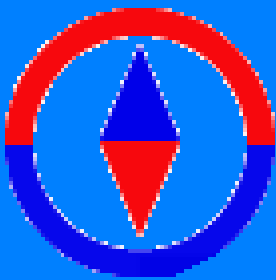
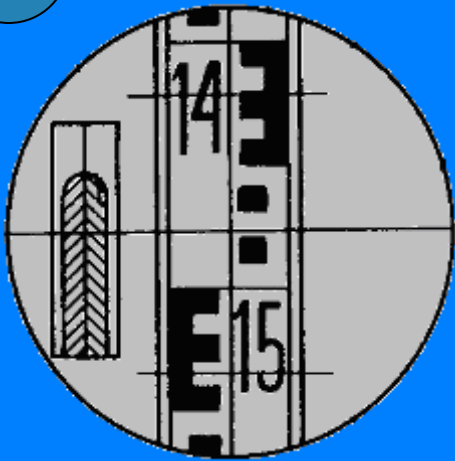


Є.І. КОЛОДЕЄВ, О.М. ГРИБ

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ГЕОДЕЗІЇ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

**Є. І. КОЛОДЕЄВ,
О. М. ГРИБ**

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ГЕОДЕЗІЇ

Навчальний посібник

Рекомендовано
Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів
(Лист № 1.4/18-Г-1149 від 21.11.06 р.)

Одеса
“Екологія”
2007

ББК 26.12я73
К 60
УДК 528 (075.8)

У лабораторному практикумі викладені пояснення до вирішення практичних завдань, які передбачені робочим планом цієї дисципліни, тобто: визначення по карті відстаней, напрямів ліній, координат та висот точок, вивчення основних геодезичних приладів і освоєння практичної роботи з ними.

Навчальний посібник призначено для забезпечення самостійної роботи при підготовці до занять та вирішення завдань, які наведено наприкінці кожного розділу посібника.

Навчальний посібник рекомендується для всіх напрямів та форм навчання гідрометеорологічного спрямування.

Рецензенти:

зав. кафедрою гідрографії і морської геодезії ОНМА, д. т. н., проф.
І. І. Гладких;

зав. кафедрою енергетичного будівництва ОДАБА, к. т. н., доц.
К. В. Егунов;

декан факультету водотransпортних і шельфових споруд ОНМУ,
к. т. н., проф. ***В. Т. Бугаєв***

К 1802020000 – 004 Без оголош.
8740 – 2007

ISBN 996–8740–30–0

© Є.І. Колодєєв, О.М. Гриб, 2007

© Одеський державний
екологічний університет, 2007

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА.....	4
1 Лабораторна робота “Масштаби”	4
2 Лабораторна робота “Кути орієнтування”	7
3 Лабораторна робота “Географічні і прямокутні координати”	10
4 Лабораторна робота “Визначення номенклатури карт”	24
5 Лабораторна робота “Визначення відміток точок, крутості схилів та уклонів, побудова профілю місцевості і плану в горизонталях”	26
6 Лабораторна робота “Вивчення теодоліта Т-30 (2Т-30, 2Т-30П) і робота з ним на станції”	35
7 Лабораторна робота “Обробка матеріалів замкнутого теодолітного ходу”	42
8 Лабораторна робота “Вивчення нівеліра Н-3 (Н-10) і робота з ним на станції”	50
9 Лабораторна робота “Обробка журналу технічного нівелювання”	53
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	63
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	64

ПЕРЕДМОВА

У цьому лабораторному практикумі з дисципліни “Основи геодезії” даються пояснення до вирішення практичних завдань, які передбачені робочим планом дисципліни, тобто: визначення по карті відстаней, напрямів ліній, координат та висот точок, вивчення основних геодезичних приладів і освоєння практичної роботи з ними. Окремі завдання відносяться до розрахункових, графічних і інструментальних задач за основними розділами дисципліни. Практикум призначено для забезпечення самостійної роботи при підготовці до занять та вирішенні завдань і мають необхідні пояснення суттєвих положень.

Відповідно до навчальної програми з дисципліни “Основи геодезії” перші п’ять лабораторних робіт практикуму відносяться до теми “Вивчення карти і вирішення картометричних задач”, а останні чотири – до теми “Інструментальні роботи і обробка даних вимірювань”. Посібник має вісім варіантів початкових даних з кожного виду завдань, вирішення яких проілюстровано прикладами.

1. Лабораторна робота “Масштаби”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №1.

У всіх випадках, коли дані лінійних вимірювань на місцевості потрібно зобразити на якомусь графічному матеріалі, вони підлягають зменшенню. Це перетворення пов’язують з поняттям масштабу.

Масштабом плану називають відношення відрізка l на плані до горизонтальної проекції S відповідної лінії місцевості, тобто:

$$\frac{1}{m} = \frac{l}{S}, \quad (1.1)$$

де m – знаменник масштабу (*кратність зменшення*). Масштаб плану однаковий у всіх його точках. Масштаб карти в кожній точці має своє певне значення, яке залежить від широти та довготи даної точки. Тому його суворою числовою характеристикою є *частковий масштаб карти* – відношення нескінченно малого відрізка Δl на карті до довжини відповідного нескінченно малого відрізка ΔS на поверхні еліпсоїда. Однак при практичних вимірюваннях на карті використовують її головний масштаб, що визначається формулою (1.1), де знаменник m показує у

скільки разів у середньому зменшені розміри еліпсоїда при його зображенні на карті. *Позначення масштабу* на картах і планах має три різні форми: чисельного, іменованого і графічного вираження.

Чисельний масштаб виражають дробом, в якому чисельник – **1** (одиниця), а знаменник – ***m*** (кратність зменшення). Форма запису чисельного масштабу така: Масштаб 1:10000 або М 1:10000. 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 і 1:500. При порівнянні різних чисельних масштабів більш дрібнішим є той, у якого більше знаменник ***m***, а крупніше – у якого знаменник ***m*** менше. Так, **наприклад**, масштаб 1:1000 крупніше ніж масштаб 1:1000000, а масштаб 1:5000 дрібніше за масштаб 1:1000.

Іменований масштаб являє собою словесну інтерпретацію чисельного. Оскільки довжини на місцевості вимірюють в метрах або кілометрах, а на картах (планах) – в сантиметрах, то словесна форма, **наприклад**, для чисельного масштабу 1:5000 виражається так: “У одному сантиметрі 50 метрів”, а для чисельного масштабу 1:100000 – так: “У одному сантиметрі 1000 метрів” або “У одному сантиметрі 1 кілометр”. Оскільки 1 кілометр дорівнює 1000 метрів, а 1 метр дорівнює 100 сантиметрам, то число метрів місцевості, що міститься в 1 сантиметрі карти або плану, визначається шляхом ділення знаменника чисельного масштабу на 100, а для визначення кількості кілометрів – на 100000.

Однією з поширеніших форм графічного масштабу є *лінійний масштаб*, що являє собою графік у вигляді відрізка прямої, розділеної на рівні частини з підписаними значеннями пропорційних ним довжин ліній місцевості. Лінійний масштаб дозволяє без обчислень вимірювати або будувати відстані на картах і планах.

Більш докладно питання, пов’язані з темою “Масштаби”, викладено в літературі: [1], стор. 35-37; [2], стор. 27-31; [3], стор. 42-43; [4], стор. 31-34; [5], стор. 32-36.

Завдання до лабораторної роботи №1.

Завдання №1.1. Для вказаних чисельних масштабів дати відповідні ним іменовані масштаби (табл. 1.1, задачі №1.1–1.3).

Завдання №1.2. Визначити довжину відрізка ***ab*** в сантиметрах на карті (плані), якщо відомі горизонтальна проекція відповідної лінії на місцевості ***AB*** в метрах і масштаб карти (плану) (табл. 1.2).

Завдання №1.3. Визначити чисельний масштаб карти (плану) для наступних співвідношень довжин відрізка ***ab*** на карті і його горизонтальної проекції ***AB*** на місцевості (табл. 1.3).

Таблиця 1.1 – Варіанти початкових даних до завдання №1.1

Варіанти	Задача №1	Задача №2	Задача №3
1	1:10000	1:5000	1:25000
2	1:200000	1:25000	1:100000
3	1:5000	1:10000	1:200000
4	1:1000000	1:300000	1:2500
5	1:25000	1:10000	1:5000
6	1:100000	1:200000	1:300000
7	1:2500	1:1000000	1:500000
8	1:300000	1:2500	1:1000000

Таблиця 1.2 – Варіанти початкових даних до завдання №1.2

Варіанти	AB , м	Масштаб
1	131,0	1:10000
2	242,5	1:25000
3	99,4	1:2000
4	25100,0	1:1000000
5	770,0	1:50000
6	79,6	1:2000
7	451,7	1:10000
8	55,5	1:5000

Таблиця 1.3 – Варіанти початкових даних до завдання №1.3

Варіанти	ab , см	AB , м
1	2,7	2700,0
2	55,0	137,5
3	142,0	14,2
4	75,3	376,5
5	45,0	4500,0
6	37,5	937,5
7	40,0	8000,0
8	11,0	275,0

Вирішення завдань №1.2 та №1.3 здійснюється за допомогою рівняння (1.1) при коректній дії з розмірністю величин у розрахунковій формулі.

2. Лабораторна робота “Кути орієнтування”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №2.

При визначенні напрямів ліній в геодезії використовують такі кути як: дирекційний кут, азимут (магнітний і істинний) та румб.

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 (стороні кута і її продовженні, лінії кілометрової сітки або меридіана), а центральна мітка (нуль прямолінійної шкали) співпадав з вершиною кута (точкою напрямку лінії з початковим напрямом).

Дирекційний кут (α) вимірюють по ходу годинникової стрілки від північного напрямку лінії, паралельної осі абсцис (лінії кілометрової сітки), до напрямку заданої лінії (він змінюється від 0° до 360°). Якщо лінія, що орієнтується, не перетинає координатну сітку, то її необхідно продовжити до перетину з однією з ліній координатної сітки, розташованих зліва від початкової точки (коли дирекційний кут менше 180°) або праворуч (коли він більше 180°). Нульовий діаметр транспортира укладають по координатній сітці, суміщаючи центральну мітку з точкою перетину ліній, після чого відлічують дирекційний кут. Якщо кут, що вимірюється, більше 180° , то відлік ведуть від південного напрямку осі абсцис, використовуючи другий ряд підписів кутомірної шкали транспортира. Коли кут близький до 0° або 180° і в межах аркуша карти задана лінія не перетинається з абсцисами координатної сітки, то напрям сітки паралельно переносять в початкову точку лінії за допомогою трикутника і лінійки і вимірювання виконують, як указано вище.

Географічний азимут (A) вимірюють по ходу годинникової стрілки від північного напрямку географічного меридіана, що проходить через початкову точку заданої лінії. Напрямок цього меридіана практично паралельний вертикальним лініям внутрішньої рамки аркуша карти. Технологія вимірювання географічного азимута з допомогою транспортира аналогічна визначенню дирекційного кута (він змінюється від 0° до 360°). Що ж до обчислення географічного азимута по виміряному дирекційному куту, то до останнього додають кут γ , що іменується *зближенням меридіанів*. Це кут між меридіаном і лінією, паралельною осьовому меридіану (лінією кілометрової сітки). Азимут і дирекційний кут пов'язані формулою:

$$A = \alpha + \gamma. \quad (2.1)$$

Зближення меридіанів додатне, якщо північний напрям лінії кілометрової сітки відхиляється від напрямку меридіана до сходу (для східної половини зони), і від’ємне, якщо лінії кілометрової сітки відхиляються до заходу (для західної половини зони).

Для обчислення азимута за формулою (2.1) використовують середнє значення γ , яке наводиться під південною стороною рамки карти зліва.

Магнітний азимут (A_m) обчислюють з урахуванням *схилення магнітної стрілки (δ)* – кута між напрямом меридіана і напрямом магнітної стрілки. При відхиленні північного кінця стрілки до сходу схилення називають східним і вважають додатним. При відхиленні стрілки до заходу, схилення – західне і від’ємне. Значення схилення магнітної стрілки наводиться під південним краєм рамки карти в одній схемі зі зближенням меридіанів. Магнітний азимут обчислюється за формулою:

$$A_m = A - \delta. \quad (2.2)$$

Румбом лінії (r) називається гострий кут між найближчим напрямом (північним або південним) проекції осевого меридіана і напрямом лінії. Значення румбів змінюються від 0° до 90° і супроводяться літерними позначеннями сторін світу, **наприклад:** $r = ПдС\ 55^\circ 17'$.

Користуючись табл. 5, [3] або формулою (1.7), [4], в якій наведено зв’язок між румбами і дирекційними кутами, легко визначити румб заданої лінії.

Розглянуті питання теми “Кути орієнтування” більш детально наведено в літературі: [1], стор. 27-30; [2], стор. 91-112; [3], стор. 56-60; [4], стор. 44-52; [5], стор. 66-67, 88-97.

Завдання до лабораторної роботи №2.

Завдання №2.1. За даними табл. 2.1 (задачі №1 і №2) нанести на карту (рис. 2.1–2.5, відповідно до варіанта та задач) точки №1, №2 та №3 (в порядку запису), прокреслити напрями 2–1 і 2–3 та вимірити їх дирекційні кути транспортиром. Наведені у завданні №2.1 точки знаходяться на картах з різними масштабами у відповідних квадратах, номери яких вказані в табл. 2.1 у стовпчику “Квадрат розташування точки”. Двома першими цифрами позначена південна сторона квадрата, а двома останніми – західна. Це допоможе швидко знайти необхідні точки.

Завдання №2.2. Обчислити магнітні азимути напрямів 2–1 і 2–3 за даними табл. 2.1 (задачі №1 і №2).

Завдання №2.3. Обчислити румби напрямів 2–1 і 2–3 за даними табл. 2.1 (задачі №1 і №2).

Таблиця 2.1 – Варіанти початкових даних до завдань №2.1–2.3

Варіант	Задача	№ точки	Назва точки або її відмітка, м	Квадрат розташування точки	Рис.	Масштаб карти	γ	δ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	№1	1	242,1	3593	2.1	1:50000	-0°07'	+7°55'
		2	барак Ламми	3598				
		3	249,3	3198				
	№2	1	г. Кам`янка	2152	2.2	1:10000	-2°07'	-1°47'
		2	196,7	2251				
		3	173,7	2151				
2	№1	1	г. Зелена	7916	2.3	1:25000	-4°55'	-3°13'
		2	233,0	7917				
		3	157,2	7818				
	№2	1	барак Ламми	3598	2.1	1:50000	-0°07'	+7°55'
		2	249,3	3198				
		3	236,7	3396				
3	№1	1	45,2	1242	2.4	1:100000	-3°11'	+4°15'
		2	60,9	1840				
		3	71,0	2246				
	№2	1	221,5	7716	2.3	1:25000	-4°55'	-3°13'
		2	246,6	7917				
		3	г. Зелена	7916				
4	№1	1	167,7	7419	2.5	1:25000	-4°02'	+5°37'
		2	210,8	7321				
		3	262,1	7219				
	№2	1	71,0	2246	2.4	1:100000	-3°11'	+4°15'
		2	центр Фаринд	1846				
		3	44,6	1440				
5	№1	1	173,7	2151	2.2	1:10000	-2°07'	-1°47'
		2	г. Кам`янка	2152				
		3	196,7	2251				
	№2	1	213,1	7520	2.5	1:25000	-4°02'	+5°37'
		2	лісн.	7322				
		3	167,7	7419				

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	№1	1	242,1	3593	2.1	1:50000	-0°07'	+7°55'
		2	барак Ламми	3598				
		3	249,3	3198				
	№2	1	г. Зелена	7916	2.3	1:25000	-4°55'	-3°13'
		2	233,0	7917				
		3	157,2	7818				
7	№1	1	г. Кам`янка	2152	2.2	1:10000	-2°07'	-1°47'
		2	196,7	2251				
		3	173,7	2151				
	№2	1	барак Ламми	3598	2.1	1:50000	-0°07'	+7°55'
		2	249,3	3198				
		3	236,7	3396				
8	№1	1	213,1	7520	2.5	1:25000	-4°02'	+5°37'
		2	лісн.	7322				
		3	167,7	7419				
	№2	1	45,2	1242	2.4	1:100000	-3°11'	+7°55'
		2	60,9	1840				
		3	71,0	2246				

3. Лабораторна робота “Географічні і прямокутні координати”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №3.

Аркуші топографічних карт з трапецієподібним розграфленням оформлюються трьома рамками: внутрішньою, мінутною і зовнішньою.

Внутрішня рамка утворюється відрізками меридіанів і паралелей і безпосередньо обмежує картографічне зображення. На виходах цих ліній в кутах внутрішньої рамки вказані відповідні значення широти і довготи.

Мінутну рамку з позначенням певних інтервалів широт і довгот використовують для більш точного вимірювання географічних координат на карті. Мінутні і напівмінутні інтервали відмічені товстими чорно-білими лініями, а десятисекундні інтервали – точками. Між внутрішньою і мінутною рамками виписані ординати і абсциси виходів ліній прямокутної координатної (кілометрової) сітки. При цьому першою цифрою (з 4 до 9) або двома першими (з 10 до 32) в значеннях ординат позначений номер зони, а розміри самих ординат, що відлічуються від осьового меридіана, збільшені на 500 км (*приведені ординати*).

