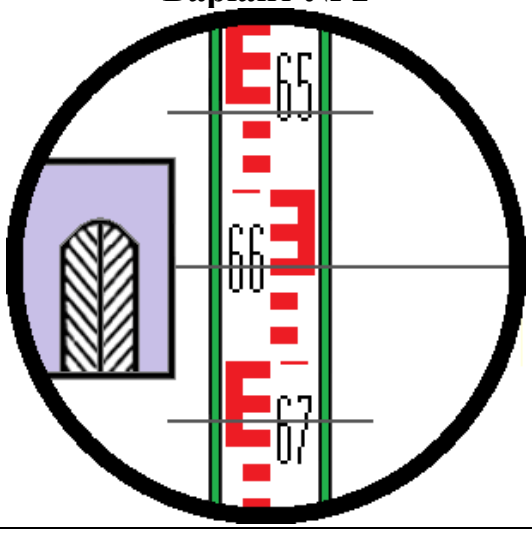
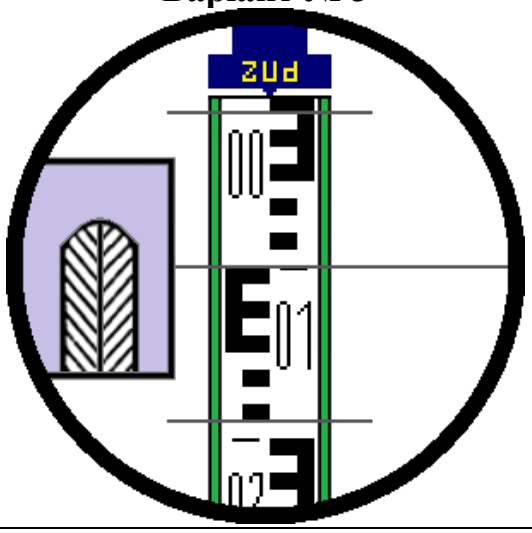
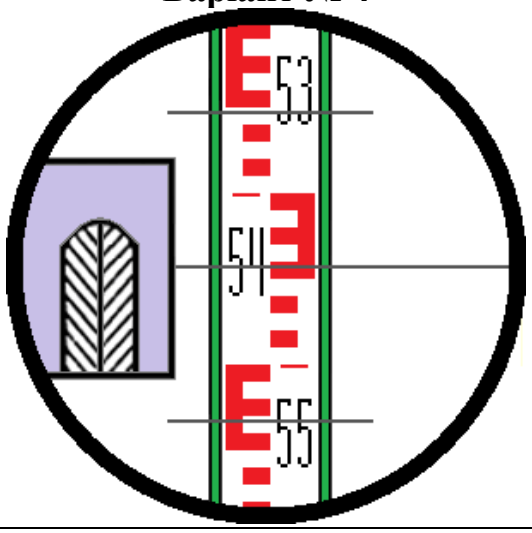
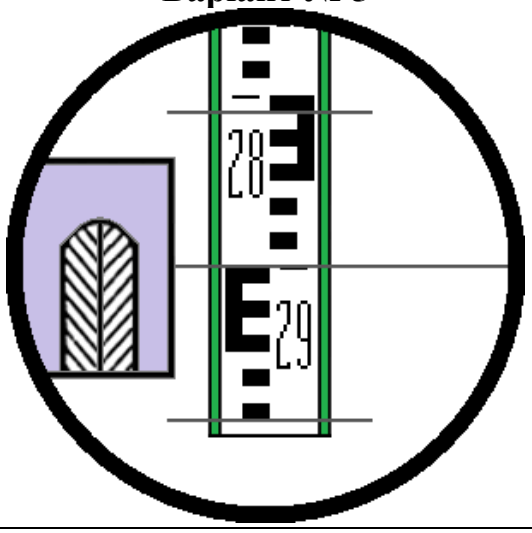
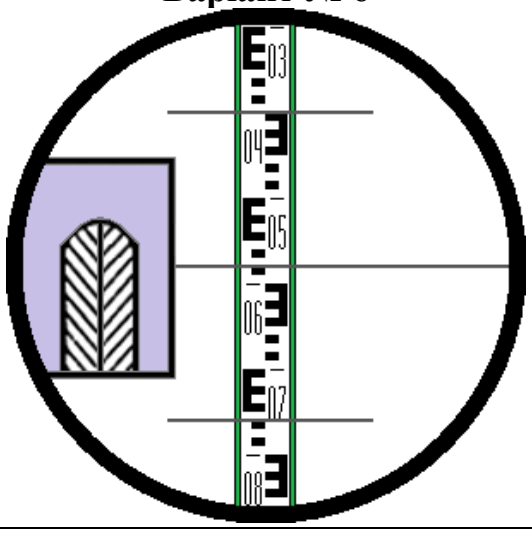
Номера станцій, ***i***	Виміряні кути $\beta_{i\,вим}$		Дирекційний кут сторони **1-2**, $a_{1\text{-}2}$		Напрями сторін, ***j***	D_j, м	Координати станції **1**, м	
	°	'	°	'			X_1	Y_1
Варіант № 10								
1	115	22,0	359	16,0	**1-2**	133,12	-1412,37	789,32
2	116	4,0			2-3	77,09		
3	107	19,5			3-4	148,26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

