

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт
з навчальної дисципліни «Геодезія» (частина 1)
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт
з навчальної дисципліни «**Геодезія**» (**частина 1**)
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»
Протокол № 5
від «31» травня 2022 р.

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни **«Геозезія» (частина 1)** для студентів 2-го року денної форми навчання та 3-го року заочної форми навчання за спеціальністю 193 «Геозезія та землеустрій», рівень вищої освіти бакалавр / канд. геогр. наук, доц. Гриб О. М., ас. Гращенкоа Т. В. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 144 с.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
1 Лабораторна робота № 1. Огляд і компарування стрічки землемірної....	6
1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 1	6
1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 1	9
1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 1	9
2 Лабораторна робота № 2. Перевірка і юстування теодоліта.....	10
2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 2	10
2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 2	18
2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 2	18
3 Лабораторна робота № 3. Перевірка і юстування нівеліра	19
3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 3	19
3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 3	28
3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 3	28
4 Лабораторна робота № 4. Перевірки і дослідження нівелірних рейок ..	29
4.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 4	29
4.2 Практична частина до лабораторної роботи № 4	38
4.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 4	38
5 Лабораторна робота № 5. Проектування горизонтальної площини з балансом земляних робіт	39
5.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 5	39
5.2 Практична частина до лабораторної роботи № 5	43
5.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 5	44
6 Лабораторна робота № 6. Проектування похилої площини	45
6.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 6	45
6.2 Практична частина до лабораторної роботи № 6	50
6.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 6	51
7 Лабораторна робота № 7. Проектування профілю траси автодороги....	52
7.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 7	52
7.2 Практична частина до лабораторної роботи № 7	60
7.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 7	60

8 Лабораторна робота № 8. Проектування профілю пальово-рейкового водомірного поста.....	61
8.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 8	61
8.2 Практична частина до лабораторної роботи № 8	65
8.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 8	66
9 Лабораторна робота № 9. Побудова профілю поперечного перерізу річки та визначення основних морфометричних характеристик її русла.....	67
9.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 9	67
9.2 Практична частина до лабораторної роботи № 9	72
9.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 9	72
10 Лабораторна робота № 10. Визначення ширини та положення прибережних захисних смуг водних об'єктів	73
10.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 10	73
10.1.1 Терміни та законодавчі обмеження в межах прибережних захисних смуг як земель водного фонду	73
10.1.2 Обчислення ширини та меж прибережних захисних смуг річок, ставків і водосховищ	77
10.2 Практична частина до лабораторної роботи № 10	80
10.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 10	80

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 81

Додаток А. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 1	82
Додаток Б. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 4	102
Додаток В. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 5	106
Додаток Г. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 6	110
Додаток Д. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 5	124
Додаток Е. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 6	129
Додаток Ж. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 7	134
Додаток И. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 8	136
Додаток К. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 9	137
Додаток Л. Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 10	138

ВСТУП

Методичні вказівки розроблені для виконання лабораторних робіт змістовного модуля практичного *«Прикладні геодезичні вимірювання і підготовка розрахунково-графічних матеріалів»* (ЗМ-Лаб1) навчальної дисципліни **«Геодезія» (частина 1)** для студентів 2-го року денної форми навчання та 3-го року заочної форми навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр») першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дані методичні вказівки створені з метою забезпечення студентів потрібною навчально-методичною літературою для самостійної підготовки та виконання лабораторних робіт № 1-10, а також закріплення теоретичних знань отриманих під час лекційних занять. Для поглибленого вивчення матеріалу наприкінці даних методичних вказівок є список рекомендованої літератури [1-10]. Методичні вказівки складені відповідно до силлабусу навчальної дисципліни [11].

У методичних вказівках наведені рекомендації до виконання та оформлення лабораторних робіт № 1-10 (розділи 1-10) і вихідні дані до них (**Додатки А-Л**). Перед виконанням лабораторної роботи слід ознайомитися з теоретичним матеріалом, викладеним у відповідному розділі методичних вказівок, а також дати відповіді на запитання для самоперевірки. Потім виконати завдання практичної частини лабораторної роботи.