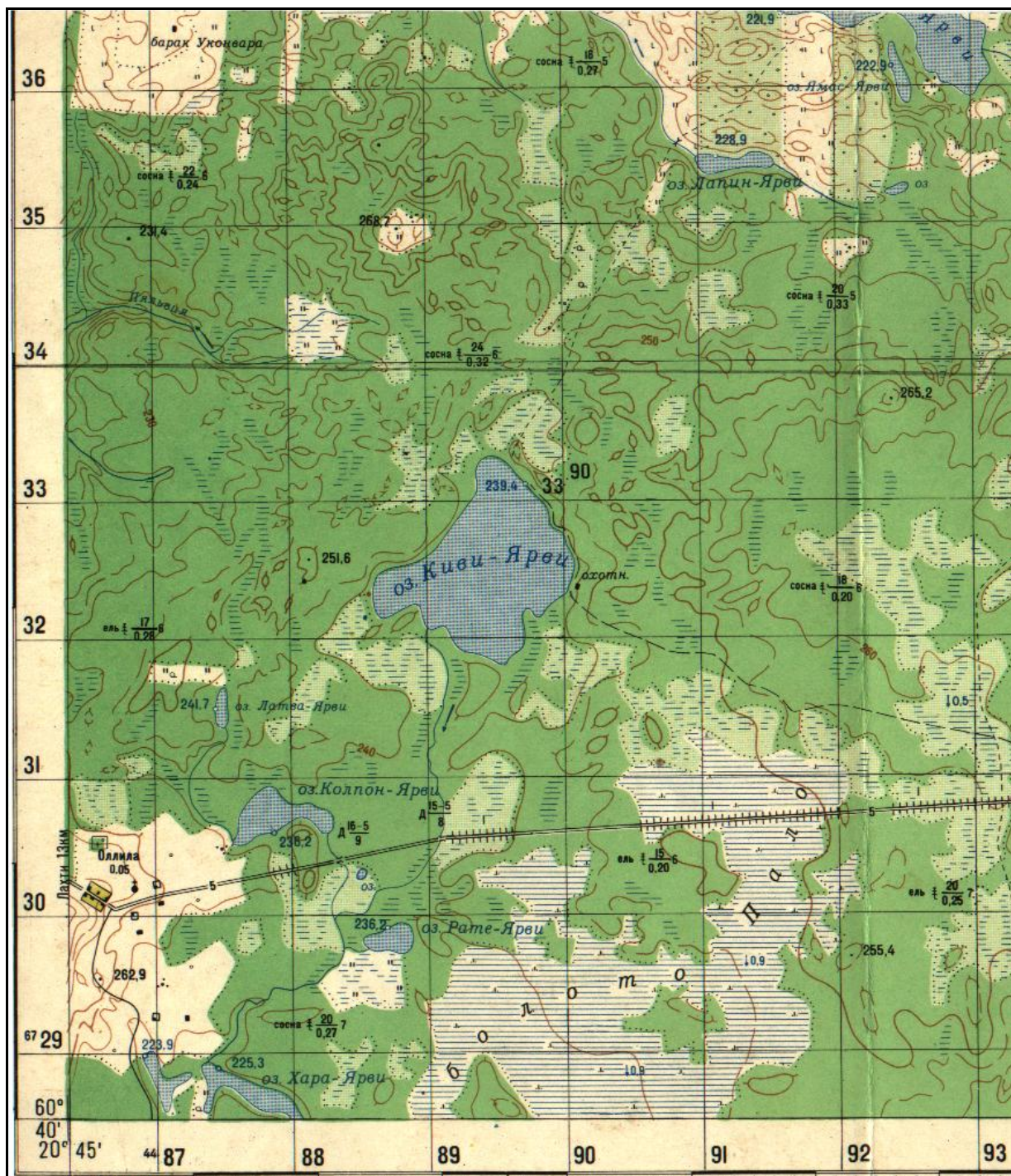


Рис. 2.1 – Фрагмент карты М 1:50000 (часть №1)

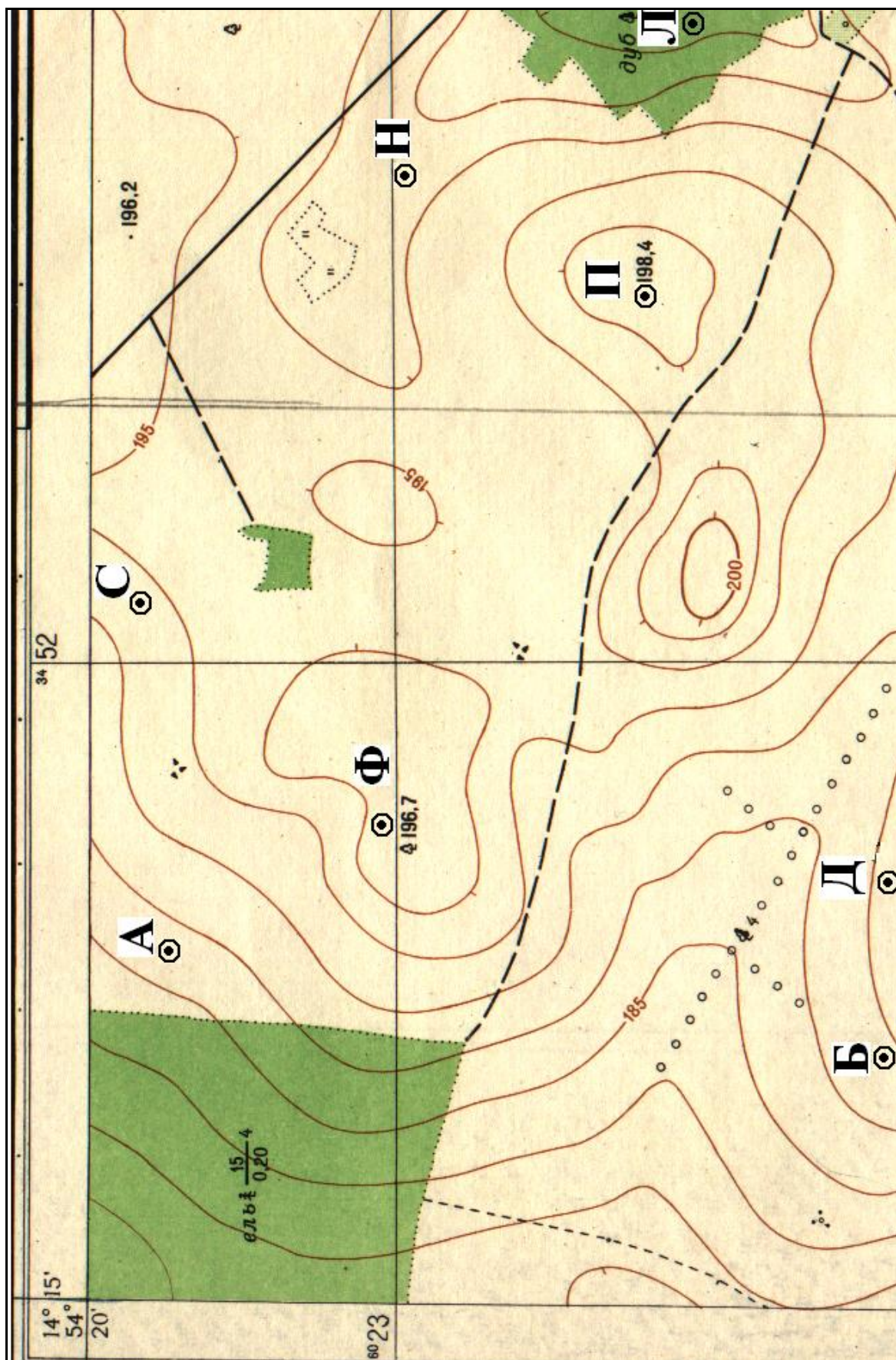
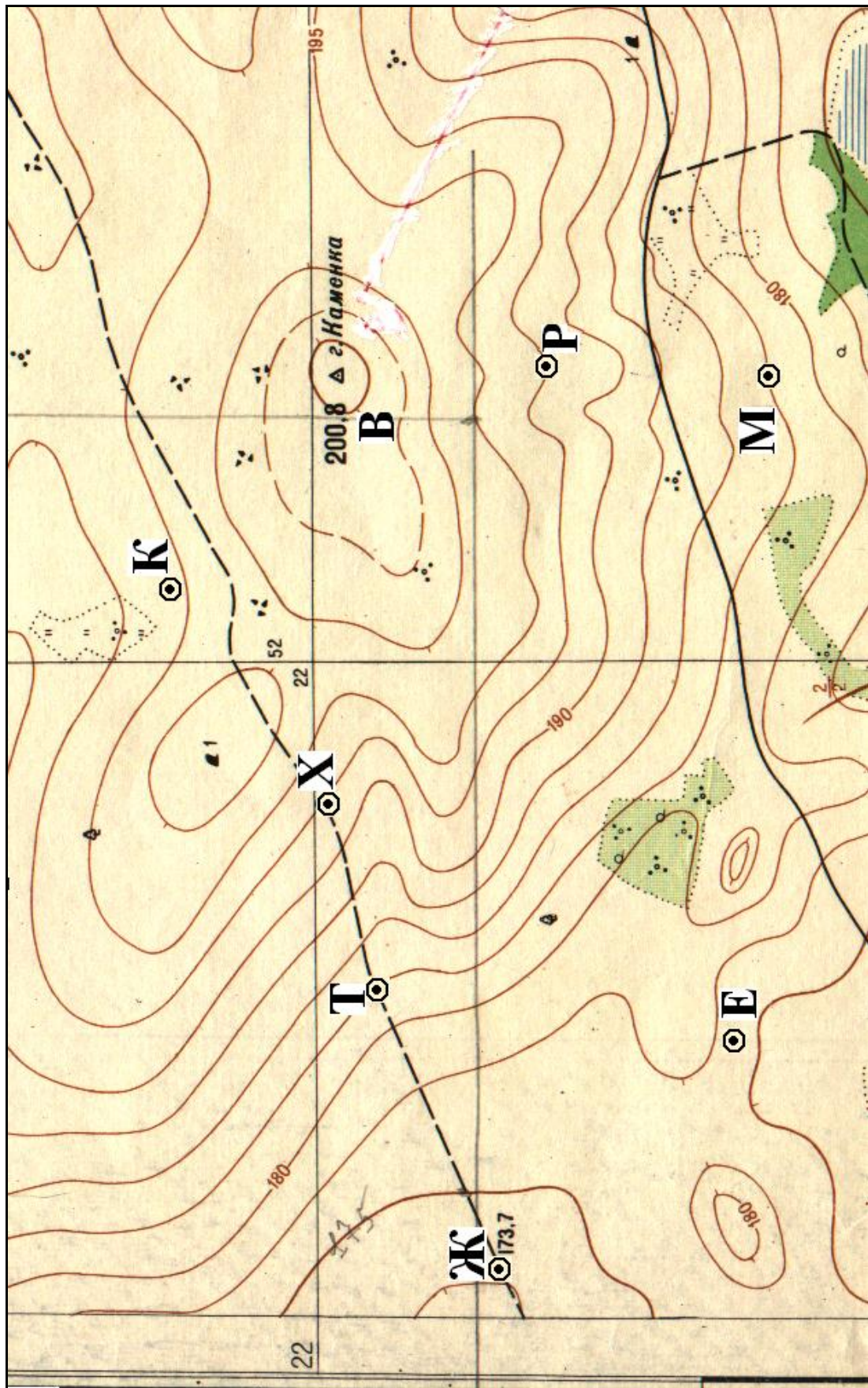


Рис. 2.2 – Фрагмент карты М 1:100000 (часть №1)



Продовження рис. 2.2 (частина №2 фрагменту карти М 1:10000)

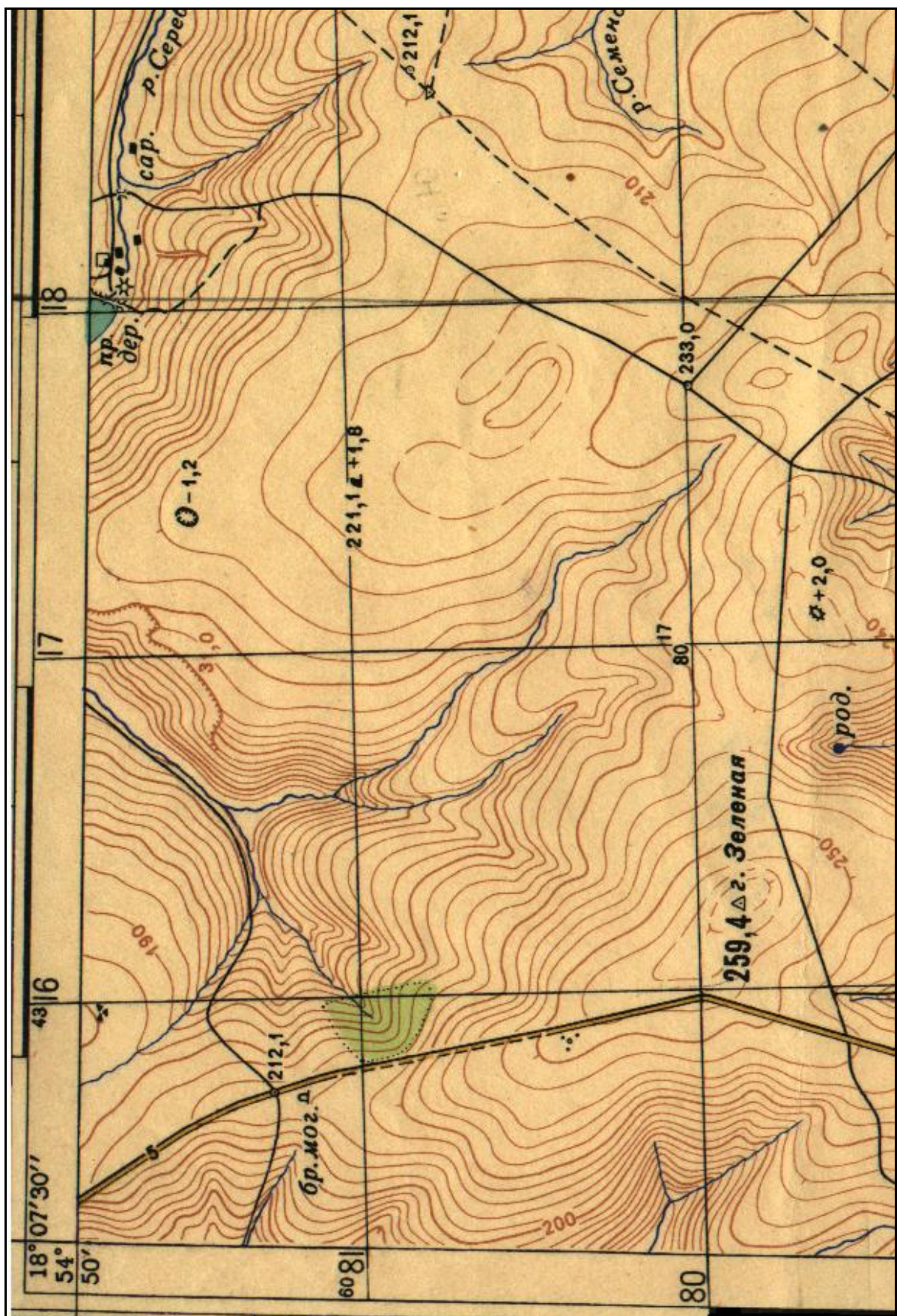
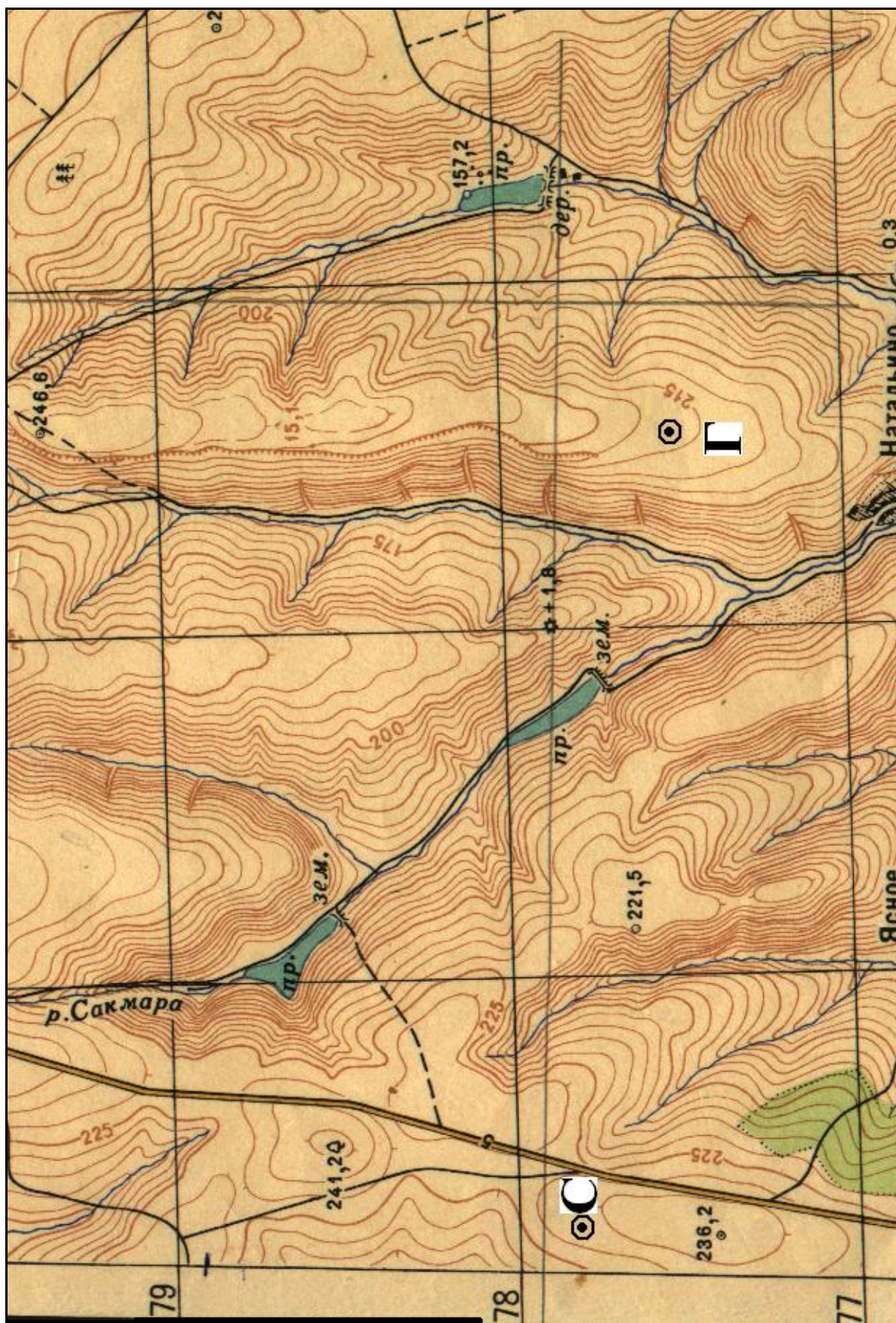


Рис. 2.3 – Фрагмент карты М 1:25000 (часть №1)



Продовження рис. 2.3 (частина №2 фрагменту карти М 1:25000)