<u>Примітка:</u>

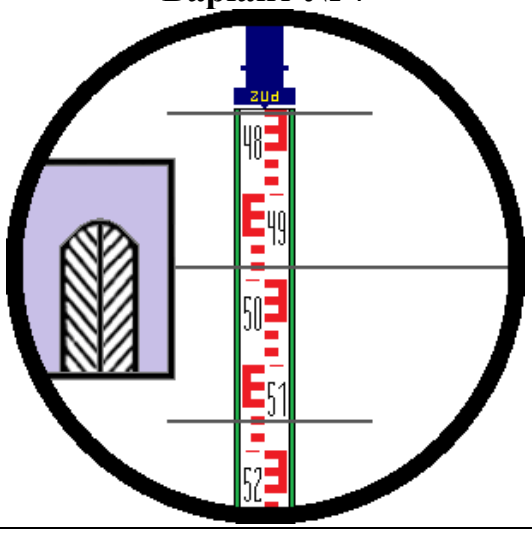
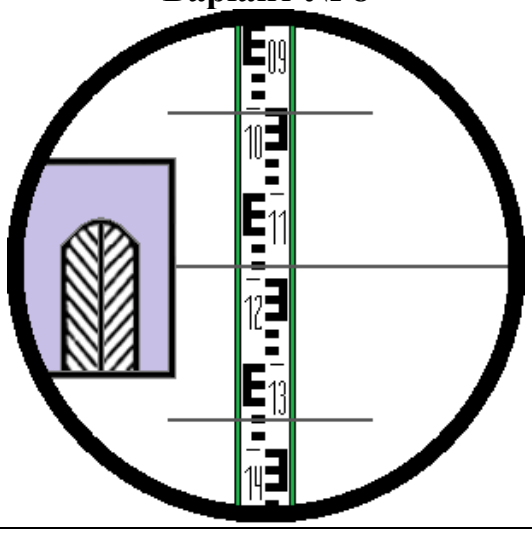
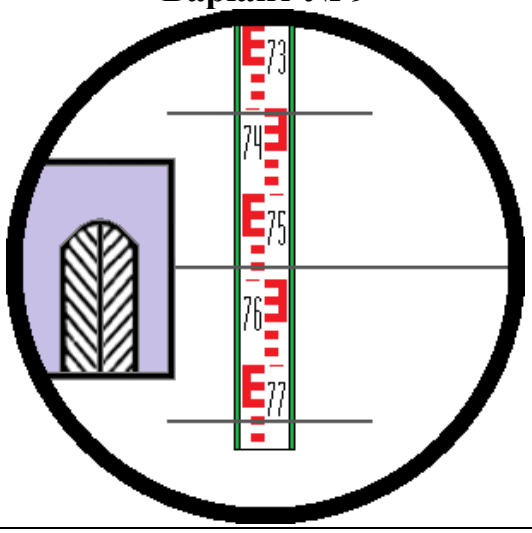
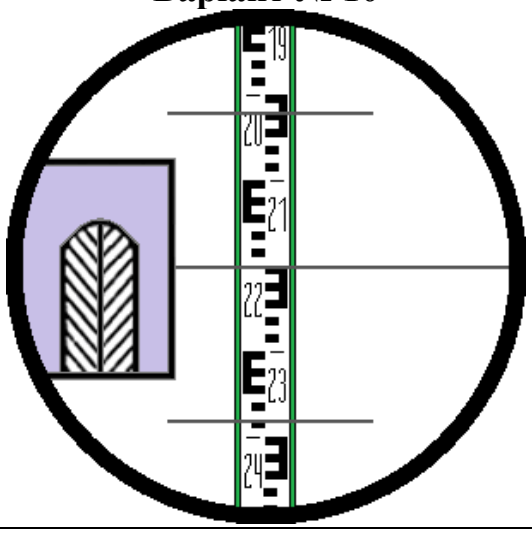
номер варіанта відповідає останній цифрі номера залікової книжки (цифрам 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 відповідають варіанти 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, цифрі 0 відповідає варіант 10).

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)

Варіант № 1  	**Варіант № 2** 
Варіант № 3  	**Варіант № 4** 
Варіант № 5  	**Варіант № 6** 

Продовження табл. Г.1

Варіант № 7 	**Варіант № 8** 
Варіант № 9 	**Варіант № 10** 

<u>Примітка:</u>

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 паля водомір. ПВ1 1-2	2469 **(1)** 2609 **(2)** 7407 **(6)**	0862 **(3)** 1022 **(4)** 5724 **(5)**	**1** паля водомір. ПВ1 1-2	2273 **(1)** 2498 **(2)** 7300 **(6)**	1180 **(3)** 1385 **(4)** 6083 **(5)**
Варіант № 2			**Варіант № 7**		
1 паля водомір. ПВ1 1-2	2763 **(1)** 2948 **(2)** 7747 **(6)**	1328 **(3)** 1523 **(4)** 6224 **(5)**	**1** паля водомір. ПВ1 1-2	2511 **(1)** 2671 **(2)** 7472 **(6)**	1334 **(3)** 1499 **(4)** 6198 **(5)**
Варіант № 3			**Варіант № 8**		
1 паля водомір. ПВ1 1-2	1796 **(1)** 1976 **(2)** 6776 **(6)**	0655 **(3)** 0835 **(4)** 5535 **(5)**	**1** паля водомір. ПВ1 1-2	1702 **(1)** 1902 **(2)** 6702 **(6)**	0247 **(3)** 0447 **(4)** 5147 **(5)**
Варіант № 4			**Варіант № 9**		
1 паля водомір. ПВ1 1-2	2422 **(1)** 2677 **(2)** 7478 **(6)**	1317 **(3)** 1562 **(4)** 6261 **(5)**	**1** паля водомір. ПВ1 1-2	2578 **(1)** 2698 **(2)** 7497 **(6)**	1312 **(3)** 1437 **(4)** 6138 **(5)**
Варіант № 5			**Варіант № 10**		
1 паля водомір. ПВ1 1-2	1289 **(1)** 1519 **(2)** 6321 **(6)**	0221 **(3)** 0471 **(4)** 5169 **(5)**	**1** паля водомір. ПВ1 1-2	1626 **(1)** 1861 **(2)** 6659 **(6)**	0210 **(3)** 0465 **(4)** 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						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	4990	7780			Х1
						50,00
4	Х1	0074	2947			Х1
	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		
	Поп.1-П5			2137		
7	Пк4	1520	1500			Пк4
	РП3	6396	6375		**1,137**	**РП3**
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 2						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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	**РП3**	1692	1349		**1,137**	**РП3**
	Пк0	6446	6103			Пк0
						100,00
2	Пк0	2443	0598			Пк0
	Х1	7195	5354			Х1
						50,00
3	Х1	2398	0643			Х1
	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-Л3			2067		
	Поп.1-П4			2072		
7	Пк4	1094	1947			Пк4
	РП4	5847	6702		**2,974**	**РП4**
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 3						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	7387	5274			Х1
						50,00
3	Х1	2035	1025			Х1
	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-ЛЗ			2202		
	Поп.1-ПЗ			2205		
7	Пк4	2212	0849			Пк4
	РП5	7011	5649		**4,673**	**РП5**
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 4						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	7289	5192			Х1
						50,00
3	Х1	2547	0534			Х1
	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						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	5116	7559			Х1
						50,00
4	Х1	0160	2940			Х1
	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						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	7239	5532			Х1
						50,00
4	Х1	2278	0743			Х1
	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						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	7194	5355			Х1
						50,00
3	Х1	2395	0645			Х1
	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						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	7337	5324			Х1
						50,00
3	Х1	2135	0925			Х1
	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-ЛЗ			2226		
	Поп.1-ПЗ			2229		
7	Пк4	2898	0162			Пк4
	РП25	7699	4961		**24,736**	**РП25**
						100,00