Для оцінювання лабораторних робіт № 1-10 їх потрібно оформити та захистити. Відповідно до силлабусу навчальної дисципліни оцінювання лабораторних робіт здійснюється наступним чином:

- отримання навичок виконання геодезичних вимірювань (по 4 бали) та перевірка виконання розрахунково-графічних частин (по 2 бали) лабораторних робіт (загалом по 6 балів);

- захист (у вигляді усного опитування) лабораторних робіт (по 4 бали).

Отже, кожна лабораторна робота оцінюється максимально в 10 балів, а опрацювання матеріалу ЗМ-Лаб1 оцінюється максимально в **100 балів**.

1 Лабораторна робота № 1.

Огляд і компарування стрічки землемірної

1.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 1

Під впливом часу, температури, механічних ушкоджень довжина мірного приладу в процесі його експлуатації змінюється. Тому перед початком вимірювань мірні прилади *компарують* – визначають їх фактичну довжину шляхом порівняння з *еталоном*, довжина якого визначена з дуже високою точністю.

Компарування мірних приладів виконується як на спеціальних *стаціонарних компараторах*, так і на *польових компараторах*.

Основою метрологічного забезпечення геодезичних робіт в Україні є 1000-метровий геодезичний базис комплексу УВТ5-84 (*установка вищої точності*) НВО «Метрологія» (м. Харків). УВТ5-84 – це вимірювальний комплекс вищої точності, до якого входять дволазерний віддалемір, апаратура для вимірювання метрологічних параметрів атмосфери і основний польовий компаратор, який представляє собою 6 реперів, закладених у створі на глибину 3 м. Віддалі між першим та наступним репером складають 24, 96, 288, 600 і 1000 м.

Середня квадратична похибка вимірювання контрольних ліній, які використовуються як еталонні базиси (m_d , мм), визначається за формулою:

$$m_d = (0,1 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot d), \quad (1.1)$$

де d – довжина контрольної лінії, мм.

Наприклад, для $d = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м} = 100000 \text{ см} = 1000000 \text{ мм}$ маємо: $m_d = (0,1 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot 1000000) = 1,1 \text{ мм}$, а для $d = 96 \text{ м} = 9600 \text{ см} = 96000 \text{ мм}$ – $m_d = (0,1 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot 24000) \approx 0,2 \text{ мм}$.

Для компарування мірних стрічок, рулеток та інших мірних приладів на виробництвах і в областях (регіонах) метрологічні служби мають у своєму відомстві польовий компаратор, який представляє собою базис, розміщений на рівній, твердій і відкритій поверхні, довжиною 120 м (для того, щоб можна було вкласти мірний прилад на компараторі кілька разів у прямому і зворотному напрямках). Кінці базису закріплюють металевими штирями з насічками на торцях (знаки з спеціальними мітками).

Довжину польового компаратора визначають з точністю, в 3-5 разів вищою за точність приладів, які на ньому перевіряються.

На стаціонарних компараторах є зразкові інварні жезли, довжина яких визначена з високою точністю. За допомогою цих жезлів визначають довжину компаратора, а потім, порівнюючи довжину робочого мірного приладу з довжиною компаратора, визначають довжину цього приладу.

Крім того, компарування мірної стрічки (рулетки) можна виконати шляхом порівняння її довжини із довжиною взірцевої (повіреної) стрічки або рулетки (однакового чи вищого класу точності), наприклад, у польових умовах.

Компарування мірного приладу виконується 4-10 прийомами залежно від необхідної точності.

Поправку за компарування мірного приладу ($\Delta l_{\text{ком}}$, м) обчислюють за формулою:

$$\Delta l_{\text{ком}} = (D_{\text{ком}} - D_{\text{роб}}) / n, \quad (1.2)$$

де $D_{\text{ком}}$ – довжина компаратора, виміряна з високою точністю, м;

$D_{\text{роб}}$ – довжина компаратора, виміряна робочим приладом, м;

n – кількість відкладень робочого приладу в довжині компаратора:

$$n = D_{\text{роб}} / l_0, \quad (1.3)$$

l_0 – номінальна довжина мірного приладу, м.