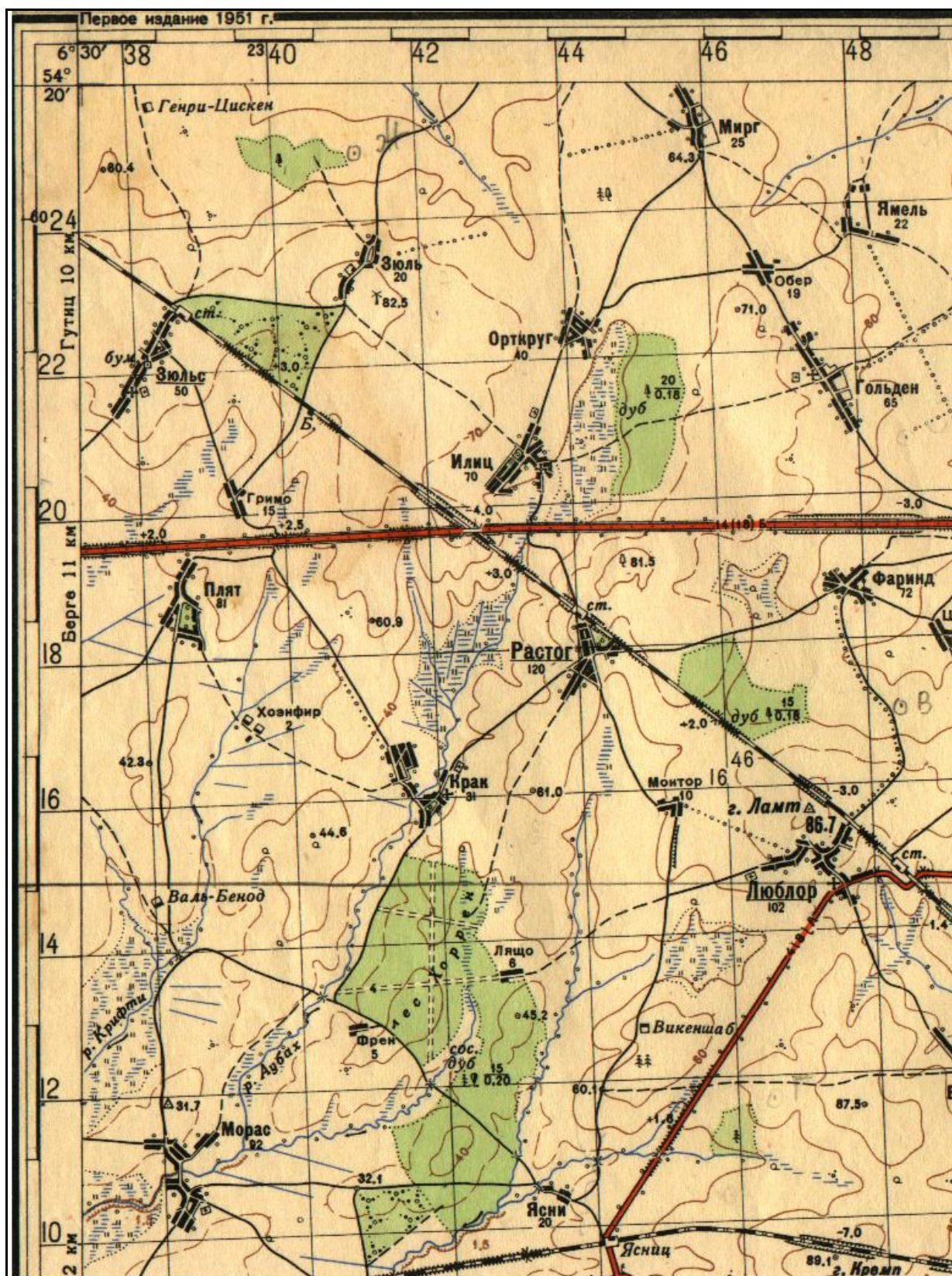
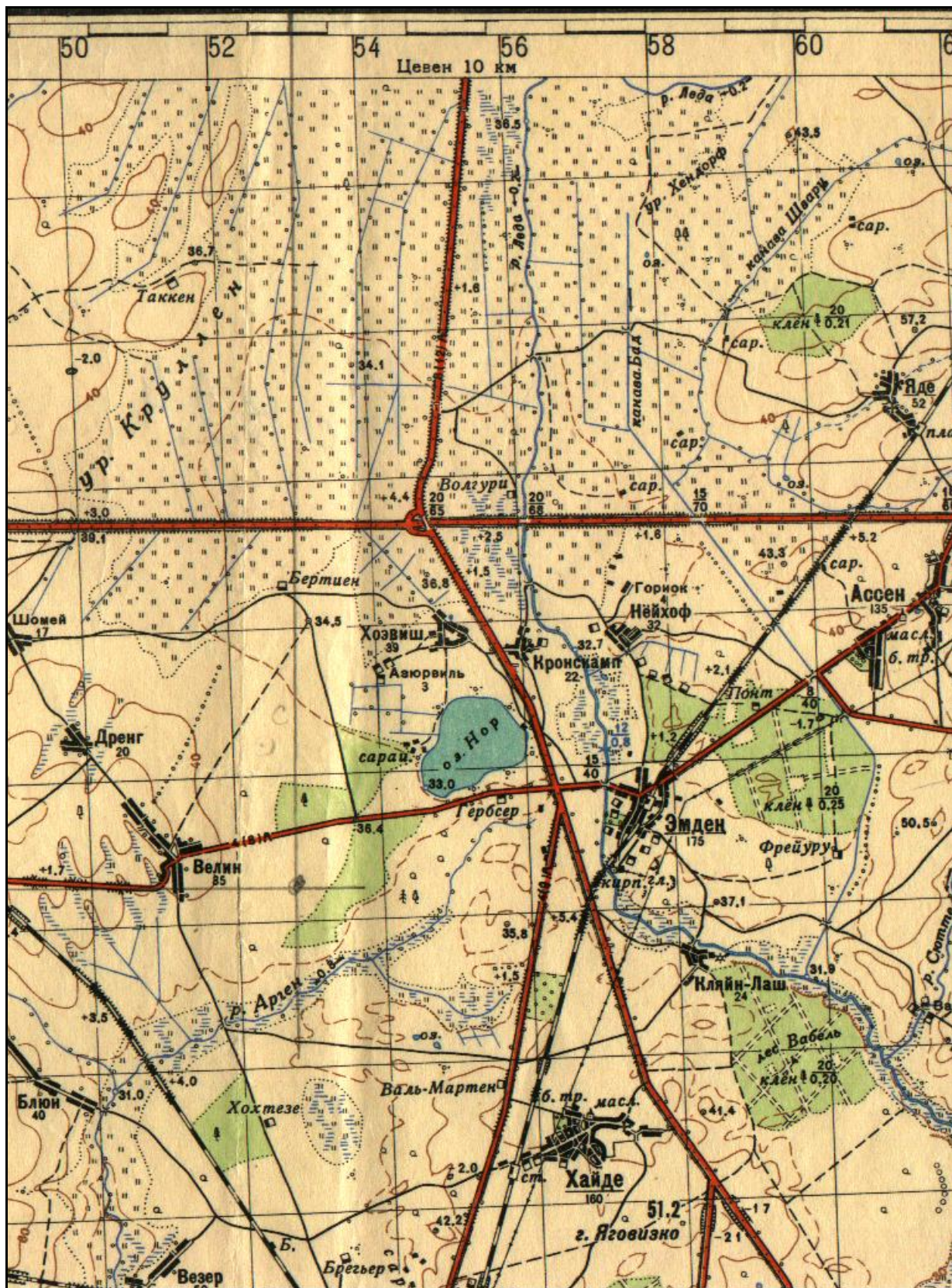


Рис. 2.4 – Фрагмент карты М 1:100000 (часть №1)



Продовження рис. 2.4 (частина №2 фрагменту карти М 1:100000)

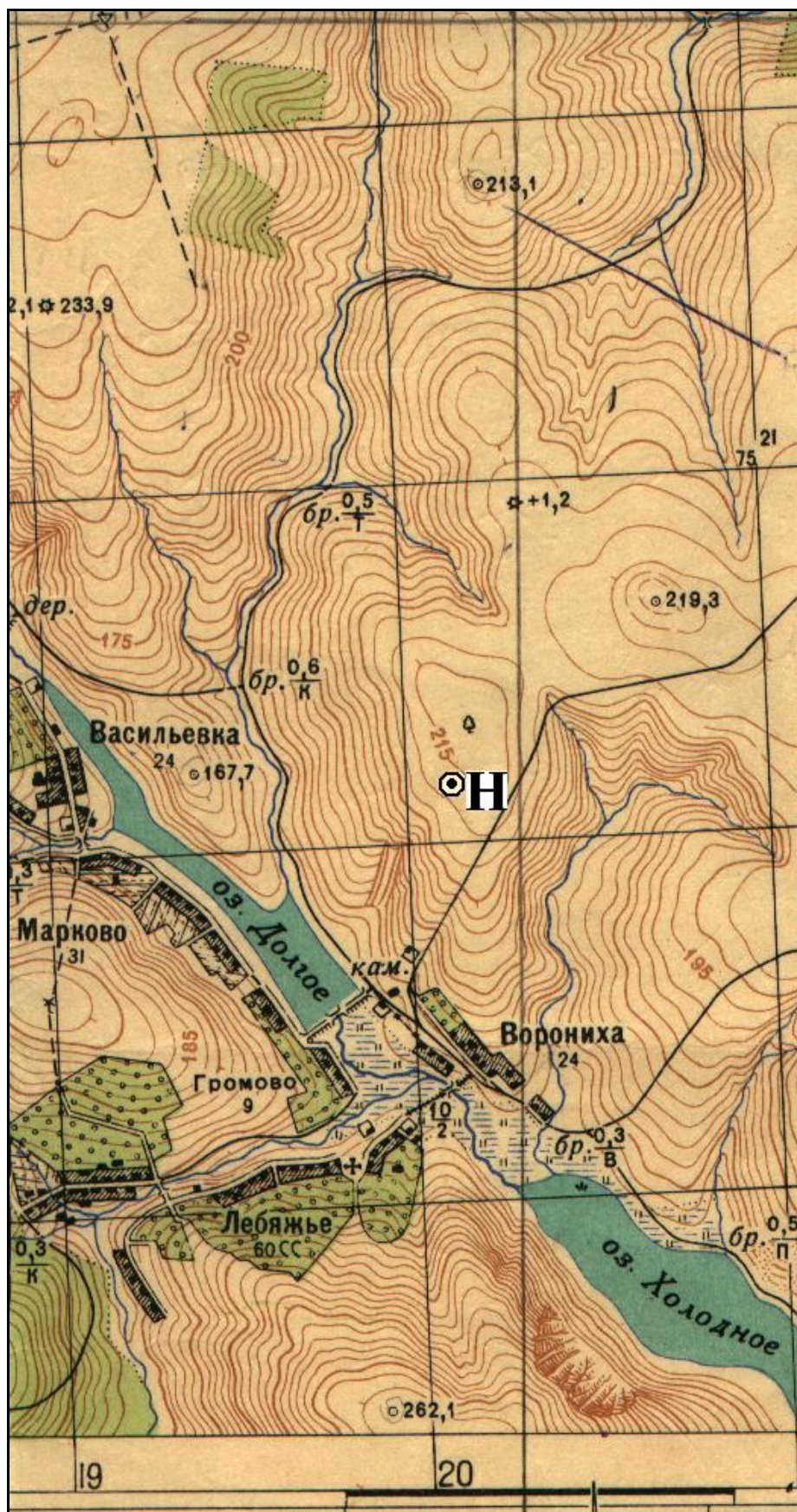
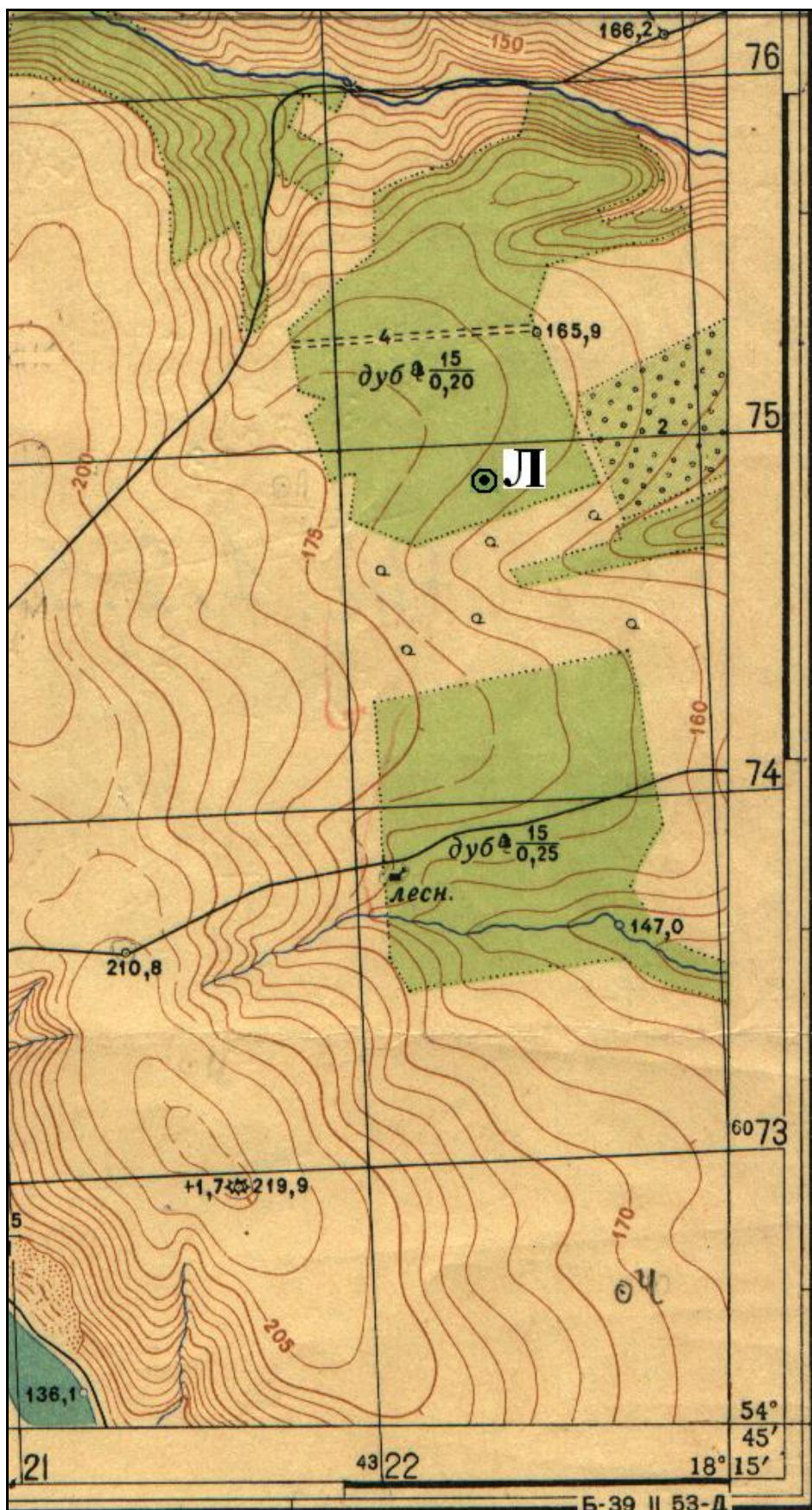


Рис. 2.5 – Фрагмент карты М 1:25000 (часть №1)



Продовження рис. 2.5 (частина №2 фрагменту карти М 1:25000)

Наприклад, підпис виходу сітки 4311 означає, що цей лист карти розташований в 4-ій зоні, а ордината цієї лінії (в системі Гауса) має значення зі знаком мінус, тобто: -189 км ($311 - 500 = -189$).

Зовнішня рамка має тільки декоративне призначення і не використовується при вимірюваннях та розрахунках.

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

Прямокутні координати точки визначають за формулами:

$$X = X_0 + \Delta X, \quad (3.1)$$

$$Y = Y_0 + \Delta Y, \quad (3.2)$$

де X_0 і Y_0 – координати південно-західного кута квадрата, в якому розташована задана точка, ΔX і ΔY – прирости координат (відстані від відповідних сторін квадрата до точки в масштабі карти).

Географічні координати заданої точки визначають за формулами:

$$B = B_{\Pi 0} + \Delta B, \quad (3.3)$$

$$L = L_3 + \Delta L, \quad (3.4)$$

де $B_{\Pi 0}$ і L_3 – відповідно широта південної паралелі і довгота західного меридіана, кратні $1'$ і найближчі до даної точки, ΔB – приріст широти, який відповідає відстані від точки до південної паралелі, ΔL – приріст довготи від західного меридіана до даної точки.

Для визначення ΔB вимірюють довжину мінутної поділки b за меридіаном і відстань від заданої точки до південної паралелі a . Далі, величину ΔB обчислюють за виразом:

$$\Delta B = \frac{a \cdot 60''}{b}. \quad (3.5)$$

За аналогічною схемою вимірюють довжину мінутної поділки d за паралеллю, відстань від точки до західного меридіана c і обчислюють величину ΔL за виразом:

$$\Delta L = \frac{c \cdot 60''}{d}. \quad (3.6)$$

Наприклад, для точки A відомі: $B_{\Pi 0} = 61^\circ 38'$ та $L_3 = 30^\circ 02'$.
Результати вимірювань: $a = 80,6$ мм, $b = 185,5$ мм, $c = 40,3$ мм та $d = 87,8$ мм.

Тоді: $\Delta B = \frac{80,6 \cdot 60''}{185,5} = 26''$ та $\Delta L = \frac{40,3 \cdot 60''}{87,8} = 28''$.

Таким чином, географічні координати точки *A* будуть дорівнювати: *B* = 61°38'26" та *L* = 30°02'28".

Детальніше тему "Географічні і прямокутні координати" розглянуто в літературі: [1], стор. 22-26, 99; [2], стор. 47-51; [3], стор. 68-72; [4], стор. 323; [5], стор. 56-60.

Завдання до лабораторної роботи № 3.

Завдання №3.1. Визначити за топографічною картою (рис. 2.1–2.5, відповідно до варіанта та точок) географічні координати заданих точок місцевості (табл. 3.1, точки №1 та №2).

Завдання №3.2. Визначити за топографічною картою (рис. 2.1–2.5, відповідно до варіанта та точок) прямокутні координати заданих точок місцевості (табл. 3.2, точки №1 та №2).

Завдання №3.3. Нанести на топографічну карту (рис. 2.1–2.5, відповідно до варіанта, точок і задач) точки за відомих географічних та прямокутних координат (табл. 3.3).

Таблиця 3.1 – Варіанти початкових даних до завдання №3.1

Варіант	№ точки	Назва точки або її відмітка, м	Квадрат розташування точки	Рис.	Масштаб карти
1	1	198,4	2252	2.2	1:10000
	2	210,8	7321	2.5	1:25000
2	1	213,1	7520	2.5	1:25000
	2	Пож.	3198	2.1	1:50000
3	1	Джер.	7916	2.3	1:25000
	2	44,6	1440	2.4	1:100000
4	1	71,0	2246	2.4	1:100000
	2	196,2	2352	2.2	1:10000
5	1	Мислив.	3290	2.1	1:50000
	2	г. Зелена	7916	2.3	1:25000
6	1	центр Фаринд	1846	2.4	1:100000
	2	196,7	2251	2.2	1:10000
7	1	лісн.	7322	2.5	1:25000
	2	60,9	1840	2.4	1:100000
8	1	барак Ламми	3598	2.1	1:50000
	2	173,7	2151	2.2	1:10000

Таблиця 3.2 – Варіанти початкових даних до завдання №3.2

Варіант	№ точки	Назва точки або її відмітка, м	Квадрат розташування точки	Рис.	Масштаб карти
1	1	лісн.	7322	2.5	1:25000
	2	центр Хавукка	3098	2.1	1:50000
2	1	г. Зелена	7916	2.3	1:25000
	2	центр Растог	1644	2.4	1:100000
3	1	барак Ламми	3598	2.1	1:50000
	2	198,4	2252	2.2	1:10000
4	1	Геопункт	2152	2.2	1:10000
	2	центр Рахивара	3198	2.1	1:50000
5	1	г. Ламт	1446	2.4	1:100000
	2	221,5	7716	2.3	1:25000
6	1	Мислив.	3290	2.1	1:50000
	2	173,7	2151	2.2	1:10000
7	1	центр Фаринд	1846	2.4	1:100000
	2	г. Зелена	7916	2.3	1:25000
8	1	71,0	2246	2.4	1:100000
	2	Пож.	3198	2.1	1:50000

Таблиця 3.3 – Варіанти початкових даних до завдання №3.3

Варіант	Задача №1 (точка №1)								Задача №2 (точка №2)			
	Географічні координати								Прямокутні координати			
	Рис.	масштаб карти	широта			довгота			Рис.	Масштаб карти	Х, км	У, км
°			'	''	°	'	''					
1	2.3	1:25000	54	48	20	18	09	40	2.4	1:100000	6015,65	345,05
2	2.5	1:25000	54	46	10	18	13	30	2.2	1:10000	6022,12	452,25
3	2.1	1:50000	60	42	50	20	48	20	2.3	1:25000	6079,65	316,75
4	2.2	1:10000	54	19	35	14	15	55	2.4	1:100000	6015,62	340,15
5	2.4	1:100000	54	17	10	06	34	20	2.2	1:10000	6023,00	452,67
6	2.1	1:50000	60	41	00	20	58	50	2.4	1:100000	6011,50	347,20
7	2.2	1:10000	54	19	45	14	15	30	2.1	1:50000	6731,45	494,75
8	2.4	1:100000	54	16	00	06	36	00	2.5	1:25000	6075,75	321,25

У завданні №3.3: 1) при вирішенні задачі №1 спочатку знаходять відрізки a і c за формулами (3.5) та (3.6), а далі, на перетині меридіана і паралелі, проведених через їх кінці, наносять задану точку; 2) при вирішенні задачі №2 за формулами (3.1) та (3.2) знаходять ΔX та ΔY , що

дозволить нанести задану точку у відповідному квадраті. Точки, які нанесено на карту, треба обвести кільцем (діаметром 2 мм) і поруч з ними поставити їх номери або номери задач.