Продовження табл. Д.1

Варіант № 9						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	7049	5431			Х1
						50,00
3	Х1	2363	0718			Х1
	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

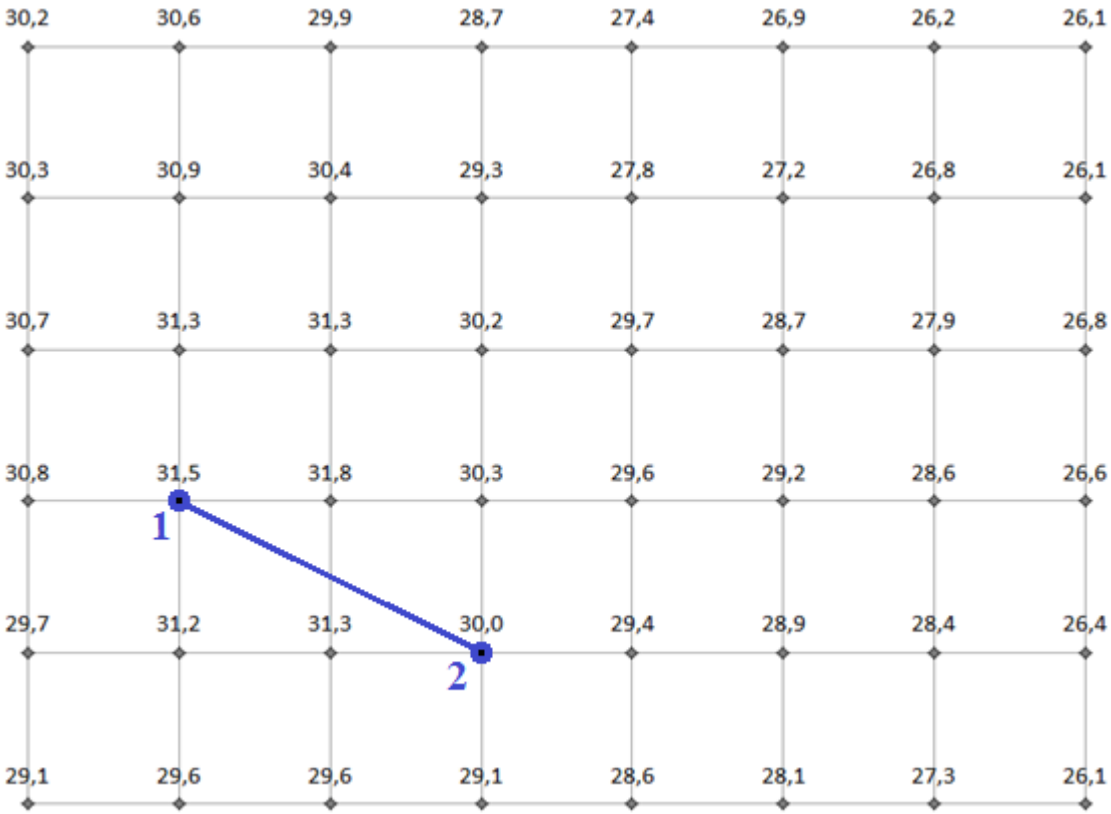
Продовження табл. Д.1

Варіант № 10						
*Початок відліку червоної сторони рейки, **мм**:*						**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
	Х1	5424	7250			Х1
						50,00
4	Х1	0585	2516			Х1
	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*)*