Поправка за компарування може бути як додатною, так і від'ємною (рис. 1.1). Якщо $D_{\text{ком}} > D_{\text{роб}}$ (або $l_{\text{ком}} > l_{\text{роб}}$), то поправка буде додатною ($+\Delta l_{\text{ком}}$), а за умови $D_{\text{ком}} < D_{\text{роб}}$ (або $l_{\text{ком}} < l_{\text{роб}}$) – від'ємною ($-\Delta l_{\text{ком}}$).

Фактична ж довжина мірного приладу (l , м) буде дорівнювати:

$$l = l_0 - \Delta l_{\text{ком}}. \quad (1.4)$$

Для тих випадків, коли довжина лінії, що вимірюється, є менша за довжину мірного приладу, визначають поправки для кожного метра шляхом порівняння метрових поділок рулетки (стрічки) з контрольним метром з ціною поділки 0,2 мм. Загальну поправку на компарування, поправки в метрові поділки і температуру компарування (зазвичай $+20^\circ\text{C}$) записують у паспорт мірного приладу та/або свідоцтво про повірку.

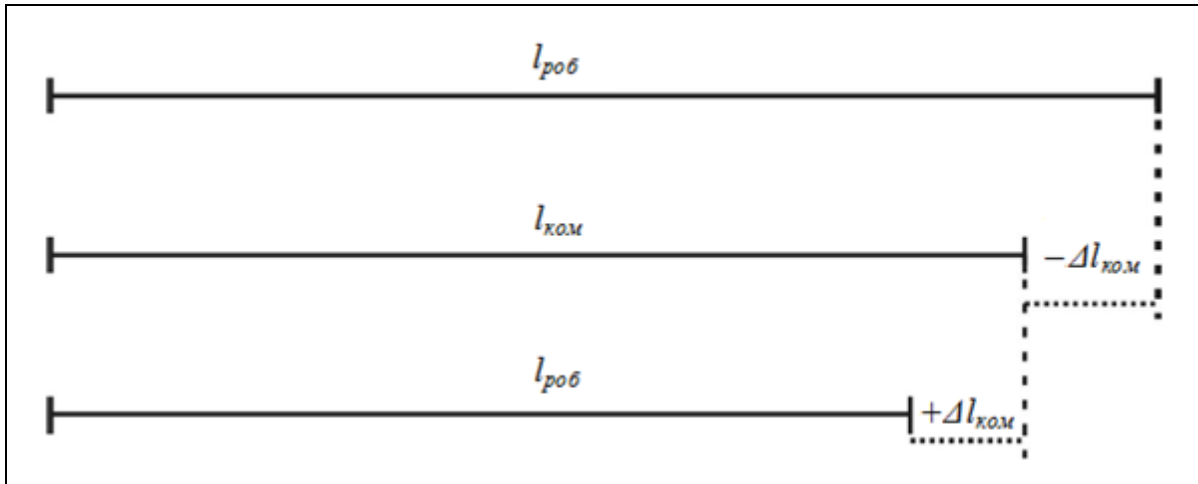


Рис. 1.1 – Схема визначення поправки за компарування

Приклад.

Нижче представлені результати огляду та компарування робочої рулетки фібергласової Stanley 34-296, III класу точності, номер 0126, номінальною довжиною $l_0 = 20$ м.

За результатами огляду встановлено, що рулетка в робочому стані.

Для компарування підготовлено базили з віддальми між першою та наступними марками 10, 20, 30, 40, 50, 60 м.

Для підготовки базили використана взірцева рулетка металева Р50УЗК, II класу точності, номер 10175, свідоцтво про перевірку законодавчо регульованого засобу вимірювальної техніки № 233-ГМ від 12.04.2021 р. (чинне до 12.10.2022 р.), номінальною довжиною $l_0 = 50$ м.