4. Лабораторна робота “Визначення номенклатури карт”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №4.

Топографічні карти видаються окремими аркушами, які об’єднані в загальну багатоаркушну карту з єдиною системою розграфлення, при якій кожний окремий аркуш карти отримує певне позначення, назване номенклатурою.

Розграфлення карт виконується паралелями і меридіанами. В основу розграфлення покладено поділ земної поверхні меридіанами, через 6° по довготі, і паралелями, через 4° по широті, тобто це є розміри аркуша М 1:1000000. Між суміжними паралелями утворюються пояси, що позначаються великими літерами латинського алфавіту, починаючи від екватора до полюсів, а між суміжними меридіанами – колони, що нумеруються арабськими цифрами від Тихоокеанської гілки Грінвічського меридіана в напрямі із заходу на схід. Отримані таким чином трапеції, редуковані на площину в проекції Гауса, утворюють внутрішні рамки карт М 1:1000000.

Номенклатура аркушів карт цього масштабу складається з літери латинського алфавіту, яка вказує пояс, і арабських цифр, які відповідають номеру колони, **наприклад**, К–38.

Практично в кожному підручнику показана схема послідовного розподілу аркуша карти М 1:1000000 на аркуші карт більш великих масштабів. Рішення даної задачі зводиться до пошуку місцеположення аркуша карти з початковим пунктом в деякому просторі (півкулі, аркушах карт М 1:1000000, М 1:100000 і так далі). Місцеположення шуканого аркушу визначається номером ряду і номером колони.

Згідно зі схемою визначення номенклатури аркуша потрібної карти може виконуватися в декілька етапів: одноетапний шлях визначення номенклатури відноситься до аркушів М 1:1000000; двоетапний – до аркушів карт М 1:500000, М 1:300000, М 1:200000 і М 1:100000. Для карт більш великого масштабу цей шлях лежить через масштаб 1:100000 по загальному алгоритму визначення номера ряду n і номера колони m та включає не менше 3-ох етапів визначення номенклатури.

Для визначення номенклатури аркуша карти М 1:1000000 із заданою точкою (координатами B_1 і L_1) і розмірами аркуша карти a_1 (по широті) і b_1 (по довготі) знаходимо:

$$n_1 = \frac{B_1}{a_1}, \quad (4.1)$$

$$m_1 = \frac{L_1}{b_1}. \quad (4.2)$$

Результати виражаються цілими числами, округленими до більших значень. Індeksi у змінних відповідають етапу пошуку. Переходячи до другого і подальших етапів пошуку зручно користуватися умовними координатами початкового пункту, визначеними відносно південно-західного кута карти масштабу (*i-1*)-го етапу:

$$B_i = B_{i-1} - a_{i-1} \cdot (n_{i-1} - 1), \quad (4.3)$$

$$L_i = L_{i-1} - b_{i-1} \cdot (m_{i-1} - 1). \quad (4.4)$$

Наприклад, треба визначити номенклатуру аркуша карти М 1:50000 для точки з координатами $B_1 = 58^\circ 44'$ *Пн.ш.* та $L_1 = 31^\circ 35'$ *Сх.д.*:

1) на першому етапі, знаходимо $n_1 = 15$ та $m_1 = 6$, що відповідає номенклатурі: О–36 (при $L_1 = 31^\circ 35'$ *Зх.д.*, було би О–25);

2) на другому етапі, де М 1:1000000 поділяється на 144 аркуша М 1:100000 – 12 рядів і 12 колон (за довготою розмір аркуша $30'$, а за широтою – $20'$), по-перше, визначають умовні координати заданої точки B_2 і L_2 за формулами (4.3) та (4.4) і отримують значення $B_2 = 2^\circ 44'$ та $L_2 = 1^\circ 35'$; далі виконують розрахунки з використанням формул (4.1) та

$$(4.2): n_2 = \frac{2^\circ 44'}{20'} = 9, \text{ та } m_2 = \frac{1^\circ 35'}{30'} = 4, \text{ що відповідає } 4\text{-му ряду зверху}$$

($12 - 9 + 1 = 4$) і 4-ій колоні зліва, та отримують номер аркуша із заданою точкою: $(4 - 1) \cdot 12 + 4 = 40$, який дозволяє визначити його номенклатуру: О–36–40;

3) третій етап, може відноситися тільки до визначення номенклатури аркуша М 1:50000 (розміри аркуша: по довготі – $15'$, по широті – $10'$), де простором пошуку є отриманий на другому етапі аркуш М 1:100000 з номенклатурою О–36–40, далі, згідно з розглянутою вище схемою, маємо: $B_3 = 2^\circ 44' - 0^\circ 20' \cdot (9 - 1) = 0^\circ 04'$, $L_3 = 1^\circ 35' - 0^\circ 30' \cdot (4 - 1) = 0^\circ 05'$,

$$n_3 = \frac{0^\circ 04'}{10'} = 1, \quad m_3 = \frac{0^\circ 05'}{15'} = 1, \text{ що, відповідно до прийнятої системи}$$

позначення аркушів карт М 1:50000, дозволяє отримати шукану номенклатуру: О–36–40–В.

Аналогічно вирішується питання і для подальших етапів визначення номенклатури аркушів карт більш великих масштабів.

Подробиці теми “Визначення номенклатури карт” можна знайти у літературі: [1], стор. 38-40; [2], стор. 40-47; [3], стор. 43-47; [4], стор. 36-42; [5], стор. 37-42.

Завдання до лабораторної роботи №4.

Завдання №4.1. Визначити номенклатуру карт заданих масштабів для точок з географічними координатами, наведеними у табл. 4.1 (задачі №1 і №2).

Таблиця 4.1 – Варіанти початкових даних до завдання №4.1

Варіант	Задача №1 (точка №1)					Задача №2 (точка №2)				
	Масштаб карти, що відшукується	Широта (північна)		Довгота (східна)		Масштаб карти, що відшукується	Широта (північна)		Довгота (східна)	
		°	'	°	'		°	'	°	'
1	1:500000	25	17	17	43	1:50000	33	26	11	49
2	1:300000	31	25	21	59	1:25000	26	15	23	25
3	1:200000	19	19	48	11	1:50000	17	29	32	55
4	1:500000	24	41	35	27	1:25000	09	47	47	32
5	1:300000	37	05	29	33	1:50000	38	55	29	43
6	1:200000	28	56	19	16	1:25000	47	16	18	56
7	1:500000	17	47	26	37	1:50000	12	38	34	11
8	1:300000	35	14	12	48	1:25000	25	53	51	34

5. Лабораторна робота “Визначення відміток точок, крутості схилів, уклонів, побудова профілю місцевості і плану в горизонталях”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №5.

На топографічних картах і планах рельєф зображають за допомогою *горизонталей* – ліній, проведених через точки з рівними відмітками. Інтервал висот проведення горизонталей називають *висотою перерізу рельєфу*, $h_{\text{пер}}$, а відстань між горизонталями в площині плану (карти) – *закладенням горизонталей*, d . Горизонталі викреслюють коричневим кольором, а кожен п'яту горизонталь (кратну $5 \cdot h_{\text{пер}}$) проводять стовщеною і підписують значення її висоти.

Якщо точка знаходиться на горизонталі, то її відмітка відповідає відмітці горизонталі. Якщо ж точка знаходиться між горизонталями, то її

відмітка визначається за наступним алгоритмом: по-перше, через точку проводять пряму, що з'єднує її найкоротшим шляхом з двома сусідніми горизонталями, по-друге, з точністю до 0,1 мм визначають закладення d і відстань a цієї точки від розташованої нижче по висоті горизонталі, по-третє, з урахуванням висоти перерізу рельєфу h_{nep} обчислюється перевищення Δh_0 точки над горизонталлю, яка лежить нижче за нею:

$$\Delta h_0 = \frac{a \cdot h_{nep}}{d}, \quad (5.1)$$

і остання дія, це – визначення безпосередньо відмітки точки за формулою:

$$H = H_0 + \Delta h_0, \quad (5.2)$$

де H_0 – відмітка найближчої горизонталі, що лежить нижче точки.

Перевищення між двома точками ($\Delta h_{1,2}$) з відмітками H_1 та H_2 знаходять по різниці їх відміток з укаванням знаку перевищення, тобто:

$$\Delta h_{1,2} = H_1 - H_2. \quad (5.3)$$

Міру підвищення або пониження місцевості характеризують кутами нахилу ліній ν або уклонами i . *Кути нахилу ліній* виражають в кутовій мірі, $^\circ$ і використовують для характеристики *крутості схилу* даної лінії місцевості. *Уклон* – це тангенс кута нахилу (крутості схилу) і може бути виражений: 1) безрозмірною величиною, в частках від одиниці; 2) в процентах, %; або 3) в проміллі, ‰.

При визначенні середніх величин крутості схилу і уклону між заданими точками, **наприклад**, 1 та 2, використовують перевищення $\Delta h_{1,2}$ і відстань $l_{1,2}$ між цими точками.

Крутість скату, $\nu_{1,2}$, з точністю до $0,1^\circ$, між точками 1 та 2, можна визначити за формулами

$$\nu_{1,2} = \arctg\left(\frac{\Delta h_{1,2}}{l_{1,2}}\right), \quad (5.4)$$

або

$$\nu_{1,2} \approx 57,3^\circ \cdot \left(\frac{\Delta h_{1,2}}{l_{1,2}}\right). \quad (5.5)$$

Уклон між заданими точками можна визначити з наступних формул:

$$i_{1,2} = \operatorname{tg}(v_{1,2}) = \frac{\Delta h_{1,2}}{l_{1,2}}, \text{ – безрозмірна величина} \quad (5.6)$$

або

$$i_{1,2} = \operatorname{tg}(\Delta_{1,2}) \cdot 100 = \frac{\Delta h_{1,2}}{l_{1,2}} \cdot 100, \text{ – в процентах, \%}, \quad (5.7)$$

чи

$$i_{1,2} = \operatorname{tg}(v_{1,2}) \cdot 1000 = \frac{\Delta h_{1,2}}{l_{1,2}} \cdot 1000, \text{ – в проміллі, ‰}. \quad (5.8)$$

При визначенні максимальних значень крутості і уклону на заданій ділянці схилу знаходять відрізок, на якому горизонталі розташовані найчастіше (закладення мінімальне), а при визначенні мінімальних – найбільш рідко (закладення найбільше).

Результати визначення крутості схилів та уклонів ліній оформлюють у вигляді табл. 5.1.

Для побудови профілю місцевості у заданому напрямі необхідно знати відмітки характерних точок і їх місцеположення. *Характерні точки* – це точки перетину заданої лінії з горизонталями (тобто відмітки цих точок відповідають відміткам горизонталей), а також початкова і кінцева точки, які, найчастіше, розташовані між горизонталями (їх відмітки визначаються способами, розглянутими вище).

Таблиця 5.1 – Журнал для визначення крутості скатів та уклонів лінії

Середні значення для заданої лінії (1–2)						
Лінія	H_1 , м	H_2 , м	l_{1-2} , м	$\Delta h_{1,2}$, м	$v_{1,2}$, °	$i_{1,2}$, ‰
1–2	11,0	2,0	15,0	9,0	31,0	600
Максимальні значення на ділянці лінії (1 ₁ –2 ₁), де $d_{\min}$						
Дільниця, де $d_{\min}$	H_{11} , м	H_{21} , м	l_{11-21} , м	$\Delta h_{\max}$, м	$v_{\max}$, °	$i_{\max}$, ‰
1 ₁ –2 ₁	10,0	5,0	2,0	5,0	68,2	2500
Мінімальні значення на ділянці лінії (1 ₂ –2 ₂), де $d_{\max}$						
Дільниця, де $d_{\max}$	H_{12} , м	H_{22} , м	l_{12-22} , м	$\Delta h_{\min}$, м	$v_{\min}$, °	$i_{\min}$, ‰
1 ₂ –2 ₂	7,0	6,0	8,0	1,0	7,1	125

Будують *профіль* на аркуші міліметрового паперу формату А-4, заздалегідь вибравши горизонтальний і вертикальний масштаби та

значення умовного горизонту. *Умовний горизонт* – це найнижча відмітка вертикальної шкали, яка повинна бути трохи нижче найнижчої відмітки профілю (рис. 5.1). Його вибирають так, щоб креслення було компактним та вміщалося на аркуші формату А-4.

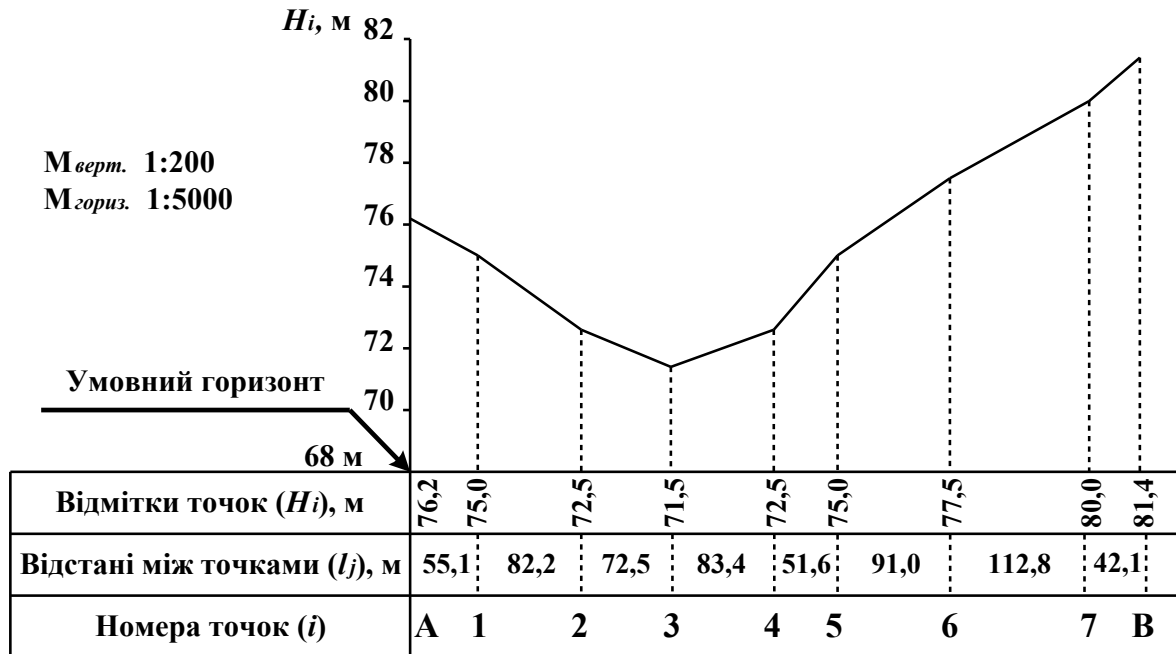


Рис. 5.1 – Графік поздовжнього профілю місцевості

Для наочності вираження рельєфу вертикальний масштаб звичайно беруть не менш як в 10 разів крупніше, ніж горизонтальний.

Перед побудовою профілю обов'язково (для контролю) виконують порівняння суми виміряних між точками відрізків (l_j) із загальною довжиною лінії профілю (l):

$$\Delta l = \left| l - \sum_{j=1}^n l_j \right|, \quad (5.9)$$

де Δl – розходження між загальною довжиною лінії та сумою довжин відрізків, виміряних між точками профілю, j – номер відрізка, n – число відрізків.

Розходження (Δl) не повинно перевищувати граничну величину розходження (Δl_{zp}), яка дорівнює:

$$\Delta l_{zp} = m \cdot 0,0001 \cdot \sqrt{n}, \quad (5.10)$$

де m – знаменник масштабу.

Тобто, повинна виконуватися нерівність:

$$\Delta l \leq \Delta l_{гр}. \quad (5.11)$$

Побудову плану місцевості в горизонталях для ділянки земної поверхні починають з побудови сітки квадратів, у вершинах яких виписують відмітки поверхні землі.

Далі на кожній стороні квадрата визначають місцеположення горизонталей з відмітками, кратними висоті перерізу рельєфу. Це виконується методом лінійної інтерполяції аналітичним або графічним способами. Аналітичний спосіб реалізується з використанням формул, а графічний – за допомогою міліметрового паперу чи кальки (прозорого паперу або пластику). Незалежно від способу реалізації інтерполяції на сторонах квадратів встановлюють: 1) відмітки горизонталей на лінії інтерполяції; 2) місцеположення горизонталей.

Приклад аналітичного рішення. Сторона квадрата на плані, яка дорівнює: $S = 4,0$ см, обмежена точками з відмітками: $H_{m1} = 75,7$ м і $H_{m2} = 72,5$ м. По-перше, визначаємо перевищення між цими точками:

$$\Delta h_{m1,m2} = 75,7 \text{ м} - 72,5 \text{ м} = 3,2 \text{ м}.$$

По-друге, аналізуємо, що між точками з відмітками $H_{m1} = 75,7$ м і $H_{m2} = 72,5$ м, при висоті перерізу: $h_{пер} = 1$ м, пройдуть горизонталі з відмітками: $H_{z1} = 75$ м, $H_{z2} = 74$ м і $H_{z3} = 73$ м.

По-третє, обчислюємо значення закладення для даного перерізу горизонталей: $d_{m1,m2} = S/\Delta h_{m1,m2} = 4,0 \text{ см}/3,2 \text{ м} \approx 1,25 \text{ см/м}$.

По-четверте, розраховуються відстані від вершин квадрата до найближчих горизонталей: 1) $a_{m1-z1} = (75,7 \text{ м} - 75,0 \text{ м}) \cdot 1,25 \text{ см} \approx 0,88 \text{ см}$, 2) $a_{z3-m2} = (73,0 \text{ м} - 72,5 \text{ м}) \cdot 1,25 \text{ см} \approx 0,62 \text{ см}$, де a_{m1-z1} – відстань від вершини квадрата з відміткою $H_{m1} = 75,7$ м до горизонталі $H_{z1} = 75$ м, a_{z3-m2} – відстань від горизонталі з відміткою $H_{z3} = 73$ м до вершини квадрата з відміткою $H_{m2} = 72,5$ м.