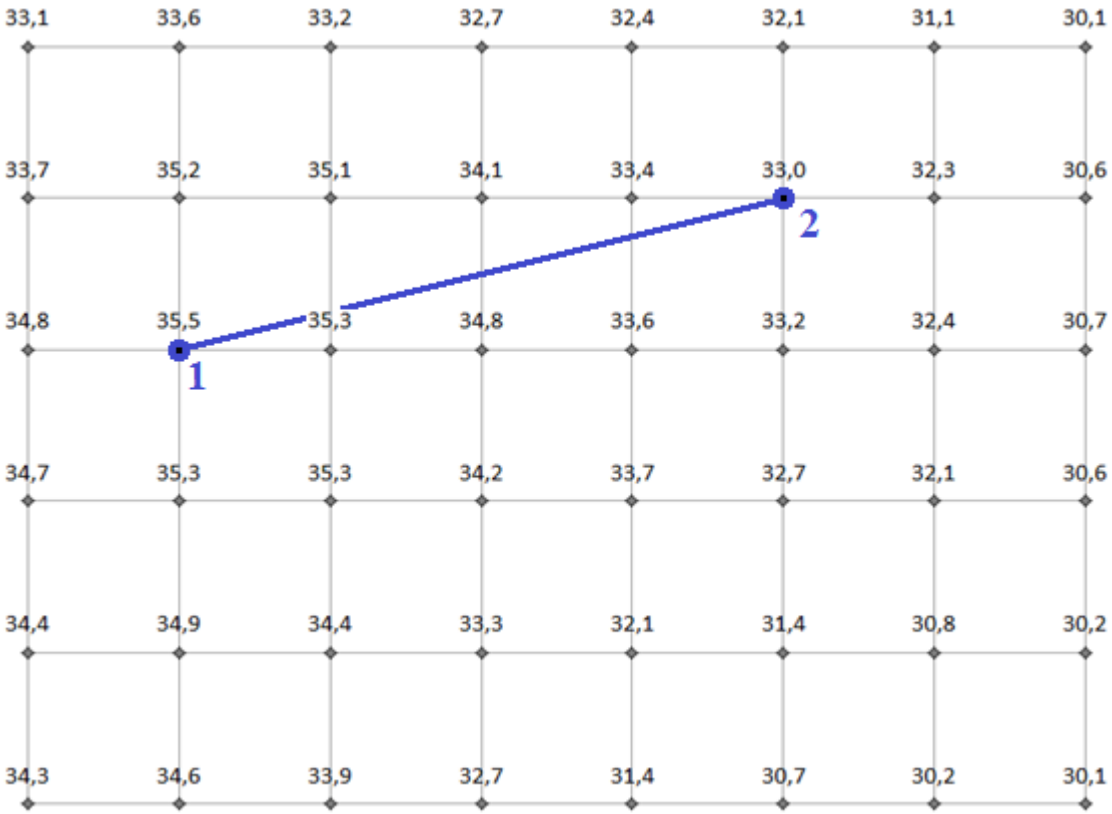
1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтийська система висот

Рисунок Е.1 – Вихідні дані (**<u>варіант № 1</u>**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)

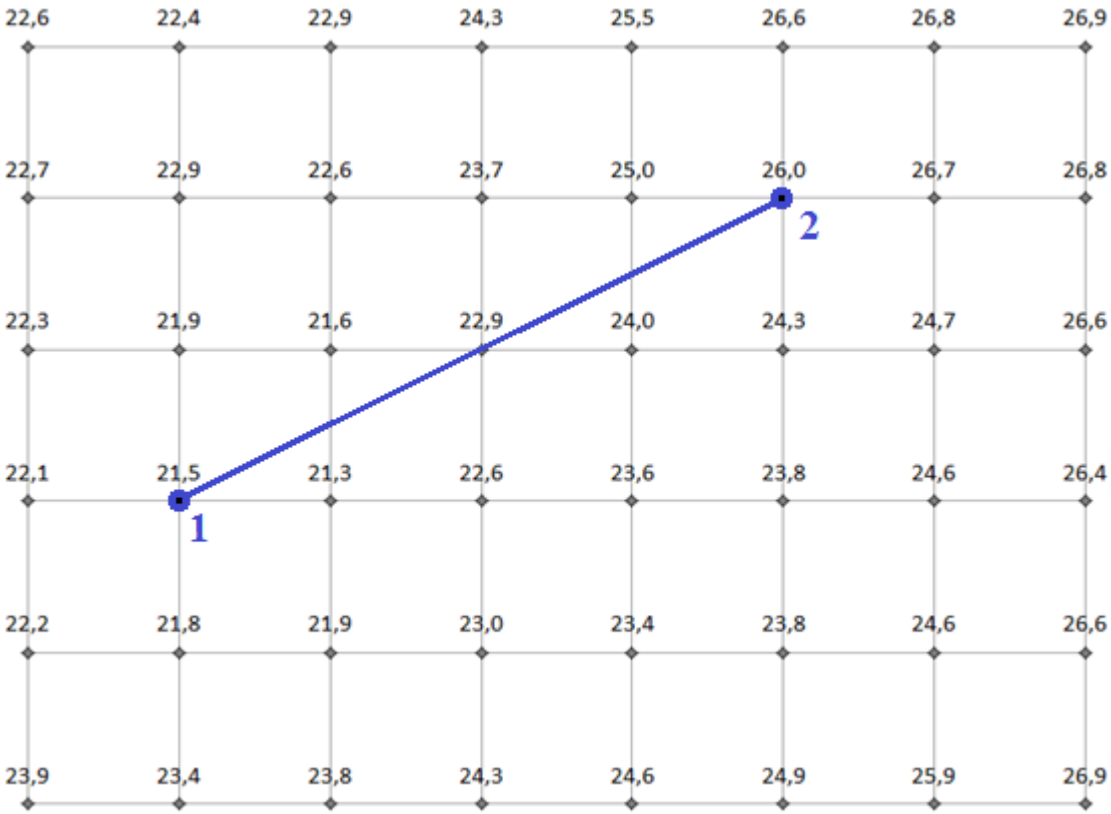


1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр
Балтийська система висот

Рисунок Е.2 – Вихідні дані (**<u>варіант № 2</u>**) для побудови плану території в горизонталях (точки **1** та **2** – відповідно початок і кінець заданого відрізку для визначення крутості схилу та ухилу лінії місцевості)