Під час компарування температура повітря дорівнювала $21,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 77%, атмосферний тиск 101,7 кПа.

Довжина компаратора $D_{\text{ком}} = 60$ м, а вимірювання робочою рулеткою дало $D_{\text{роб}} = 60,021$ м.

Рулетка вклалась:

$$n = D_{\text{ком}} / l_0 = 60 \text{ м} / 20 \text{ м} = 3 \text{ рази.}$$

Поправка за компарування дорівнює:

$$\Delta l_{\text{ком}} = (D_{\text{ком}} - D_{\text{роб}}) / n = (60 \text{ м} - 60,021 \text{ м}) / 3 \text{ рази} = -0,007 \text{ м.}$$

Фактична довжина мірного приладу дорівнює:

$$l = l_0 - \Delta l_{\text{ком}} = 20 \text{ м} - (-0,007 \text{ м}) = 20,007 \text{ м.}$$

1.2 Практична частина до лабораторної роботи № 1

Завдання 1. Виконати огляд і компарування стрічки землемірної або рулетки геодезичної згідно з своїм варіантом (див. **Додаток А**).

Завдання 2. З використанням даних вимірювань визначте поправку за компарування мірного приладу та його фактичну довжину (див. **Приклад**).

Завдання 3. Оформіть результати огляду та компарування мірного приладу, визначення поправки за його компарування і фактичної довжини.

1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 1

1. Що таке компарування мірних приладів і чим воно спричинено та з якою метою його виконують?
2. З чого складаються і чим відрізняються стаціонарні та польові компаратори?
3. Як виконується компарування мірних приладів на стаціонарних компараторах?
4. Як здійснюється компарування мірних приладів на польових компараторах?
5. Який вигляд має схема визначення поправки за компарування та як виконується компарування стрічки землемірною способом порівняння її довжини з взірцевою мірною стрічкою?

2 Лабораторна робота № 2. Перевірка і юстування теодоліта

2.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 2

Перед виконанням вимірів будь-який теодоліт необхідно перевірити.

Спочатку перевіряють комплектацію, справність роботи всіх гвинтів, виявляють механічні та інші пошкодження, які виникають при транспортуванні чи неправильному зберіганні. Після цього виконують перевірки теодоліта, які дають можливість виявити й усунути (або врахувати) неточності у взаємному розташуванні геометричних осей окремих його частин.

На виробництві під час проведення перевірок використовують паспорт теодоліта, який входить до комплекту будь-якого приладу. Для теодолітів серії ТЗ0 точність відліку становить 30". Для даних теодолітів проводять наступні основні перевірки, які викладені нижче.

Перевірка 1. *Вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта (рис. 2.1).*

Встановлюють теодоліт на штатив. Після цього розташовують циліндричний рівень за напрямком двох піднімальних гвинтів «А» і «В» та приводять бульбашку рівня в нуль-пункт (рис. 2.2, положення 1). Далі повертають прилад на 90° і поворотом третього піднімального гвинта «С» знову виводять бульбашку рівня у нуль-пункт (рис. 2.2, положення 2). Потім повертають алідаду теодоліта ще на 90° (рис. 2.2, положення 3).

Якщо бульбашка рівня змістилась від нуль-пункту не більш ніж на одну поділку, то дана перевірка виконана. В іншому випадку виконують юстування приладу. Для цього у положенні 3 (рис. 2.2) виправними гвинтами рівня за допомогою шпильки (рис. 2.3) встановлюють бульбашку на половину дуги її відхилення від нуль-пункту, а на другу половину (до переміщення бульбашки у нуль-пункт) – піднімальними гвинтами «А» та «В». Після виправлення перевірку повторюють знову (зазвичай 3-4 рази).

Виконання перевірки циліндричного рівня при алідаді теодоліту забезпечує можливість виконання всіх інших перевірок приладу, які виконують при вертикальному положенні головної осі обертання теодоліта, тобто в робочому положенні приладу.