По-п'яте, відстань від горизонталі $H_{z1} = 75$ м або від горизонталі з відміткою $H_{z3} = 73$ м до горизонталі з відміткою $H_{z2} = 74$ м однакова і буде дорівнювати: $a_{z1-z2} = a_{z3-z2} = d_{m1,m2} \cdot h_{пер} = 1,25 \text{ см/м} \cdot 1 \text{ м} = 1,25 \text{ см}$.

Після розрахунків відстаней, обов'язково виконується контроль збереження розміру сторони квадрата наступним шляхом:

$S_{контр} = a_{m1-z1} + a_{z3-m2} + a_{z1-z2} + a_{z3-z2} = 0,88 + 0,62 + 1,25 + 1,25 = 4,00$ м. У цьому прикладі: $S_{контр} = S = 4$ м, тобто розрахунок відстаней від вершин квадрата до горизонталей виконано вірно. Далі точки проходження горизонталей можна нанести на відповідну сторону квадрата та підписати (рис. 5.2).

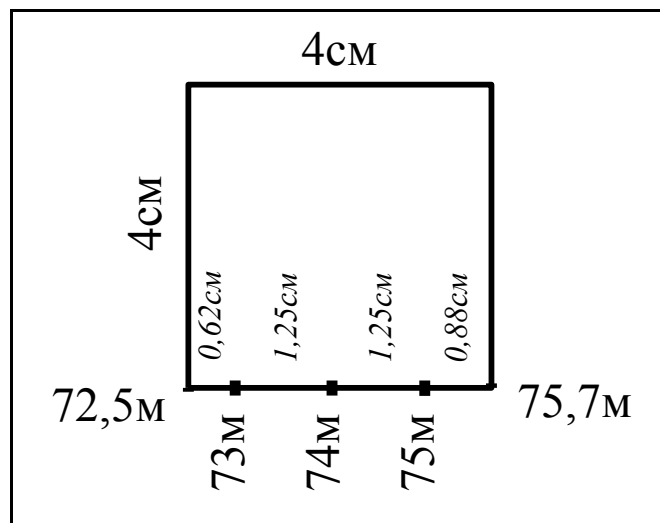


Рис. 5.2 – Аналітичне визначення місця розташування горизонталей

Приклад графічного способу реалізації. Графічна інтерполяція також може бути виконана за допомогою лінійчатої палетки, зробленої на кальці.

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

По-перше, викреслюють через рівні відстані горизонтальні лінії і підписують їх значеннями діапазону висот даного плану кратними $h_{пер}$.

По-друге, накладають кальку на сторону квадрата (лінію інтерполювання) так, щоб відмітки вершин квадратів співпали з такими ж відмітками на палетці.

Далі, точки перетину сторони квадрата з лініями палетки шпилькою наколюють на план і підписують.

Такі дії (за допомогою засобів графічної або аналітичної інтерполяції) виконують по всіх сторонах всіх квадратів.

Після цього однойменні точки з'єднують плавними лініями (горизонталями).

Робочі підписи на сторонах квадратів видаляють, а кожну п'яту горизонталь підписують за діючими правилами.

Більш детально питання, пов'язані з темою “Визначення відміток точок, крутості схилів та уклонів, побудова профілю місцевості і плану в горизонталях” наведено в літературі: [1], стор. 44-48; [2], стор. 63-71; [3], стор. 75-82; [4], стор. 56-60; [5], стор. 51-56.

Завдання до лабораторної роботи №5.

Завдання № 5.1. Визначити вказані в табл. 5.2 відмітки точок місцевості і перевищення між ними.

Завдання № 5.2. Визначити крутість схилів і уклони лінії місцевості (середні, максимальні і мінімальні) для напрямів, вказаних в табл. 5.3 (задачі №1, №2). Результати завдання №5.2 оформити у вигляді табл. 5.1.

Завдання № 5.3. На міліметровому папері формату А-4 побудувати профіль місцевості по заданій лінії між точками, вказаними в табл. 5.4. Графік поздовжнього профілю лінії місцевості потрібно побудувати за формою рис. 5.1.

Завдання № 5.4. На аркуші міліметрового паперу формату А-3, побудувати план ділянки місцевості в горизонталях по відомих відмітках вершин квадратів ($H_{m.i}$, м), вказаних в табл. 5.5, зі сторонами квадратів: $S = 40$ м, висотою перерізу рельєфу: $h_{пер} = 1,0$ м та в масштабі: М 1:1000.

Таблиця 5.2 – Варіанти початкових даних до завдання №5.1

Варіант	№ точки	Позначення точки	Квадрат розташування точки	Рис.	Масштаб карти
1	1	Н	7420	2.5	1:25000
	2	Л	7422		
2	1	Г	7717	2.3	1:25000
	2	С	7715		
3	1	А	2351	2.2	1:10000
	2	Б	2251		
4	1	С	2352	2.2	1:10000
	2	К	2252		
5	1	Д	2251	2.2	1:10000
	2	Е	2151		
6	1	К	2252	2.2	1:10000
	2	А	2351		
7	1	Е	2151	2.2	1:10000
	2	С	7715		
8	1	Б	2251	2.2	1:10000
	2	Д	2251		

Таблиця 5.3 – Варіанти початкових даних до завдання №5.2

Варіант	Рис.	Масштаб карти	Задача №1		Задача №2	
			Квадрат розташування точок	Напрямок для визначення	Квадрат розташування точок	Напрямок для визначення
1	2.2	1:10000	2151	Ж – Т	2152	В – К
2			2252	П – Л	2351	А – Ф
3			2351	Ф – А	2152	Р – В
4			2152	В – Р	2151	Т – Ж
5			2152	Р – М	2151	Т – Х
6			2152	Р – В	2151	Ж – Т
7			2151	Х – Т	2351	Ф – А
8			2152	К – В	2152	М – Р

Таблиця 5.4 – Варіанти початкових даних до завдання №5.3

Варіант	Рис.	Масштаб карти	Точка №1		Точка №2	
			Позначення точки	Квадрат розташування точки	Позначення точки	Квадрат розташування точки
1	2.2	1:10000	А	2351	Б	2251
2			Д	2251	Л	2252
3			Б	2251	Е	2151
4			Д	2251	М	2152
5			Е	2151	Р	2152
6			Б	2251	Р	2152
7			С	2352	К	2152
8			Н	2152	Р	2152

Таблиця 5.5 – Варіанти початкових даних до завдання №5.4

Варіант	Відмітки вершин квадратів, $H_{m,i}$, м							
1	2							
1	44,1	46,6	48,4	46,2	46,8	46,9	47,2	46,5
	45,0	48,7	48,9	47,0	48,8	46,5	45,7	44,5
	44,6	46,7	47,3	46,1	47,8	47,1	44,8	43,0
	43,1	46,4	45,6	44,0	45,5	46,6	43,4	42,5
	42,7	43,5	42,5	41,1	42,1	43,5	42,5	41,3
	41,3	42,7	41,3	40,6	41,6	42,5	41,4	40,9

Продовження табл. 5.5

1	2							
2	36,8	36,9	37,2	36,5	35,2	34,8	33,5	32,5
	38,8	36,5	35,7	34,5	33,3	32,6	31,7	31,5
	37,8	37,1	34,8	33,0	32,6	31,7	31,0	29,9
	35,5	36,6	33,4	32,5	31,5	30,8	29,7	29,6
	32,1	33,5	32,5	31,3	30,6	29,8	28,4	28,3
	31,6	32,5	31,4	30,9	29,7	28,3	27,7	27,5
3	54,6	56,7	56,1	57,8	57,1	57,1	54,8	53,2
	53,1	56,4	55,6	54,0	55,5	56,6	53,4	52,6
	52,7	53,5	52,5	51,1	52,1	53,5	52,5	51,2
	51,3	52,7	51,3	50,6	51,6	52,5	51,4	50,6
	51,1	51,4	50,3	50,4	51,3	52,7	51,2	50,5
	51,7	50,4	49,5	50,5	50,7	51,1	50,8	49,6
4	61,0	61,7	62,6	63,0	64,8	67,1	67,8	66,1
	59,7	60,8	61,7	62,5	63,4	66,6	65,5	64,0
	58,4	59,8	60,6	61,3	62,5	63,5	62,1	61,1
	57,7	58,3	59,7	60,9	61,4	62,5	61,6	60,6
	57,2	58,0	59,4	60,8	61,2	62,7	61,3	60,4
	56,6	57,5	58,3	59,6	60,8	61,1	60,7	60,5
5	78,4	78,9	77,3	75,6	72,5	71,3	70,3	69,5
	76,2	77,0	76,1	74,0	71,1	70,6	70,4	70,5
	76,8	78,8	77,8	75,5	72,1	71,6	71,3	70,7
	76,9	76,5	77,1	76,6	73,5	72,5	72,7	71,1
	77,2	75,7	74,8	73,4	72,5	71,4	71,2	70,8
	76,5	74,5	73,0	72,5	71,3	70,9	70,8	69,6
6	47,0	47,3	46,4	45,4	43,5	42,8	42,2	41,7
	45,7	46,2	45,7	44,4	42,7	42,4	42,2	42,3
	46,1	47,3	46,7	45,3	43,3	43,0	42,8	42,4
	46,1	45,9	46,3	46,0	44,1	43,5	43,6	42,7
	46,3	45,4	44,9	44,0	43,5	42,8	42,7	42,5
	45,9	44,7	43,8	43,5	42,8	42,5	42,5	41,8
7	70,6	71,0	69,6	68,0	65,3	64,2	63,3	62,6
	68,6	69,3	68,5	66,6	64,0	63,5	63,4	63,5
	69,1	70,9	70,0	68,0	64,9	64,4	64,2	63,6
	69,2	68,9	69,4	68,9	66,2	65,3	65,4	64,0
	69,5	68,1	67,3	66,1	65,3	64,3	64,1	63,7
	68,9	67,1	65,7	65,3	64,2	63,8	63,7	62,6

Продовження табл. 5.5

1	2							
8	31,4	31,6	30,9	30,2	29,0	28,5	28,1	27,8
	30,5	30,8	30,4	29,6	28,4	28,2	28,2	28,2
	30,7	31,5	31,1	30,2	28,8	28,6	28,5	28,3
	30,8	30,6	30,8	30,6	29,4	29,0	29,1	28,4
	30,9	30,3	29,9	29,4	29,0	28,6	28,5	28,3
	30,6	29,8	29,2	29,0	28,5	28,4	28,3	27,8

6. Лабораторна робота “Вивчення теодоліта Т-30 (2Т-30, 2Т-30П) і робота з ним на станції”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи № 6.

Виконання лабораторної роботи № 6 реалізується шляхом почергового вивчення наступних питань: 1) будова теодоліта Т-30; 2) приведення теодоліта в робочий стан; 3) вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів.

Відповідно до ДЕСТ-10529-86 теодоліти по точності вимірювання кутів поділяють на високоточні (середня квадратична похибка вимірювання кута до $1,5''$); точні ($1,5 \div 10''$) і технічні (більше $10''$). Відповідно до цього критерію визначаються і типи теодолітів Т-1, Т-2, Т-5, Т-15, Т-30. Цифрами позначені середні квадратичні похибки вимірювання кутів одним прийомом.

Основу теодоліта 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 рисунками, наявними в підручниках, 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 назві 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.

Наприклад, якщо потрібно навести зорову трубу на якийсь об'єкт, то: 1) спочатку треба ослабити закріпні гвинти алідади і труби, 2) потім

наближено – рукою, спостерігаючи через оптичний візир, навести трубу на об’єкт і 3) як тільки він опиниться у полі зору труби, затиснути закріпні гвинти, 4) далі, 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 $1\div 2^\circ$) 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. Щоб поділки добре читалися, встановіть 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 (горизонтальними або вертикальними) формується з відліку по градусній рисці і минутного 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 минут для додатних і від’ємних кутів. Тому, якщо труба направлена вище за горизонт при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ), кут додатний, а якщо нижче за горизонт – від’ємний. У градусних поділках знак від’ємного кута вказаний знаком мінус, а у додатного кута може бути опущений.

З метою закріплення навичок визначення відліків з лімбів (відповідно до завдання № 6.2 цієї лабораторної роботи), встановіть градусний штрих відлікового мікроскопа теодоліта на відліки, які наведено в табл. 6.1, і зарисуйте в зошиті суміщені шкали лімба і алідади із заданими відліками.

Таблиця 6.1 – Відліки з лімба теодолітів при “лівому” колі (КЛ),
(варіанти початкових даних до завдання №6.2)

Варіант	Відліки			
	2Т-30		2Т-30П	
	<i>Г</i>	<i>В</i>	<i>Г</i>	<i>В</i>
1	46°34’	–7°15’	240°20’	3°09’
2	90°00’	2°37’	242°34’	–1°38’
3	0°03’	–6°45’	60°59’	2°01’
4	315°45’	5°21’	38°42’	–4°50’
5	275°43’	–15°35’	64°01’	0°28’
6	2°16’	7°11’	192°48’	–2°11’
7	164°24’	–13°10’	0°03’	0°36’
8	326°15’	9°57’	352°13’	–0°11’

Вирішуючи цю задачу, 1) ослабте закріпний гвинт алідади горизонтального (Г) круга при КЛ і 2) наведіть її так, щоб відліковий штрих мікроскопа розташувався поблизу заданого відліку, 3) закріпивши алідаду і 4) діючи її навідним гвинтом – точною наводкою, встановіть заданий відлік. Аналогічним чином встановіть заданий відлік на вертикальному (**В**) крузі, переміщуючи зорову трубу навколо її осі обертання за допомогою навідного і закріпного гвинтів труби. Перш ніж працювати цими гвинтами, переконайтеся, чи знаходиться на середині бульбашка циліндрового рівня при алідаді горизонтального круга, та при необхідності змінити її положення підйомними гвинтами.

Роботу з теодолітом починають з огляду і перевірки штатива: 1) надійного з'єднання його частин, 2) наявності станового гвинта і виску. Довжину розсувних ніжок штатива рекомендується встановлювати на висоту свого підборіддя, закріплюючи їх в такому положенні. Утримуючи руками дві ніжки штатива, відкиньте від себе третю і встановіть всі їх на землю так, щоб кінці ніжок знаходилися в кутках рівностороннього трикутника на однаковій відстані від точки встановлення інструмента. Повторіть цю процедуру кілька разів, контролюючи положення кінців ніжок щодо точки (станції), горизонтальність головки штатива і суміщеність центра його отвору з даною точкою.

З'ясувавши, як закріплюється теодоліт у футлярі, запам'ятайте взаємне розташування частин приладу і закріплених пристроїв. Зверніть увагу на те, що покласти теодоліт у футляр можна тільки при закріплених пристроях теодоліта і поєднанні червоних міток на приладі і футлярі.

У ряді випадків для суміщення кутових вимірювань по декількох станціях потрібно виконати *орієнтування інструмента по магнітному меридіану* (магнітній стрілці). Для цього 1) витягніть з футляра теодоліта накладну бусоль, 2) закріпіть її на вертикальному крузі теодоліта і 3) встановіть, при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ), відлік на горизонтальному крузі, який буде дорівнювати $0^{\circ}00'$. При такому поєднанні алідади з лімбом потрібно розвернути трубу на північ і зорієнтувати інструмент по магнітному меридіану, тобто 4) при закріпленій алідаді і відкріпленому лімбі здійснюють обертання інструмента навколо вертикальної осі до тих пір, поки північний кінець магнітної стрілки бусолі не опиниться поблизу її нульової поділки. 5) Закріпивши лімб та використовуючи його навідний гвинт, здійснюють 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 на станції у робочий стан;
- 2) проводять вимірювання кутів (заносять відліки у журнал, виконують обчислення і контроль вимірювань на станції).

Вимірювання горизонтального кута (рис. 6.1) способом “приймів” виконують в два напівприйоми.

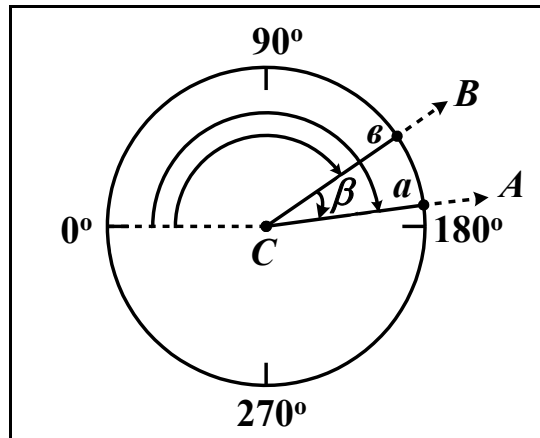


Рис. 6.1 – Схема вимірювання правого за ходом годинникової стрілки горизонтального кута способом “приймів” (теодоліт 2Т-30П – лімб відцифровано за ходом годинникової стрілки), при КП

Приклад запису вимірів та обчислення окремого горизонтального кута теодолітом 2Т-30П способом “приймів” наведено в табл. 6.2, 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 таблиці.

У першому напівприйомі виконують наступні дії:

- 1) теодоліт встановлюють на станції – вершина кута, (**C**);
- 2) закріплюють лімб при КП;
- 3) відкріплюють алідаду та візують відліковий пристрій теодоліта на задню точку (**A**) (перша точка, на яку візують теодоліт у напівприйомі);
- 4) закріпивши алідаду, знімають відлік, $a_{КП} = 178^{\circ}15'$, з горизонтального круга (з лімба);
- 5) відкріплюють алідаду і візують теодоліт на передню точку (**B**) (друга точка, на яку візують теодоліт у цьому ж напівприйомі);
- 6) закріпивши алідаду, знімають відлік, $b_{КП} = 140^{\circ}18'$, з лімба;
- 7) величина правого за ходом годинникової стрілки кута у першому напівприйомі, $\beta_{КП}$, буде дорівнювати:

$$\beta_{КП} = a_{КП} - b_{КП} = 178^{\circ}15' - 140^{\circ}18' = 37^{\circ}57'.$$

Якщо при розрахунку кута доводиться віднімати з меншого відліку більший, то до зменшуваного відліку додають 360° .

Таблиця 6.2 – Журнал вимірювань та обчислень горизонтальних кутів способом “приймів” теодолітом 2Т-30П

Станції	Напівприйоми	Точки візування		Відліки з лімба	Значення кута у напівприйомах	Похибка вимірювання кута	Середнє значення кута, $\beta_{вим}$
						$\Delta\beta_{вим} \leq \Delta\beta_{гр}$	
С(1)	КП(2)	задня	А(3)	178°15'(4)	37°57'(7)	1'<2'(14)	37°57,5'(15)
		передня	В(5)	140°18'(6)			
	КЛ(8)	задня	А(9)	0°08'(10)	37°58'(13)		
		передня	В(11)	322°10'(12)			

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 (А);

10) закріпивши алідаду, знімають відлік ($a_{КЛ} = 0°08'$) з лімба;

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

12) закріпивши алідаду, знімають відлік ($v_{КЛ} = 322°10'$) з лімба;

13) величина правого за ходом годинникової стрілки кута у другому напівприйомі ($\beta_{КЛ}$) буде дорівнювати:

$$\beta_{КЛ} = a_{КЛ} - v_{КЛ} = (0°08' + 360°) - 322°10' = 360°08' - 322°10' = 37°58'.$$

Далі виконується контроль якості вимірювання кута, тобто

14) розбіжність результатів вимірювання одного і того ж кута в двох напівприйомах ($\Delta\beta_{вим} = |\beta_{КП} - \beta_{КЛ}|$) не повинна перевищувати подвійну точність ($\Delta\beta_{гр} = 2 \cdot t$) відлікового пристрою, тобто $\Delta\beta_{вим} \leq \Delta\beta_{гр}$. Для теодолітів 2Т-30П точність відлікового пристрою $t = 1'$, отже гранична похибка для повного прийому складе: $\Delta\beta_{гр} = 2 \cdot 1' = 2'$. В наведеному прикладі розбіжність результатів вимірювання кута дорівнює: $\Delta\beta_{вим} = |37°57' - 37°58'| = 1'$, тобто є в межах граничної похибки. Якщо розбіжність більше граничної похибки, то вимірювання виконують заново.