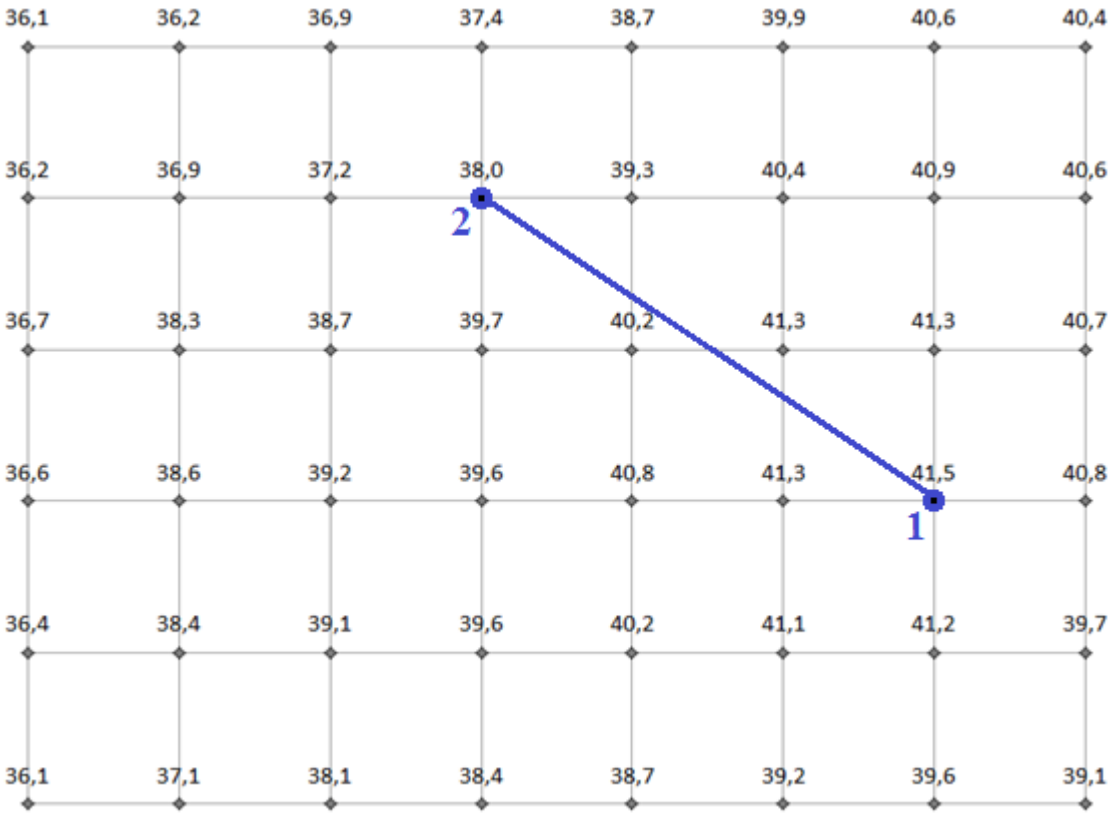
1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтийська система висот