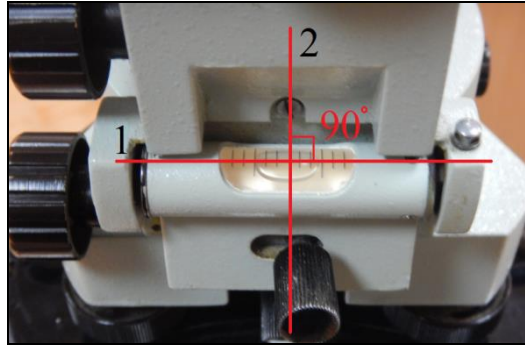


Рис. 2.1 – Перевірка перпендикулярності осі циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга (1) до вертикальної осі обертання теодоліта (2)

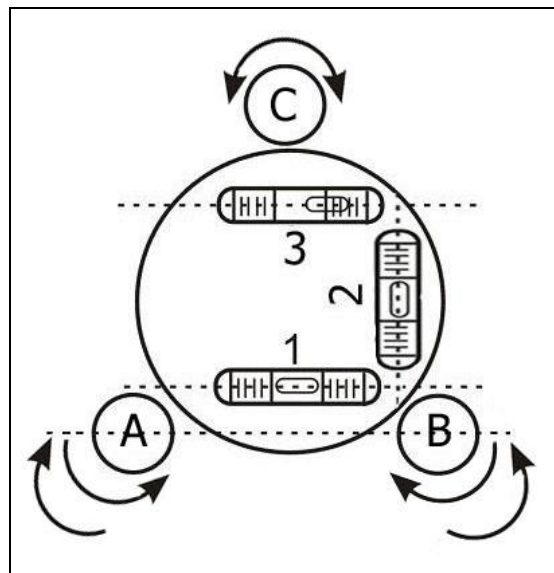


Рис. 2.2 – Перевірка циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга теодоліта: 1, 2, 3 – положення циліндричного рівня між піднімальними гвинтами А, В та С; стрілки – напрямки обертання гвинтів

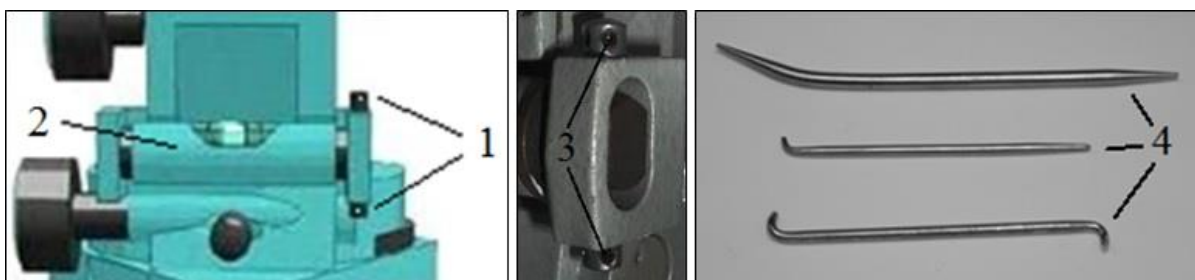


Рис. 2.3 – Виправні гвинти циліндричного рівня при алідаді теодоліта: 1 – циліндричний рівень; 2 – виправні (юстувальні) гвинти; 3 – отвори для шпильок; 4 – шпильки для юстування

Перевірка 2. *Горизонтальна нитка сітки ниток зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання теодоліта.*

При проведенні даної перевірки найбільш надійним є використання виска. Теодоліт приводять у робоче положення і на відстані 5-15 м, у захищеному від вітру місці, підвішують нитковий висок та наводять зорову трубу на нитку виска.

Якщо вертикальна нитка сітки ниток співпадає з ниткою виска, то перевірка виконана (рис. 2.4, а). Якщо вертикальна нитка сітки не співпадає з ниткою виска (рис. 2.4, б), то перевірка не виконана, тому далі виконують виправлення (юстування).