Якщо похибка вимірювання менше або дорівнює граничній, то:

15) за результатами вимірювань в напівприйомах, з точністю до десятих часток мінут, знаходять середнє значення горизонтального кута:

$$\beta_{вим} = \frac{\beta_{КП} + \beta_{КЛ}}{2} = \frac{37°57' + 37°58'}{2} = 37°57,5'.$$

Вимірювання кутів нахилу проводиться за допомогою вертикального круга. Лімб разом з трубою обертається навколо нерухомої алідади, яка має відліковий пристрій. Оптичні теодоліти мають відлікові мікроскопи і один рівень на алідаді горизонтального круга. Бульбашка цього рівня приводиться в нуль-пункт підймальними гвинтами кожного разу перед візуванням зорової труби на точку.

Відлік за вертикальним кругом, коли візирна вісь горизонтальна, а бульбашка рівня знаходиться в нуль-пункті, називається місцем нуля ($M0$).

Якщо при горизонтальному положенні візирної осі відлік був $M0$, то з підняттям об'єктива на кут ν і відлік по вертикальному кругу при КЛ збільшиться на кут ν , звідки маємо:

$$\nu = KL - M0. \quad (6.1)$$

При КП, навпаки, із збільшенням кута нахилу відліки за вертикальним кругом зменшуються, а коли візирна вісь утворює з горизонтом той же самий кут ν , відлік за вертикальним кругом буде КП, звідки:

$$\nu = M0 - KP. \quad (6.2)$$

Вирішуючи рівняння (6.1) і (6.2) щодо $M0$ і ν , знаходимо:

$$M0 = \frac{KL + KP}{2} \quad (6.3)$$

та

$$\nu = \frac{KL - KP}{2}. \quad (6.4)$$

Формули (6.1) – (6.4) відповідають шкалі вертикального круга теодоліта 2Т-30П.

$M0$ визначають при наведенні труби теодоліта на декілька точок, щоб переконатися в незмінності його значення. Якщо $M0$ в 2 рази більше точності відлікового мікроскопа, то необхідно його виправити. Для цього при двох положеннях вертикального круга теодоліта 2Т-30П визначають кут нахилу. Не зміщуючи трубу з точки спостереження, при КЛ встановлюють на вертикальному крузі значення ν за допомогою навідного гвинта труби. При цьому можна помітити зміщення горизонтальної нитки з точки спостереження. Виправними гвинтами сітки суміщають горизонтальну нитку сітки з зображенням точки спостереження.

Вертикальні кути, як правило, виміряють при двох положеннях вертикального круга (КП і КЛ). Правильність вимірювання вертикальних

кутів контролюють постійністю $M0$, коливання якого не повинно перевищувати подвоєну точність відлікового пристрою.

Питання, пов'язані з темою “Вивчення теодоліта Т-30 (2Т-30, 2Т-30П) і робота з ним на станції” також викладені в літературі: [1], стор. 70-74; [2], стор. 201-231; [3], стор. 97-111; [4], стор. 84-109; [5], стор. 119-156.

Завдання до лабораторної роботи № 6.

Завдання №6.1. Зробіть схематичний рисунок теодоліта Т-30 (або 2Т-30П) з указанням: 1) його будови, 2) опису пристроїв, 3) їх призначення.

Завдання №6.2. Зобразити на рисунку шкали горизонтального та вертикального кругів із заданими відліками за варіантами (табл. 6.1).

Завдання №6.3. Описати послідовність дій, технологію їх виконання, задіяні деталі інструмента та засоби контролю при приведенні теодоліта у робочий стан на станції.

Завдання №6.4. Описати технологію вимірювання горизонтальних кутів способом “прийомів”, використовуючи дані відліків з теодоліта 2Т-30П за варіантами (табл. 6.3), проілюструвати її схемою (за формою рис. 6.1) та записом результатів вимірювань і обчислень у журналі (за формою табл. 6.2), з указанням в дужках порядкового номера записів.

Завдання № 6.5. Описати послідовність дій при: 1) вимірюванні кутів нахилу, 2) визначенні $M0$ (місця нуля) та 3) обчисленні кутів нахилу.

Таблиця 6.3 – Варіанти початкових даних до завдання №6.4

Станції	Напівприйоми	Точки візування	Відліки з лімба теодоліта 2Т-30П за варіантами							
			1	2	3	4	5	6	7	8
С	КП	А	82°46'	18°26'	164°21'	112°05'	136°38'	208°84'	75°58'	359°55'
		В	338°56'	255°58'	85°42'	22°05'	52°14'	84°47'	348°41'	239°56'
	КЛ	А	263°34'	201°32'	345°16'	290°34'	316°41'	30°43'	253°46'	179°40'
		В	159°44'	79°03'	266°35'	200°36'	232°18'	267°13'	166°30'	59°40'

7. Лабораторна робота “Обробка матеріалів замкнутого теодолітного ходу”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №7.

Перед початком обробки матеріалів теодолітного ходу будується його схема за даними середніх значень виміряних горизонтальних кутів (табл. 7.1) та довжин сторін (табл. 7.2), які їх складають. На схемі (рис. 7.1) проставляють номери станцій, значення кутів і довжини сторін.

Таблиця 7.1 – Дані вимірювання горизонтальних кутів

Станція, i	Позначення кутів, виміряних на станції	Середні значення кутів, $\beta_{i \text{ вим}}$		
		гр.	мін.	гр.+мін./60
1	$\angle 512$	142°	11'	142,18°
2	$\angle 123$	85°	17,5'	85,29°
3	$\angle 234$	125°	49'	125,82°
4	$\angle 345$	94°	10,5'	94,18°
5	$\angle 451$	92°	34'	92,57°

Таблиця 7.2 – Дані вимірювання довжин сторін в природному стані в м і у масштабі схеми (М 1:2500) в см

Позначення сторін, j		1-2	2-3	3-4	4-5	5-1
Довжина сторін	м	218,3	162,2	256,4	223,8	181,6
	см	8,73	6,49	10,26	8,95	7,26

Після побудови схеми виконується подальша обробка матеріалів замкнутого теодолітного ходу, головною метою якої є розрахунок координат станцій цього ходу. Всі обчислення при обробці матеріалів теодолітного ходу ведуться у відомості, за формою табл. 7.3, етапи яких описані нижче.

1) У відомості, складеній за формою таблиці, яка вказана вище, в стовпчику 1 проставляють номери станцій, i , в порядку їх зростання, у стовпчику 7 – позначення напрямку сторін кутів, j , а у стовпчику 13 – довжини сторін, D .

2) У стовпчики 2 та 3 записують середні значення горизонтальних кутів, $\beta_{i \text{ вим}}$.

Таблиця 7.3 – Відомість обробки теодолітного ходу

Номера станцій, i	Виміряні кути					Напрями сторін, j	Дирекційні кути сторін, α_j , та азимути, A_j	Румби сторін, r_j	$D_j, м$	Прирости координат, $м$						Координати станцій, $м$					
	$\beta_{i\text{ вим}}$		$\nu_{\beta j}$	$\beta_{i\text{ вунр}}$						Обчисленні				Виправленні							
	°	'	'	°	'					$\Delta X_{j\text{ обч}}$	$\nu_{\Delta Xj}$	$\Delta Y_{j\text{ обч}}$	$\nu_{\Delta Yj}$	$\Delta X_{j\text{ вунр}}$	$\Delta Y_{j\text{ вунр}}$	X_i	Y_i				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1	142	11	-1	142	10	1-2	355	40	ПнЗ	4	20	218,3	217,68	0,08	-16,48	0,00	-217,76	-16,48	-217,76	-16,48	
2	85	17,5	-0,5	85	17														0,00	0,00	
3	125	49	0	125	49	2-3	90	23	ПдС	89	37	162,2	-1,08	0,06	162,20	0,00	-1,02	162,20			-1,02
4	94	10,5	-0,5	94	10	3-4	144	34	ПдС	35	26	256,4	-208,92	0,10	148,64	-0,01	-208,82	148,63	-209,84	310,83	
5	92	34	0	92	34	4-5	230	24	ПдЗ	50	24	223,8	-142,66	0,08	-172,44	0,00	-142,58	-172,44	-352,42	138,39	
						5-1	317	50	ПнЗ	42	10	181,6	134,59	0,07	-121,91	0,00	134,66	-121,91			
	$\Sigma \beta_{i\text{ вим}}$		$\Sigma \nu_{\beta j}$		$\Sigma \beta_{i\text{ вунр}}$		α_{1-2}						P	f_x	$\Sigma \nu_{\Delta Xj}$	f_y	$\Sigma \nu_{\Delta Yj}$	$\Sigma \Delta X_{j\text{ вунр}}$	$\Sigma \Delta Y_{j\text{ вунр}}$	X_1	Y_1
	540°02'		-02'		540°00'		355	40					1042,3	-0,39	0,39	0,01	-0,01	0,00	0,00	-217,46	-16,48
	$\Sigma \beta_{i\text{ теор}}$		f_β		$f_{\beta\text{ зр}}$						$f_{\text{абс}}$			$f_{P\text{ відн}}$		$f_{P\text{ зр}}$					
	540°00'		02'		2,24'						0,03901			0,0004		0,0005					

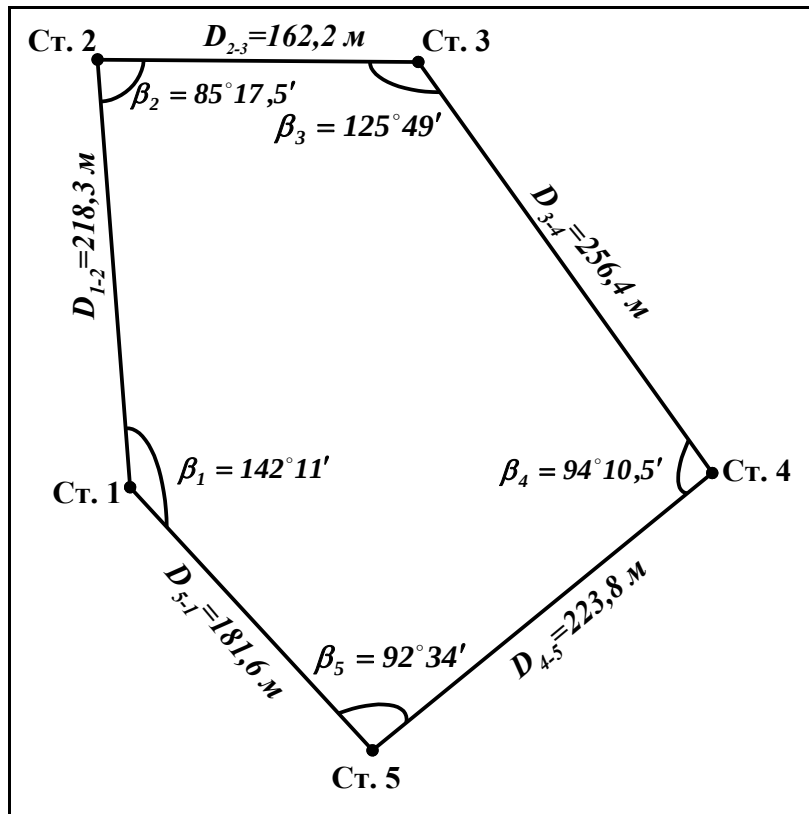


Рис. 7.1 – Схема замкнутого теодолітного ходу (М 1:2500)

3) Знаходять кутову нев'язку, f_β , яка дорівнює різниці між виміряною сумою кутів, $\sum_{i=1}^n \beta_{i \text{ вим}}$ та теоретичною, $\sum_{i=1}^n \beta_{i \text{ теор}}$:

$$f_\beta = \sum_{i=1}^n \beta_{i \text{ вим}} - \sum_{i=1}^n \beta_{i \text{ теор}}, \quad (7.1)$$

при

$$\sum_{i=1}^n \beta_{i \text{ теор}} = 180^\circ \cdot (n - 1), \quad (7.2)$$

де n – число сторін багатокутника.

4) Обчислюється гранична кутова нев'язка ходу, $f_{\beta \text{ гр}}$:

$$f_{\beta \text{ гр}} = 1' \cdot \sqrt{n}, \quad (7.3)$$

де n – число виміряних кутів.

5) Якщо нев'язка виміряних кутів менше або дорівнює граничній, $f_\beta \leq f_{\beta \text{ гр}}$, то її розподіляють (додають), із зворотним знаком в усі кути,

використовуючи розраховані та записані у стовпчик 4 кутові поправки, ν_{β_i} , для кожного кута за формулою:

$$\nu_{\beta_i} = -\frac{f_{\beta}}{m}. \quad (7.4)$$

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

$$\beta_{i \text{ випр}} = \beta_{i \text{ вим}} + \nu_{\beta_i}. \quad (7.5)$$

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

$$\alpha_{j+1} = \alpha_j + 180^\circ - \beta_{i+1}, \quad (7.6)$$

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

Контролем вірності обчислення дирекційних кутів сторін замкненого ходу є повторне отримання дирекційного кута першої сторони.

8) Обчислюють румби сторін за відомими співвідношеннями між дирекційними кутами і румбами для кожної з чотирьох чвертей та записують отримані значення у стовпчики 10 – 12.

9) Обчислюють прирости координат станцій (пряма геодезична задача) теодолітного ходу, стовпчики 14 та 16, відповідно до:

$$\Delta X_{j \text{ обч}} = D_j \cdot \cos \alpha_j \quad (7.7)$$

і

$$\Delta Y_{j \text{ обч}} = D_j \cdot \sin \alpha_j, \quad (7.8)$$

де D_j – виміряні довжини сторін теодолітного ходу, м; α_j – значення дирекційних кутів, з мінутами в частках від градуса.

10) Підрахувавши суми приростів у напрямку ходу, $\sum_{j=1}^n \Delta X_{j \text{ обч}}$ та $\sum_{j=1}^n \Delta Y_{j \text{ обч}}$, по кожній осі прямокутної системи координат і порівнявши обчислені суми приростів координат з теоретичними, $\sum_{j=1}^n \Delta X_{j \text{ теор}}$ та $\sum_{j=1}^n \Delta Y_{j \text{ теор}}$, одержують лінійні нев'язки: f_x та f_y , відповідно по осях X і Y .

Для замкненого теодолітного ходу: $\sum_{j=1}^n \Delta X_{j \text{ теор}} = 0$ та $\sum_{j=1}^n \Delta Y_{j \text{ теор}} = 0$, тому в стовпчиках 17 та 19 будуть записані лінійні нев'язки, розраховані відповідно за формулами:

$$f_x = \sum_{j=1}^n \Delta X_{j \text{ обч}} \quad (7.9)$$

та

$$f_y = \sum_{j=1}^n \Delta Y_{j \text{ обч}}. \quad (7.10)$$

11) Знаходять абсолютну лінійну нев'язку теодолітного ходу, $f_{P \text{ абс}}$, за формулою:

$$f_{P \text{ абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (7.11)$$

12) Обчислюють відносну нев'язку теодолітного ходу та перевіряють відповідність отриманого значення умові:

$$f_{P \text{ відн}} = \frac{f_{P \text{ абс}}}{P} = \frac{\cancel{f_{P \text{ абс}}} / \cancel{f_{P \text{ абс}}}}{\cancel{P} / \cancel{f_{P \text{ абс}}}} = \frac{1}{\cancel{P} / \cancel{f_{P \text{ абс}}}} \leq \frac{1}{2000} = f_{P \text{ зр}}, \quad (7.12)$$

де P – периметр теодолітного ходу, $f_{P \text{ зр}} = 0,0005$.

13) Якщо відносна нев'язка ходу не перевищує граничного допустимого значення, то вона розподіляється роздільно по абсцисах і ординатах у всі прирости ходу (стовпчики 20 та 21); знак цих поправок береться зворотним до знаку нев'язки як для абсцис, так і для ординат; величина поправок визначається пропорційно довжинам сторін:

$$\Delta X_{j \text{ випр}} = \Delta X_{j \text{ обч}} + v_{\Delta X_j} \quad (7.13)$$

та

$$\Delta Y_{j \text{ випр}} = \Delta Y_{j \text{ обч}} + v_{\Delta Y_j}, \quad (7.14)$$

де

$$v_{\Delta X_j} = - \frac{f_x}{P} \cdot D_j \quad (7.15)$$

та

$$v_{\Delta Y_j} = - \frac{f_y}{P} \cdot D_j. \quad (7.16)$$

14) По виправлених приростах координат, $\Delta X_{j \text{ випр}}$ та $\Delta Y_{j \text{ випр}}$ (стовпчики 18 та 19), розраховують координати всіх вершин (станцій) теодолітного ходу (X_i та Y_i) за формулами (стовпчики 20 та 21):

$$X_i = X_{i-1} + \Delta X_{j \text{ випр}} \quad (7.17)$$

та

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_{j \text{ випр}}, \quad (7.18)$$

де $\Delta X_{j \text{ випр}}$ та $\Delta Y_{j \text{ випр}}$ – прирости координат між $(i-1)$ -ою та i -ою станціями (вершинами) теодолітного ходу.

Після обчислення координат станцій замкнутого теодолітного ходу виконується розрахунок площі отриманого багатокутника (полігона). Найчастіше ця задача виконується аналітичним способом.

Обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу виконується за формою табл. 7.4.

Перед початком підрахунків із табл. 7.3 в стовпчик 1 табл. 7.4 переписують номери станцій, i , а у стовпчики 2 і 3 – їх координати (X і Y).

Подальші обчислення виконують у стовпчиках 4 – 7 (при відомих координатах вершин багатокутника) за формулами, наведеними нижче у тексті.

Таблиця 7.4 – Обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу

Станція, i	Координати		Різниці		Множення	
	$X, \text{ м}$	$Y, \text{ м}$	$X_{i-1} - X_{i+1}$	$Y_{i+1} - Y_{i-1}$	$Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$	$X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})$
1	2	3	4	5	6	7
1	-217,76	-16,48	-352,42	-138,39	5807,8816	30135,8064
2	0	0	-216,74	178,68	0	0
3	-1,02	162,2	209,84	310,83	34036,048	-317,0466
4	-209,84	310,83	351,4	-23,81	109225,662	4996,2904
5	-352,42	138,39	7,92	-327,31	1096,0488	115350,5902
Сума			0,00	0,00	150165,6404	150165,6404
$S(\text{м}^2) =$					75082,8202	75082,8202
$S(\text{га}) \approx$					7,51	7,51

Примітка до табл. 7.4: вершини пронумеровані за ходом годинникової стрілки, відповідно до рис. 7.1.