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

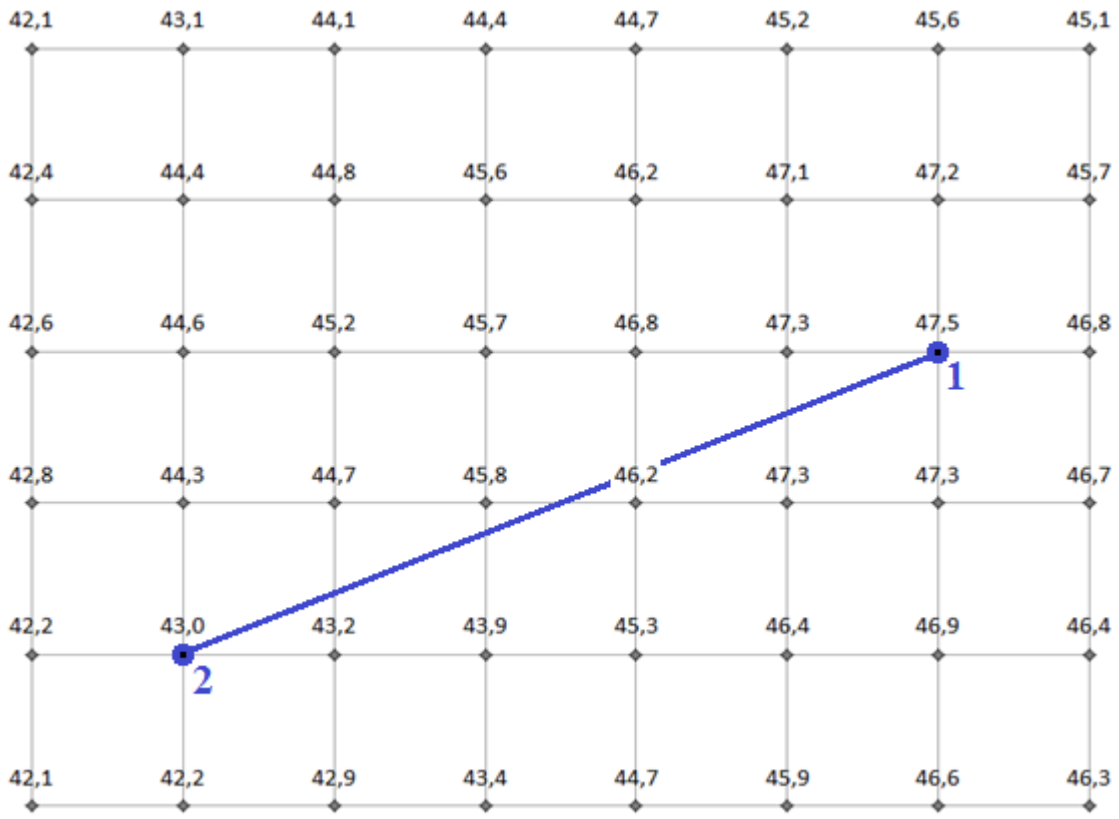


1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр
Балтийська система висот

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

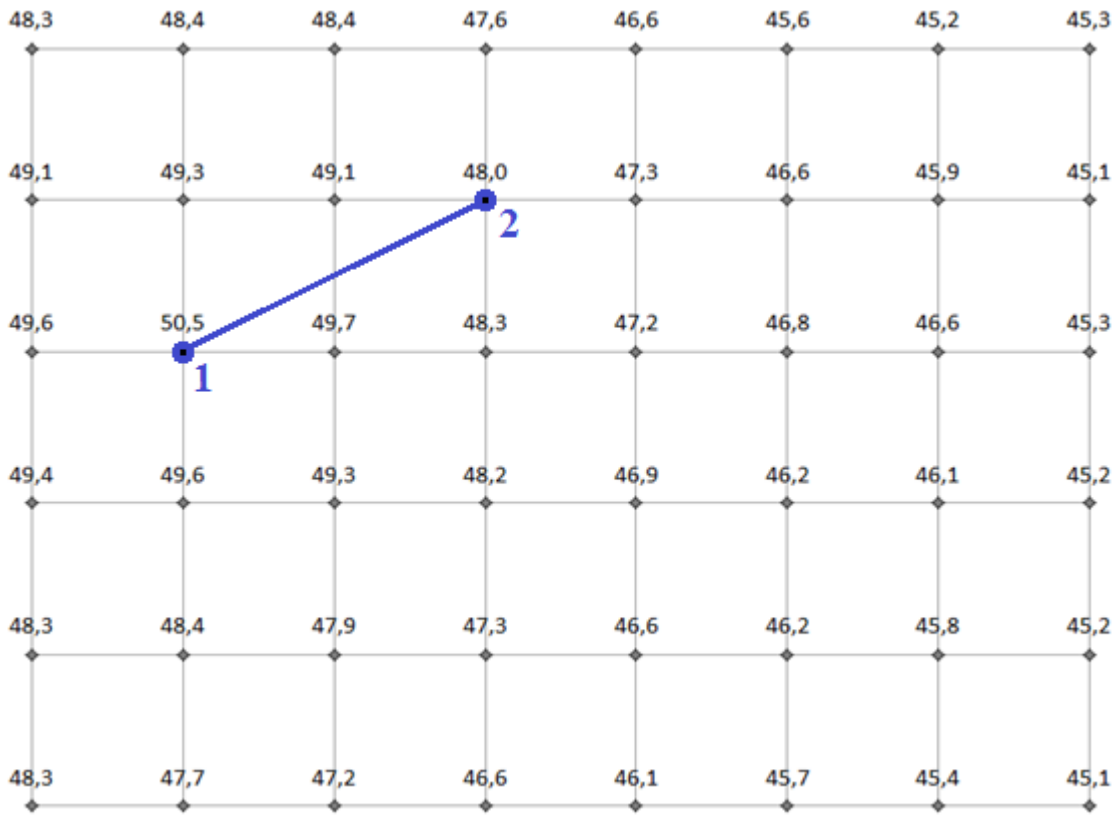


1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр
Балтийська система висот

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

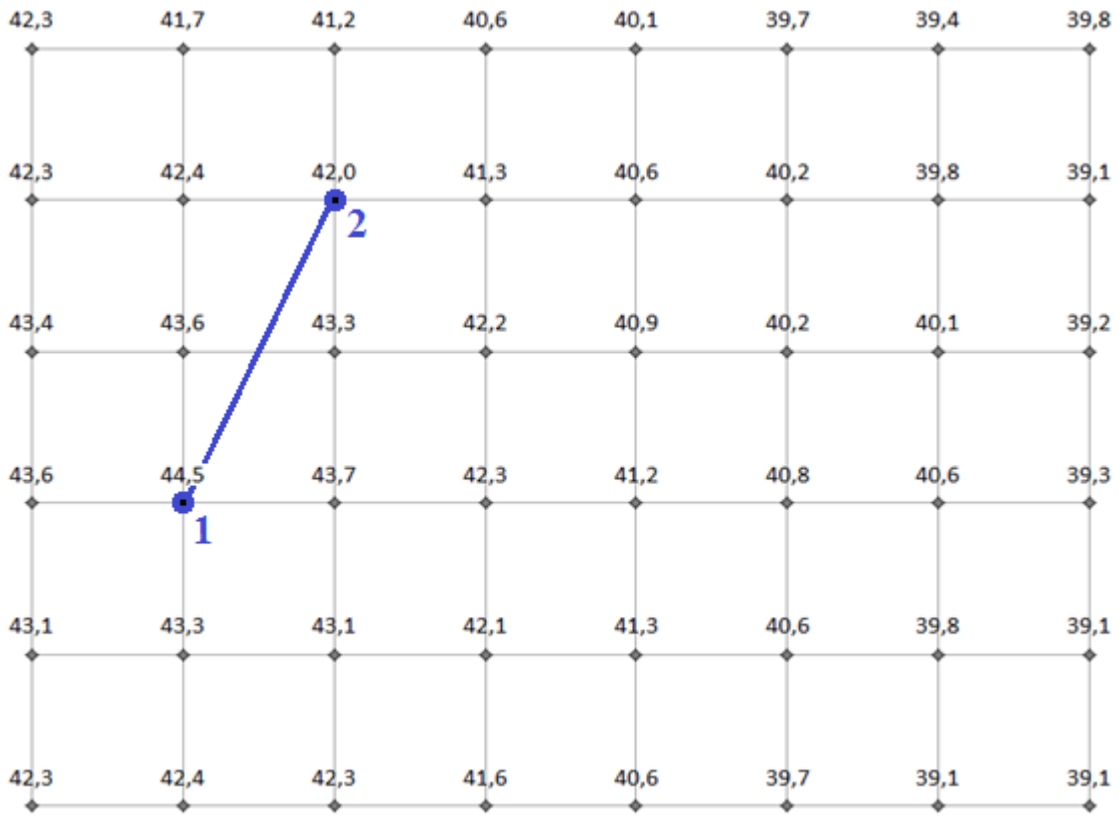


1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр
Балтийська система висот

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

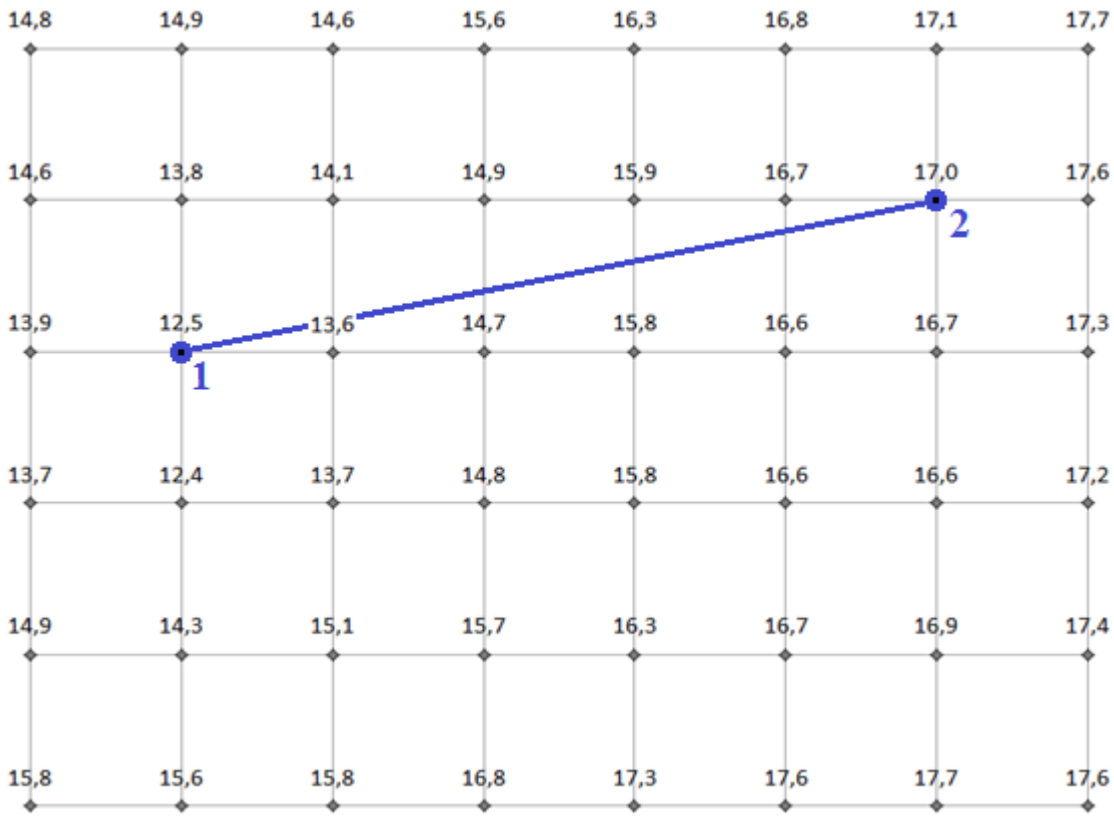


1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр
Балтийська система висот

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

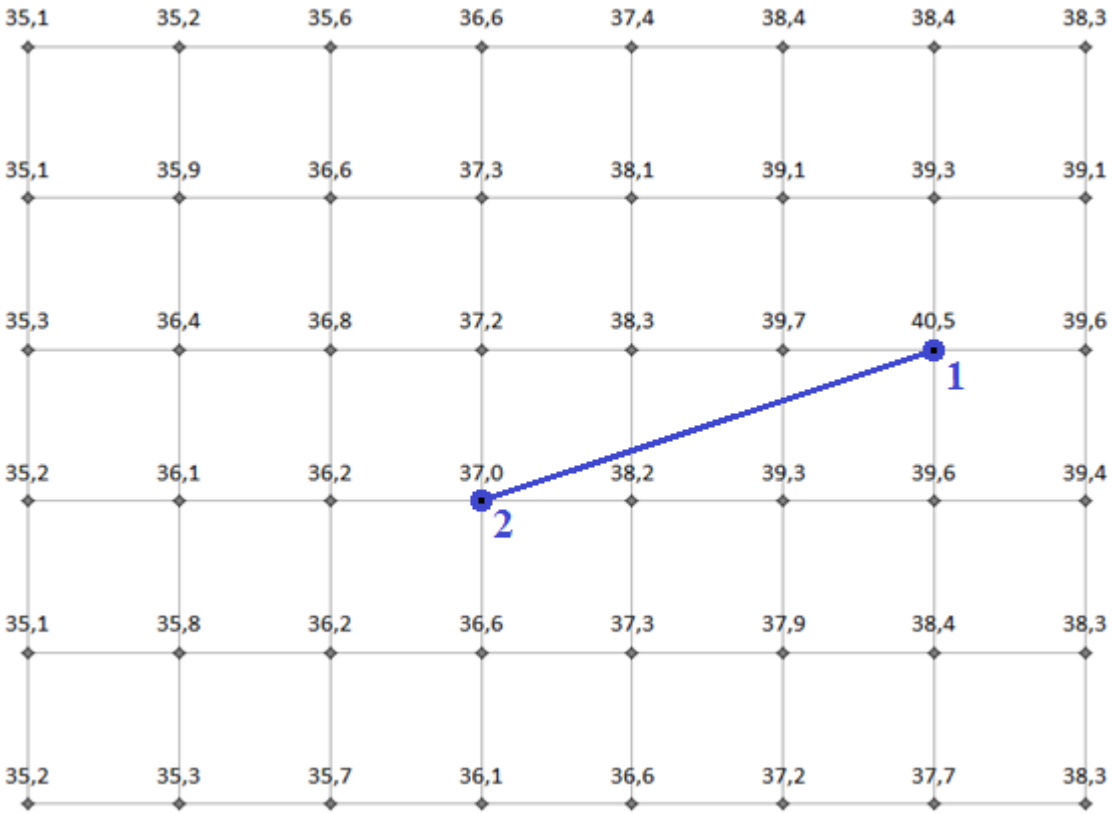


1:2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр
Балтийська система висот

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

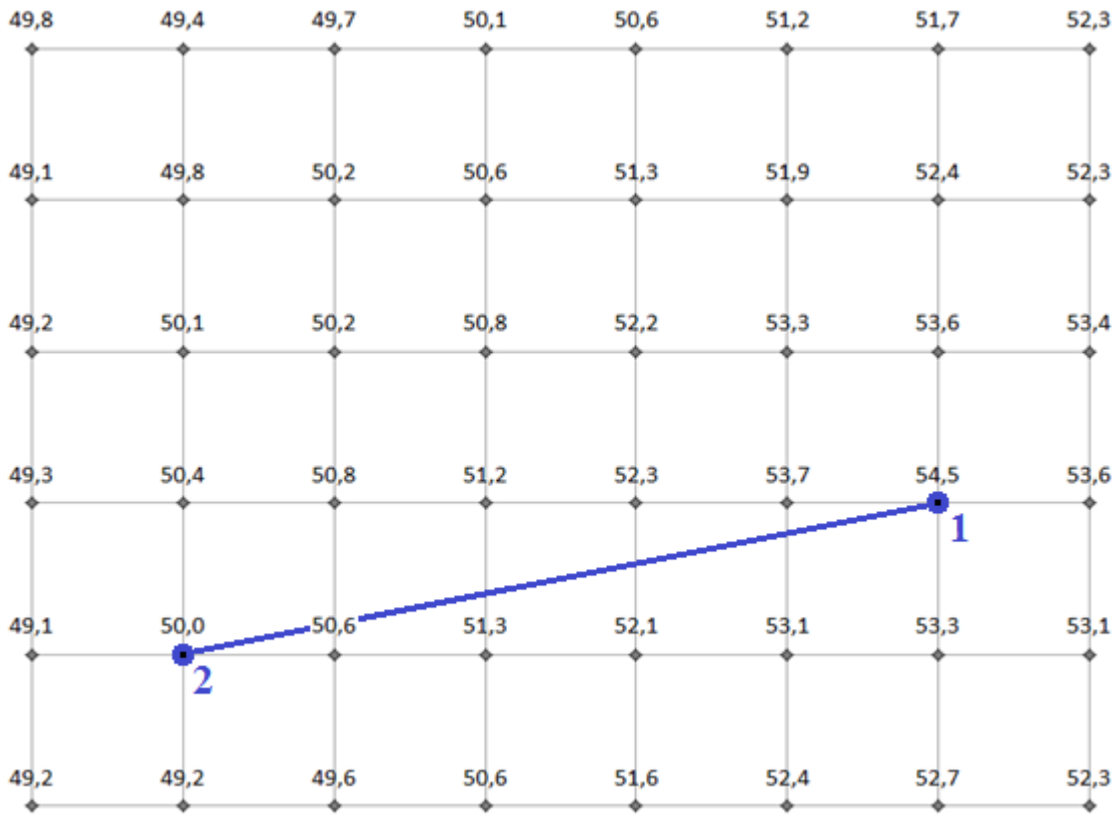


1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр
Балтийська система висот