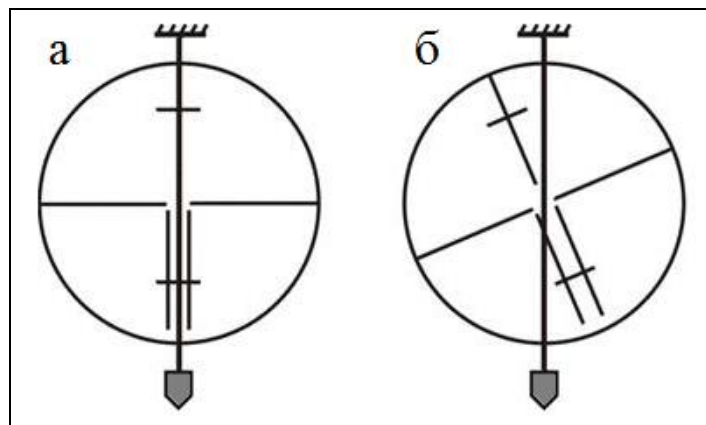


Рис. 2.4 – Перевірка сітки ниток:

а – перевірка виконана; б – перевірка не виконана

Згідно з паспортом теодоліту дану перевірку також можна виконати наступним способом. Закріплюють теодоліт на штативі і приводять прилад у робоче положення. Наводять зорову трубу на візирну цілі (наприклад, точку на стіні) та суміщають зображення даної цілі з лівим кінцем горизонтального штриха сітки ниток. Далі, обертаючи навідний гвинт алідади, прослідковують чи співпадає зображення цілі з правого кінця горизонтального штриха сітки ниток. Якщо воно не співпадає, більш ніж на три ширини штриха, то перевірка не виконана і виконують юстування.

Юстування здійснюють поворотом сітки ниток на потрібну кутову величину.

Для юстування відкручують ковпачок в окулярній частині зорової труби (шляхом його обертання проти часової стрілки) і послаблюють чотири закріпні гвинти діафрагми сітки ниток (рис. 2.5).

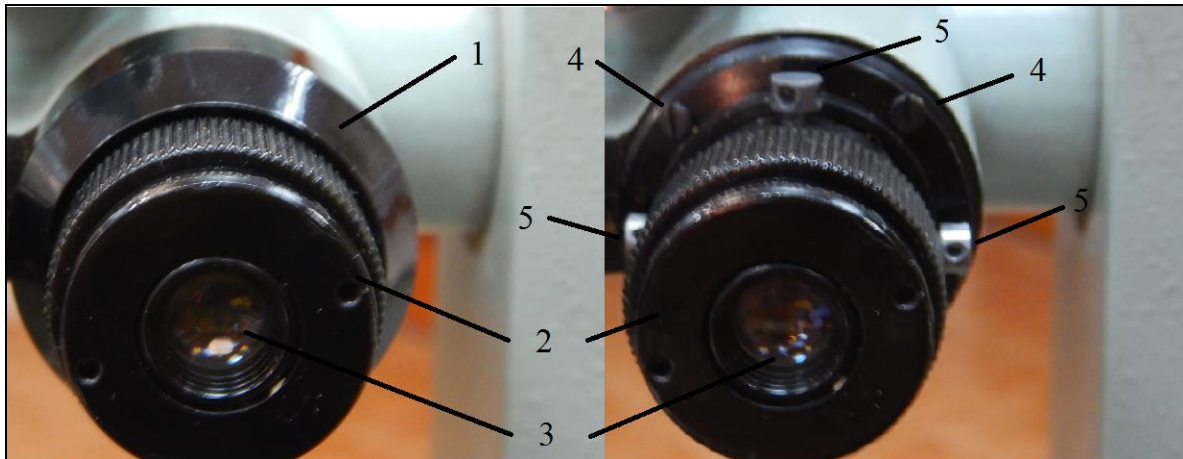


Рис. 2.5 – Юстування сітки ниток шляхом повороту діафрагми сітки ниток:
 1 – ковпачок в окулярній частині зорової труби; 2 – діоптрійне кільце;
 3 – окуляр зорової труби; 4 – закріпні гвинти діафрагми сітки ниток;
 5 – вертикальні та горизонтальні виправні гвинти сітки ниток

Після цього повертають сітку ниток так, щоб вертикальна нитка співпадала з лінією виска (рис. 2.4, а) або щоб відхилення зображення цілі (точки на стіні) відносно правого кінця горизонтального штриха сітки ниток зменшилося у два рази, у випадку, коли дана перевірка виконується згідно з паспортом теодоліту.