1) Якщо вершини багатокутника (станції полігона) пронумеровані за ходом годинникової стрілки, то розрахунок його площі виконується за формулами:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^m X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})}{2} \quad (7.19)$$

або

$$S = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})}{2}, \quad (7.20)$$

де m – кількість вершин багатокутника.

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

$$S = \frac{\sum_{i=1}^m X_i \cdot (Y_{i-1} - Y_{i+1})}{2} \quad (7.21)$$

або

$$S = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i \cdot (X_{i+1} - X_{i-1})}{2}. \quad (7.22)$$

Питання, пов'язані з темою “Обробка матеріалів замкнутого теодолітного ходу”, також розглядаються в літературі: [1], стор. 81-84; [2], стор. 237-252; [3], стор. 163-167; [4], стор. 148-154; [5], стор. 196-204.

Завдання до лабораторної роботи №7.

Завдання №7.1. Зробіть схему замкнутого теодолітного ходу на аркуші формату А-4 (210 мм на 297 мм) за формою рис. 7.1 з використанням даних вимірювань за варіантами із табл. 7.5 і табл. 7.6.

Завдання №7.2. Обробіть матеріали замкнутого теодолітного ходу у відомості за формою табл. 7.3 з використанням даних вимірювань за варіантами із табл. 7.5, табл. 7.6. і табл. 7.7.

Завдання №7.3. Обчисліть площу полігона замкнутого теодолітного ходу аналітичним способом за формою табл. 7.4 з використанням розрахованих координат станцій із завдання №7.2.

Таблиця 7.5 – Варіанти початкових даних до завдань №7.1 та №7.2
(горизонтальні проекції сторін)

Сторони, j	Довжини сторін теодолітного ходу, D_j , м, за варіантами				
	1-2	3	4-5	6	7-8
1-2	326,64	342,82	301,56	268,27	324,57
2-3	350,58	318,40	301,46	272,67	326,96
3-4	289,40	327,50	224,99	220,65	349,02
4-5	306,06	324,30	213,53	349,40	167,90
5-1	289,40	351,36	203,73	305,20	346,09

Таблиця 7.6 – Варіанти початкових даних до завдань №7.1 та №7.2
(дані вимірювання горизонтальних кутів)

Станції, i	Середні значення кутів, $\beta_{i \text{ вим}}$, за варіантами									
	1-2		3		4-5		6		7-8	
	°	'	°	'	°	'	°	'	°	'
1	102	20	106	37	110	13	105	14	99	58
2	103	52	105	04	90	01	115	34	102	17
3	107	23	114	05	100	17	115	20	99	12
4	106	20	107	46	124	41	108	26	119	08
5	120	20	106	30	114	47	95	23	119	25

Таблиця 7.7 – Варіанти початкових даних до завдання № 7.2
(дирекційні кути сторін та координати станцій)

Варіанти	Дирекційний кут сторони 1-2		Координати станції №1, м	
	°	'	X	Y
1	234	28	2190,00	1532,00
2	174	36	1869,35	2356,84
3	92	15	2968,55	1618,22
4	133	12	1540,00	1225,00
5	182	15	1281,17	5972,32
6	199	05	4216,66	5682,22
7	288	26	3181,81	1286,36
8	206	14	4925,72	1519,33

8. Лабораторна робота “Вивчення нівеліра Н-3 (Н-10) і робота з ним на станції”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №8.

Виконання лабораторної роботи № 8 реалізується шляхом вивчення наступних питань: 1) будова нівеліра Н-3; 2) приведення нівеліра в робочий стан; 3) визначення відліків за нівелірною рейкою.

Згідно з ДЕСТ 10528-90 нівеліри підрозділяються на високоточні – Н-05, точні – Н-3 і технічні – Н-10. Цифри в індексах указують на середню квадратичну похибку в мм на 1 км подвійного нівелірного ходу.

Нівеліри виготовляють з циліндровим рівнем при трубі і з компенсатором кутів нахилу (в індексації інструмента додається літера К), нівеліри Н-3 і Н-10 випускаються також з лімбами для вимірів горизонтальних кутів (додається літера Л).

Нівелір Н-3 відноситься до точних нівелірів з циліндровим рівнем при трубі. Його використовують при нівелюванні III-ого і IV-ого класів.

Нівелір Н-10 відноситься до технічних нівелірів.

Порівнюючи нівеліри з рисунками, описами та схемами у підручниках, вясніть, до якої групи відноситься нівелір Н-3: точний або технічний, з рівнем при трубі або з компенсатором кутів нахилу, з горизонтальним кругом або без нього.

Зверніть увагу на те, що *будь-який нівелір складається із двох основних частин*: верхньої, яка є несучою для зорової труби, і нижньої, що є підставкою приладу. Верхня частина обертається в горизонтальній площині навколо осі, яка має назву основної або вертикальної осі приладу.

Знайдіть частини зорової труби: корпус, об'єктив, окуляр, маховик (головку) фокусувального пристрою. З'ясуйте, як наводиться труба на нівелірну рейку за допомогою затискного та мікрометричного гвинтів та рукою. Подивіться в окуляр і змалюйте сітку ниток за формою рис. 8.1, б. Усвідомте, як прикріплюється окулярне коліно до корпуса труби, чи може переміщатися скляна пластинка із сіткою ниток щодо геометричної осі труби чи вона закріплена наглухо.

Вивчаючи нівелір із циліндричним контактним рівнем, знайдіть елеваційний гвинт і, обертаючи його, простежте, як змінюється положення бульбашки рівня, і як приводять у контакт проекції його половинок. Запам'ятайте, у який бік переміщається бульбашка рівня при обертанні елеваційного гвинта за ходом годинникової стрілки (вгвинчуванні) і проти ходу (вигвинчуванні).

Знайдіть круглий рівень і усвідомте його призначення. Простежте, як змінюється положення його бульбашки при обертанні піднімальних гвинтів.

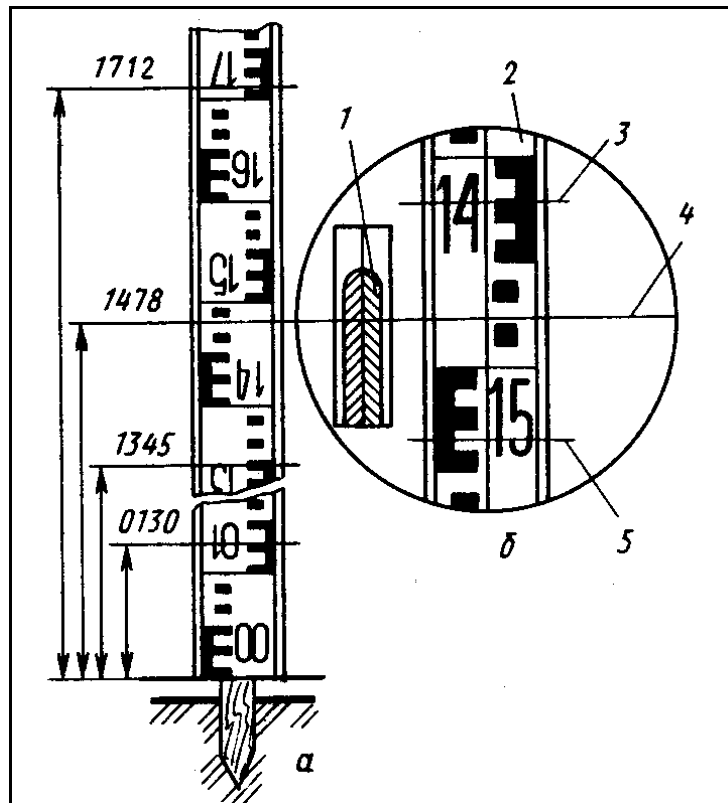


Рис. 8.1 – Відліки по рейці при обзорі в окуляр нівеліра:

а – нівелірна рейка, встановлена на пікеті; **б** – поле зору труби нівеліра; 1 – зображення бульбашки циліндричного рівня, приведеного в контакт (на середину ампули); 2 – зображення рейки; 3, 5 – далекомірні нитки сітки; 4 – середня горизонтальна нитка сітки ниток (відлік по ній: 1478)

Роботу починають з встановлення нівеліра. Для цього треба поставити 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 головою. Пригвинтіть (не занадто туго) становим гвинтом нівелір до головки штатива так, щоб у її пази ввійшли наконечники піднімальних гвинтів. Обертаючи ці гвинти, зробіть так, щоб всі вони були на середині свого ходу і мали приблизно однакову довжину. Далі, регулюючи положення ніжок штатива, сумістить бульбашку із нуль-пунктом ампули круглого рівня. При роботі на ґрунтовій місцевості вдав'ять кінці ніжок у ґрунт і виправте піднімальними гвинтами положення бульбашки рівня. Остаточно затягніть становий гвинт і знову поправте круглий рівень піднімальними гвинтами.

Коли передбачається вимірювати горизонтальні кути нівеліром з лімбом, його також центрують над точкою стоянки прибору.

Способами, засвоєними при вивченні теодоліта, встановіть по оку сітку ниток, відфокусуйте трубу по виставленій рейці, виконавши

наведення труби нівеліра Н-3 за допомогою затискного та мікрометричного гвинтів (наведення труб інших нівелірів виконується безпосередньо рукою). Після цього встановіть в горизонтальне положення візирну вісь труби нівеліра з рівнем, діючи елеваційним гвинтом. За бульбашкою циліндричного контактного рівня спочатку спостерігають збоку (через вікно коробки), а як тільки він вийде приблизно на середину ампули – дивлячись у трубу. Після по'єднання зображень половинок бульбашки роблять відлік по рейці. Трубу нівеліра з компенсатором не потрібно встановлювати у вертикальній площині, тому що її візирна вісь автоматично займе горизонтальне положення, якщо привести основну вісь приладу 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 початком рахунку (*п'ятою*) і точкою, на яку проектується середня горизонтальна нитка сіток. В зв'язку з тим, що початок рахунку відомий (0 або інше відоме число), то головне, що потрібно при знятті відліку, це лише визначення положення проекції середньої нитки сіток на рейці як на числовій осі. Рахунок ведуть зверху вниз, якщо труба дає зворотне зображення, як на рис. 8.1, або знизу нагору (при прямому зображенні). Відлік записують чотиризначним числом. Дві його перші цифри – номер дециметрової поділки, на яку проектується середня нитка, дві останні – величини відрізка (мм) між нею та початком даного дециметра.

На рис. 8.1б середня нитка сіток проектується на 14-ий дм і розташовується нижче його 7-го см на 8 мм (остання цифра визначається на око). Отже, відлік дорівнює 1478 мм.

Розберіться, як за рис. 8.1а були отримані на рейці відліки 0130, 1345 і 1709 мм. Далі зробіть відлік по нерухомій рейці та попросіть викладача або товариша перевірити отриманий вами результат. Після цього в 40-50 м від нівеліра міцно забийте в землю кілок і візьміть відлік по рейці, яку поставив на нього ваш товариш. Поміняйтеся місцями і перевірте збіжність відліків.

Нарешті, навчіться відлічувати показання при погойдуванні рейки в створі лінії візування. Виясніть, коли та для чого застосовують цей прийом.

Питання, пов'язані з темою “ Вивчення нівеліра Н-3 (Н-10) і робота з ним на станції” також розглядаються в літературі: [1], стор. 77-78; [2], стор. 280-305; [3], стор. 111-114; [4], стор. 170-179; [5], стор. 236-245.

Завдання до лабораторної роботи №8.

Завдання №8.1. Накресліть схему нівеліра із циліндричним рівнем, на якій покажіть основні частини нівеліра та опишіть їх призначення.

Завдання №8.2. Описати послідовність операцій по приведенню нівеліра в робочий стан.

Завдання №8.3. Описати порядок формування відліків по рейці та навести ілюстрацію відліків за формою рис. 8.1б з використанням даних табл. 8.1 за варіантами.

Таблиця 8.1 – Варіанти початкових даних до завдання №8.3

Варіанти	Відліки за нівелірною рейкою, мм		
	відлік №1	відлік №2	відлік №3
1	0157	1320	2185
2	0245	1557	2272
3	0314	1675	2343
4	0424	1588	2447
5	0515	1432	2584
6	0623	1777	2605
7	0772	1824	2763
8	0817	1983	2554

9. Лабораторна робота “Обробка журналу технічного нівелювання”

Пояснювальна записка до лабораторної роботи №9.

Робота, пов’язана з обробкою результатів нівелювання, виконується в наступній послідовності: 1) заповнюється нівелірний журнал з контролем правильності одержання відліків з рейки; 2) обчислюються перевищення між точками місцевості з посторінковим контролем; 3) виконується ув’язка перевищень; 4) обчислюються відмітки суміжних точок нівелірного ходу; 5) розраховуються відмітки проміжних точок ходу.

1) *На кожній станції* (при нівелюванні способом “із середини”) нівелір встановлюють на рівному віддаленні від задньої і передньої точок, приводять його в робочий стан, і роблять відліки тільки по середній нитці сіток у наступному порядку: 1 - наводять зорову трубу на задню рейку і беруть відлік за чорною стороною (1); 2 - наводять зорову трубу на передню рейку і беруть відлік за чорною стороною (2); 3 - беруть відлік за червоною стороною передньої рейки (3); 4 - повертають трубу на задню рейку і беруть відлік по червоній стороні (4). Перед зняттям відліку обертанням елеваційного гвинта приводять бульбашку рівня в нуль-пункт (для рівневих нівелірів). Результати вимірів записують в “Журнал

технічного нівелювання” за формою табл. 9.1. Обробку журналу починають з обчислень, які нівелювальник робить ще при виконанні польових робіт, тобто під час вимірювань на місцевості, відразу ж після запису в журнал відліків знятих з рейок, не йдучи зі станції. У навчальних цілях виконайте ці обчислення в камеральних умовах, тобто в класі. Для контролю правильності зняття відліків з рейок у журналі обчислюють значення “п'ятки” червоної сторони рейки на задній і передній точках нівелювання. Обчислені значення не повинні відрізнятися від номіналу більш ніж на ± 3 мм. **Наприклад**, номінал п'ятки червоної сторони 4783 мм. Обчислені значення п'ятки не повинні бути більш ніж: $4783 + 3 = 4786$ мм і менш ніж $4783 - 3 = 4780$ мм. Тому, розбіжності (9) в червоних і чорних перевищеннях на станції (7) і (8) не повинні перевищувати 6 мм. Середні перевищення (10) обчислюються з точністю до 1 мм, використовуючи спосіб округлення (у бік парного числа).

2) Перед обчисленням перевищень між точками місцевості на кожній сторінці журналу підсумовують всі відліки по задніх рейках, (1) та (4), і записують отриману суму в таблиці (11). Те ж саме роблять з відліками по передніх рейках (2) і (3), та одержують суму (12). Обчислюють різницю (13) сум (11) і (12), яка повинна дорівнювати сумі (14) всіх вимірних перевищень (7) і (8) і бути у два рази більше алгебраїчної суми (15) всіх середніх перевищень (10) на кожній сторінці. В останньому випадку можливе відхилення на 1-2 мм за рахунок закономірно припустимих похибок при округленні середніх значень перевищень. Таку процедуру контролю виконують на кожній сторінці журналу. Всі визначені алгебраїчні суми середніх значень перевищень (15), обчислені для кожної сторінки журналу, сумують для подальшого використання, щоб визначити практичну нев'язку нівелірного ходу.

3) Ув'язка нівелірного ходу виконується шляхом ув'язки середніх значень перевищень. Теоретичне значення перевищення (16) обчислюється як різниця висот реперів $R_{p_{кін}}$ та $R_{p_{поч}}$, між якими прокладений хід технічного нівелювання, тобто:

$$\Sigma h_{теор} = H_{кін} - H_{поч} = H_{Rp_{кін}} - H_{Rp_{поч}}. \quad (9.1)$$

Для замкнутого нівелірного ходу $\Sigma h_{теор} = 0$.

Через неминучі похибки в перевищеннях (10) для ходу, прокладеного між реперами, буде отримана нев'язка $f_{h\text{ пр}}$, обчислена за формулою:

$$f_{h\text{ пр}} = \Sigma h_{сер} - \Sigma h_{теор}, \quad (9.2)$$

де $\Sigma h_{сер}$ – сума середніх значень перевищень (15), а $\Sigma h_{теор}$ – теоретичне значення перевищення (16), тобто різниця висот реперів $R_{p_{кін}}$ та $R_{p_{поч}}$.

Для замкнутого нівелірного ходу $f_{h\text{ пр}} = \Sigma h_{сер}$.

Гранична похибка ($f_{h_{zp}}$, мм) залежить від довжини ходу (L , км) або від числа станцій (n), та визначається за формулами:

$$f_{h_{zp}} = \pm 50 \cdot \sqrt{L} \quad (9.3)$$

або

$$f_{h_{zp}} = \pm 10 \cdot \sqrt{n} . \quad (9.4)$$

Якщо отримана нев'язка не перевищує теоретично-допустиму нев'язку, $f_{h_{np}} \leq f_{h_{zp}}$, то така нев'язка може бути розподілена між всіма перевищеннями (10).

Для всіх перевищень (10) обчислюються поправки Δh , сума яких повинна дорівнювати $f_{h_{np}}$.

Поправки для кожного перевищення визначають за формулою:

$$\Delta h = \frac{f_{h_{np}}}{L} \cdot l, \quad (9.5)$$

де l – відстань між точками, для яких визначені перевищення (10).

Виправлені перевищення визначають за формулою:

$$h_{випр} = h_{сер} + \Delta h, \quad (9.6)$$

де $h_{сер}$ – середні значення перевищень, отриманих безпосередньо в результаті нівелювання.

Поправки вводяться зі зворотним знаком (щодо знака нев'язки) і записуються над значеннями середніх перевищень. Виправлені перевищення записуються під рискою нижче обчислених середніх перевищень. Сума виправлених перевищень усього ходу повинна відповідати теоретичній сумі перевищень, тобто різниці відміток кінцевої та початкової точок нівелювання (**Rp34** і **Rp22**).

4) *Обчислення значень відміток суміжних точок нівелірного ходу* виконується з використанням виправлених середніх перевищень точок:

$$H_i = H_{i-1} + h_{i \text{ випр}} . \quad (9.7)$$

Розрахунок висот (відміток) суміжних точок починають від попередньо заданої в табл. 9.1 відмітки репера з №22 (**Rp22**), записавши її на перший рядок стовпчика 8 журналу. До цієї відмітки алгебраїчно додають перше виправлене перевищення із стовпчика 6. Вийде відмітка точки **Пк0**. До неї додають друге перевищення, щоб одержати відмітку точки **Пк1**, і так далі. Розрахунок відміток ведеться в метрах, тому виправлені перевищення треба переводити з міліметрів у метри.

Кожна знову отримана відмітка, крім першої та останньої, записується двічі: перший раз як обчислена відмітка передньої суміжної

точки попередньої станції, другий раз як вихідна відмітка задньої суміжної точки наступної станції.

Одержавши на першій сторінці журналу відмітку останньої точки, наприклад, **Rp34** з табл. 9.1, порівняєте її з вихідним значенням відмітки цього репера, вони повинні збігатися.

Якщо нівелірний хід займає кілька сторінок журналу, то контроль відмітки останньої суміжної точки кожної сторінки журналу виконується додаванням до вихідної відмітки початкової точки сторінки суми виправлених перевищень на сторінці.