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



1 : 2000

в 1 сантиметрі 20 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Балтийська система висот

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

ДОДАТОК Ж.

Перелік основних нормативних документів з геодезії

1. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон від 23.12.1998 № 353-XIV // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/353-14#top (дата звернення: 27.04.2021).

2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квітня 1998 р. № 56). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text (дата звернення: 27.04.2021).

3. Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 24 січня 1994 р. № 3). URL: http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3101 (дата звернення: 27.04.2021).

4. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 31 грудня 1999 р. № 156). URL: http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3201 (дата звернення: 27.04.2021).

5. Порядок побудови Державної геодезичної мережі (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 646). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF#n9 (дата звернення: 27.04.2021).

6. Положення про порядок встановлення місцевих системи координат (затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 3 липня 2001 р. № 245). URL: http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3901 (дата звернення: 27.04.2021).

7. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 8 червня 1998 р. № 844). URL: http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=1401 (дата звернення: 27.04.2021).

8. Порядок охорони геодезичних пунктів (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 836). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/836-2017-%D0%BF (дата звернення: 27.04.2021).

9. Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF (дата звернення: 27.04.2021).

Навчальне електронне видання

ГРИБ Олег Миколайович

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ОСНОВ ГЕОДЕЗІЇ

Навчальний посібник

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

кафедра гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