5) *Обчислення відміток проміжних точок нівелірного ходу з використанням горизонту приладу (ГП)* - відмітки променя візування, який дорівнює: $ГП_1 = H_{задн} + v_{з/чорн}$ та $ГП_2 = H_{пер} + v_{п/чорн}$.

В стовпчик 7 журналу записують середнє з цих двох чисел, як це зроблено в табл. 2.4.1, при обробці спостережень на станції IV:

$ГП_1 = H_{пк2} + v_{з/чорн.пк2} = 56,514 + 0,731 = 57,245$ м та
 $ГП_2 = H_{пк2} + v_{п/чорн.пк2} = 55,472 + 1,771 = 57,243$ м, середнє з цих двох чисел: $ГП = (ГП_1 + ГП_2)/2 = 57,244$ м.

З відмітки горизонту приладу віднімають відліки, зняті на даній станції з чорних сторін рейок, що стояли на проміжних точках, одержуючи відмітки останніх, тобто: $H_{Проміжн.} = ГП - v_{п/чорн.}$. У даному прикладі:
 $H_{пк2+60} = 57,244 - 0,357 = 56,887$ м, а $H_{пк3} = 57,244 - 1,204 = 56,040$ м.

Якщо на станції є дві та більше проміжні точки, то перевищення між ними можна використати для контролю правильності обчислення їхніх відміток. **Наприклад**, відмітку **пк3** можна одержати так:

$$H_{пк3} = H_{пк2+60} + (0,357 - 1,204) = 56,887 + (-0,847) = 56,040 \text{ м.}$$

Відмітки проміжних точок записуються у відповідних рядках стовпчика 8 журналу технічного нівелювання.

Рішення питань, пов'язані з темою “Обробка журналу технічного нівелювання” також є в наступній літературі: [1], стор. 86-88, 100-101; [2], стор. 306-330; [3], стор. 194-195; [4], стор. 202-211; [5], стор. 271-279.

Завдання до лабораторної роботи №9.

Завдання №9.1. Зробіть обробку даних нівелірного ходу технічного нівелювання за формою табл. 9.1 в наступній послідовності: 1) контроль на станції, 2) посторінковий контроль, 3) ув'язка ходу, 4) обчислення відміток суміжних точок, 5) обчислення відміток проміжних точок.

Вихідні дані – журнали технічного нівелювання та відмітки початкової і кінцевої точок (Rp4 та Rp7) нівелірних ходів, наведені відповідно до варіантів у табл. 9.2.

П'ятки червоних сторін рейок для всіх варіантів дорівнюють значенню 4800. Для визначення довжини нівелірного ходу вважати, що відстані між суміжними точками (пікетами) дорівнюють $l = 100$ м.

Таблиця 9.1 – Журнал технічного нівелювання (хід від ґрунтового репера **Rp22** до стінного репера **Rp34**)

Станції	Відліки з рейок, ϵ_i , мм			Перевищення, h , мм		Горизонт приладу, $\Gamma\Pi$, м	Відмітки, H_i , м	Точки, i
	Задн.	Пер.	Проміжн.	Вим.(чорн.) Вим.(черв.)	Поправка Середні			
	Задн.-Пер.	П'ятка	П'ятка	Розбіжність	Випр.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	2492 (1) 7277 (4)	1228 (2) 6012 (3)		+1264 (7) +1265 (8)	-1 +1264 (10)		54,262	Rp22
Rp22-Пк0	4785 (5)	4784 (6)		1 (9)	+1263		55,525	Пк0
II	2109 6898	1122 5909		+0987 +0989	-1 +0988		55,525	Пк0
Пк0-Пк1	4789	4787		2	+0987		56,512	Пк1
III	1216 6001	1213 5998		+0003 +0003	-1 +0003		56,512	Пк1
Пк1-Пк2	4785	4785		0	+0002		56,514	Пк2
IV	0731 5515	1771 6557		-1040 -1042	-1 -1041	57,244	56,514	Пк2
Пк2-Пк4	4784	4786		2	-1042		55,472	Пк4
<i>Пк2+60</i> <i>Пк3</i>			0357 1204				56,887 56,040	<i>Пк2+60</i> <i>Пк3</i>

Закінчення табл. 9.1 (продовження першої сторінки журналу технічного нівелювання)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
V	0509 5293	1014 5798	1188 2632	-0505 -0505	-1 -0505	55,980	55,472	Пк4	
Пк4-X1	4784	4784		0	-0506		54,966	X1	
Пк4+50 Пк5							54,792 53,348	Пк4+50 Пк5	
VI	2845 7631	0275 5065		+2570 +2566	-2 +2568		54,966	X1	
X1-Rp34	4786	4790		4	+2566		57,532	Rp34	
Сума	Σv _з	Σv _п		Σh _{вим}	Σh _{сер}		Σh _{теор}		
	48517 (11)	41963 (12)		6554 (14)	3277 (15)		3270 (16)		
Різниця	Δv = Σv _з - Σv _п								
	6554 (13)								
Практична нев'язка ходу			f _{h np} = Σh _{сер.} (15) – Σh _{теор.} (16) = 3277 мм – 3270 мм = +7 мм						
Гранична похибка ходу			f _{h зр} = ±50·√L = ±50·√0,8 = ±45 мм						

Таблиця 9.2 – Варіанти початкових даних до завдання №9.1

Варіант №1				Варіант №2			
<i>Rp4</i> = 63,874 м, <i>Rp7</i> = 63,213 м				<i>Rp4</i> = 69,337 м, <i>Rp7</i> = 72,371 м			
Станції	Відліки з рейок, <i>e_i</i> , мм			1	2	3	4
	Задн.	Пер.	Проміжн.	I	1394 <u>6195</u>	1109 <u>5911</u>	
	З/чорн.	П/чорн.	П/чорн.	<i>Rp4</i>-Пк0			
Задн.-Пер.	З/черв.	П/черв.		II	1715 6515	2038 6840	
1	2	3	4	Пк0-Пк1			
I	0621 <u>5421</u>	2837 <u>7638</u>		III	1192 <u>5992</u>	2240 <u>7043</u>	
<i>Rp4</i>-Пк0				Пк1-Пк2			
II	2365 <u>7668</u>	0153 <u>4952</u>		IV	0889 <u>5687</u>	2510 <u>7312</u>	
Пк0-Х1				Пк2-Пк3			
III	0422 <u>5222</u>	2913 <u>7711</u>		V	1043 <u>5846</u>	2011 <u>6809</u>	
Х1-Пк1				Пк3-Пк4			
IV	1791 <u>6592</u>	0060 <u>4859</u>		VI	1845 <u>6647</u>	1239 <u>6037</u>	
Пк1-Пк2				Пк4-Пк5			
<i>Л-20</i>			1343	<i>П-20</i>			1622
V	0513 <u>5315</u>	1712 <u>6510</u>		VII	2378 <u>7178</u>	0831 <u>5629</u>	
Пк2-Пк3				Пк5-Пк6			
VI	1230 <u>6029</u>	2865 <u>7668</u>		VIII	2612 <u>7410</u>	0679 <u>5482</u>	
Пк3-Пк4				Пк6-Пк7			
VII	2218 <u>7017</u>	2182 <u>6981</u>		IX	2549 <u>7343</u>	0838 <u>5635</u>	
Пк4-Пк5				Пк7-Х1			
VIII	2501 <u>7302</u>	0137 <u>4939</u>		X	2113 <u>6914</u>	1168 <u>5970</u>	
Пк5- <i>Rp7</i>				<i>Х1-<i>Rp7</i></i>			

Продовження табл. 9.2

Варіант №3				Варіант №4			
<i>Rp4</i> = 51,377 м, <i>Rp7</i> = 48,909 м				<i>Rp4</i> = 79,374 м, <i>Rp7</i> = 79,997 м			
1	2	3	4	1	2	3	4
I _____	1251 <u>5950</u>	1653 <u>6351</u>		I _____	0852 <u>5650</u>	2514 <u>7316</u>	
<i>Rp4</i> -Пк0				<i>Rp4</i> -Пк0			
II _____	1609 <u>6306</u>	1936 <u>6638</u>		II _____	1739 <u>6542</u>	1377 <u>6116</u>	
Пк0-Пк1				Пк0-Пк1			
III _____	0758 <u>5456</u>	2677 <u>7379</u>		III _____	2146 <u>6945</u>	1178 <u>5976</u>	
Пк1-Х				Пк1-Пк2			
IV _____	1016 <u>5713</u>	1908 <u>6606</u>		<i>Л-15</i>			1637
Х-Пк2				IV _____	1903 <u>6704</u>	1321 <u>6120</u>	
V _____	1244 <u>5947</u>	1776 <u>6475</u>		Пк2-Пк3			
Пк2-Пк3				V _____	1540 <u>6340</u>	1984 <u>6781</u>	
VI _____	0569 <u>5272</u>	1716 <u>6414</u>		Пк3-Пк4			
Пк3-Пк4				VI _____	1649 <u>6447</u>	1172 <u>5973</u>	
VII _____	2385 <u>7083</u>	1288 <u>5989</u>		Пк4-Пк5			
Пк4-Пк5				VII _____	2218 <u>7017</u>	2182 <u>6981</u>	
VIII _____	1741 <u>6443</u>	1166 <u>5864</u>		Пк5-Пк6			
Пк5-Пк6				VIII _____	1422 <u>6224</u>	1911 <u>6713</u>	
IX _____	1810 <u>6513</u>	1305 <u>6003</u>		Пк6-Пк7			
Пк6-Пк7				IX _____	1376 <u>6173</u>	1815 <u>6617</u>	
<i>Л-12</i>			1537	Пк7-Пк8			
X _____	2056 <u>6755</u>	1522 <u>6225</u>		X _____	1927 <u>6728</u>	0734 <u>5532</u>	
Пк7- <i>Rp7</i>				Пк8- <i>Rp7</i>			

Продовження табл. 9.2

Варіант №5			
<i>Rp4</i> = 93,544 м, <i>Rp7</i> = 89,396 м			
1	2	3	4
I	0652	1499	
	<u>5334</u>	<u>6184</u>	
<i>Rp4</i> -Пк0			
II	0637	2537	
	<u>5320</u>	<u>7216</u>	
Пк0-Х1			
III	0918	1932	
	<u>5601</u>	<u>6616</u>	
Х1-Пк1			
IV	1640	0720	
	<u>6321</u>	<u>5402</u>	
Пк1-Пк2			
<i>Л-20</i>			1429
V	1424	1182	
	<u>6109</u>	<u>5867</u>	
Пк2-Пк3			
VI	0978	2637	
	<u>5664</u>	<u>7322</u>	
Пк3-Пк4			
VII	1341	1768	
	<u>6027</u>	<u>6453</u>	
Пк4-Пк5			
VIII	1822	1174	
	<u>6503</u>	<u>5859</u>	
Пк5-Пк6			
IX	1349	1360	
	<u>6035</u>	<u>6041</u>	
Пк6-Пк7			
X	1534	0946	
	<u>6219</u>	<u>5627</u>	
Пк7-Пк8			
XI	0758	1413	
	<u>5440</u>	<u>6094</u>	

Пк8- <i>Rp7</i>			
Варіант №6			
<i>Rp4</i> = 92,646 м, <i>Rp7</i> = 90,484 м			
1	2	3	4
I	1622	1837	
	<u>6424</u>	<u>6638</u>	
<i>Rp4</i> -Пк0			
II	0795	2511	
	<u>5593</u>	<u>7314</u>	
Пк0-Х1			
III	0948	2746	
	<u>5750</u>	<u>7544</u>	
Х1-Пк1			
IV	1263	1785	
	<u>6065</u>	<u>6582</u>	
Пк1-Пк2			
<i>Л-40</i>			0892
V	1702	1233	
	<u>6503</u>	<u>6031</u>	
Пк2-Пк3			
VI	2182	1230	
	<u>6981</u>	<u>6029</u>	
Пк3-Пк4			
VII	1591	0925	
	<u>6389</u>	<u>5722</u>	
Пк4-Пк5			
VIII	1248	1892	
	<u>6050</u>	<u>6690</u>	
Пк5-Пк6			
IX	1546	1755	
	<u>6343</u>	<u>6557</u>	
Пк6-Пк7			
X	2218	1368	
	<u>7016</u>	<u>6170</u>	
Пк7- <i>Rp7</i>			

Закінчення табл. 9.2

Варіант №7			
<i>Rp4</i> = 93,170 м, <i>Rp7</i> = 96,561 м			
1	2	3	4
I _____	0260 <u>5058</u>	1891 <u>6693</u>	
<i>Rp4</i> -Пк0			
II _____	0523 <u>5325</u>	2712 <u>7510</u>	
Пк0-Х1			
III _____	0762 <u>5564</u>	2574 <u>7372</u>	
Х1-Пк1			
IV _____	0647 <u>5445</u>	2342 <u>7144</u>	
Пк1-Х2			
<i>Л-50</i>			0917
V _____	0621 <u>5421</u>	2837 <u>7638</u>	
Х2-Х3			
VI _____	0797 <u>5600</u>	2463 <u>7261</u>	
Х3-Пк2			
VII _____	0573 <u>5371</u>	2648 <u>7449</u>	
Пк2-Х4			
VIII _____	0603 <u>5401</u>	2769 <u>7571</u>	
Х4-Х5			
IX _____	1126 <u>5928</u>	1544 <u>6343</u>	
Х5-Пк3			
X _____	2641 <u>7439</u>	0576 <u>5379</u>	
Пк3-Х6			
XI _____	2357 <u>7160</u>	0773 <u>5572</u>	
Х6- <i>Rp7</i>			

Варіант №8			
<i>Rp4</i> = 87,697 м, <i>Rp7</i> = 88,418 м			
1	2	3	4
I _____	1629 <u>6431</u>	1844 <u>6645</u>	
<i>Rp4</i> -Пк0			
II _____	0802 <u>5600</u>	2518 <u>7321</u>	
Пк0-Х1			
III _____	0955 <u>5757</u>	2753 <u>7551</u>	
Х1-Пк1			
IV _____	1270 <u>6072</u>	1792 <u>6589</u>	
Пк1-Пк2			
<i>Л-40</i>			1579
V _____	1709 <u>6510</u>	1240 <u>6038</u>	
Пк2-Пк3			
VI _____	2189 <u>6988</u>	1237 <u>6036</u>	
Пк3-Пк4			
VII _____	1598 <u>6396</u>	0932 <u>5729</u>	
Пк4-Пк5			
VIII _____	1255 <u>6057</u>	1899 <u>6697</u>	
Пк5-Пк6			
IX _____	1553 <u>6350</u>	1762 <u>6564</u>	
Пк6-Пк7			
X _____	2225 <u>7023</u>	1375 <u>6177</u>	
Пк7- <i>Rp7</i>			

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Колодеев Є.І. Основи геодезії. Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: Вид-во “Економіка”, 2005. – 107 с.
2. Модринский Н.И. Геодезия. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 464 с.
3. Неумывакин Ю.К., Смирнов А.С. Практикум по геодезии. – М.: Недра, 1985. – 200 с.
4. Фёдоров Ю.А. Геодезия с основами инженерной графики. – С.-П.: Гидрометеиздат, 1995. – 447 с.
5. Кудрицкий Д.И. Геодезия. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 416 с.

Додаткова:

6. Дубов С.Д., Поляков А.Н. Практикум по геодезии. – М: Агропромиздат, 1990. – 223 с.
7. Колодеев Є.І., Лужбін А.М. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з курсу “Основи геодезії”. –Одеса, ОДЕКУ, 2002. –31 с.
8. Колодеев Є.І. Розв’язання задач за топографічною картою. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Геодезія”. – Одеса, ОГМІ, 1993. – 12 с.
9. Колодеев Е.И. Определение прямоугольных и географических координат. Методические указания к лабораторным работам по курсу геодезии. – Одесса, ОГМИ, 1990. – 12 с.
10. Колодеев Е.И., Скрыпник Л.А. Продольное и поперечное нивелирование. Методические указания к лабораторным занятиям по курсу геодезии. – Одесса, ОГМИ, 1988. – 16 с.
11. Горобец Л.Ф. Теодолитная съёмка. Методические указания к лабораторным занятиям по курсу геодезии. – Одеса, ОГМИ, 1982. – 48 с.
12. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії. – Вінниця, УНІВЕРСУМ, 2002. – 179 с.
13. Селезньова Л.В., Балан Г.К. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни “Основи геодезії та картографії”. – Одеса, ОДЕКУ, 2004. – 57 с.
14. Селезньова Л.В., Балан Г.К. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни “Топографія з основами картографії”. – Одеса, ОДЕКУ, 2004. – 55 с.
15. Григоренко А.Г., Киселёв М.И. Инженерная геодезия. – М.: Высшая школа, 1983. – 256 с.
16. Баран П.И., Войтенко С.П. и др. Справочник по инженерной геодезии. – К.: Высшая школа, 1978. – 376 с.
17. Геодезичний енциклопедичний словник. / За ред. В. Літинського. – Львів, Євросвіт, 2001. – 667 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Азимут – 7
Алідада – 35
Бусоль – 37
Визначення: координат – 10
 висот – 26
Вимірювання: кута горизонтального – 35
 кута нахилу – 40
 перевищень – 54
Візирна вісь – 35
Горизонталь – 26
Довгота – 10
Зорова труба – 35
Карта топографічна – 4
Кут: горизонтальний – 35
 дирекційний – 7
Лімб – 35
Масштаб – 4
Нівелір – 50
Нівелювання – 51
Номенклатура карт – 24
Переріз горизонталей – 26
План місцевості в горизонталях – 30
Профіль місцевості – 29
Рамки карти – 10
Розграфлення карт – 24
Система координат – 10
Теодоліт – 35

Навчальне видання

**КОЛОДЕЄВ Євген Іванович
ГРИБ Олег Миколайович**

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ З ГЕОДЕЗІЇ

Навчальний посібник

Директор видавництва *Д. М. Островеров*
Технічний редактор *М. М. Бушин*

Підписано до друку 12.12.2006. Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 3,95.
Тираж 150 прим. Зам. № 27

Надруковано з готового оригінал-макета

Видавництво і друкарня “Екологія”
(Свідоцтво ДК № 1873 від 20.07.2004 р.)
65045, м. Одеса, вул. Базарна, 106.
Тел.: 33-07-18, 37-07-95, 37-14-25.

Колодєєв Є.І., Гриб О.М.

К 60 Лабораторний практикум з геодезії: Навчальний посібник. –
Одеса: Екологія, 2007. – 68 с.
ISBN 996–8740–30–0.

У лабораторному практикумі викладені пояснення до вирішення практичних завдань, які передбачені робочим планом цієї дисципліни, тобто: визначення по карті відстаней, напрямів ліній, координат та висот точок, вивчення основних геодезичних приладів і освоєння практичної роботи з ними.

Навчальний посібник призначено для забезпечення самостійної роботи при підготовці до занять та вирішення завдань, які наведено наприкінці кожного розділу посібника.

Навчальний посібник рекомендується для всіх напрямів та форм навчання гідрометеорологічного спрямування.

К 1802020000 – 004 Без оголош.
8740 – 2007

ББК 26.12я73
УДК 528 (075.8)

ДЛЯ НОТАТОК