Далі закріплюють гвинти і прикручують ковпачок (шляхом його обертання за ходом часової стрілки).

Після виправлення перевірку повторюють знову.

Перевірка 3. Візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярна до осі обертання зорової труби або визначення колімаційної похибки (рис. 2.6).

Приводять теодоліт в робоче положення. На місцевості вибирають віддалену, добре видиму та фіксовану точку (наприклад, точку на стіні) і наводять на неї зорову трубу при КП. Знімають відлік з горизонтального круга КП₁. Далі відкріплюють закріпні гвинти алідади горизонтального круга та зорової труби, переводять трубу через зеніт і при КЛ наводять її на ту ж саму точку, що і при КП. З горизонтального круга знімають відлік КЛ₁. У теодолітів серії Т30 з метою виключення ексцентриситету алідади (неспівпадіння осей обертання лімба і алідади), необхідно повернути лімб приблизно на 180°. Дана операція виконується за допомогою закріпного гвинта лімба. Відкріплення та обертання лімба необхідно провести після взяття відліків КП₁ та КЛ₁. Після зміщення і закріплення лімба повторюють наведення на цю ж точку і знімають відліки КП₂ і КЛ₂.

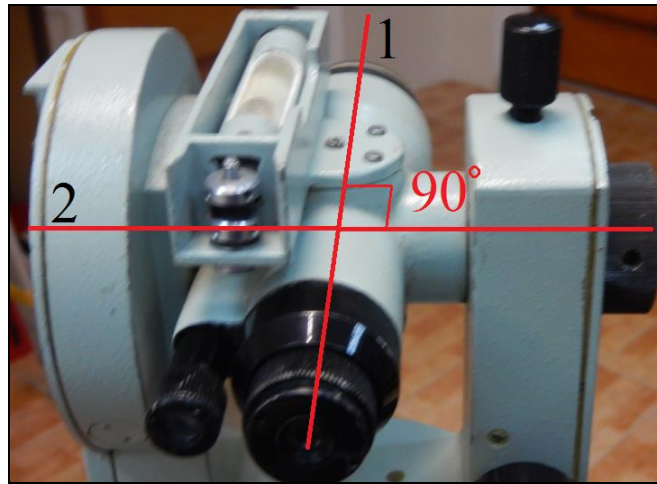


Рис. 2.6 – Перевірка перпендикулярності візирної осі зорової труби до осі обертання зорової труби (або визначення колімаційної похибки):

1 – візирна вісь зорової труби; 2 – вісь обертання зорової труби

За отриманими відліками з горизонтального круга обчислюють колімаційну похибку c за формулою:

$$c = [(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)]/4. \quad (2.1)$$

Якщо $c \leq 1'$, то перевірка виконана. Зазначена вимога (допустима похибка $c \leq 1'$ – подвійна точність взяття відліку в одному прийомі при вимірюванні горизонтального кута, тобто $c = 30'' \times 2 = 1'$) справедлива лише для теодолітів серії Т30. Наприклад, для теодоліту 2Т5К допустимою колімаційною похибкою буде $c = 5'' \times 2 = 10''$.

Якщо ж $c > 1'$, то виконують виправлення (юстирування) приладу. Для цього обчислюють відлік за горизонтальним кругом, при якому візирна вісь зорової труби була б перпендикулярна до осі її обертання, за однією з формул:

$$КЛ_0 = КЛ_2 - c \quad \text{або} \quad КП_0 = КП_2 + c. \quad (2.2)$$

Далі, обертаючи навідний гвинт аліади горизонтального круга, встановлюють в мікроскопі визначений відлік $КЛ_0$ (або $КП_0$). При цьому центр сітки ниток зміститься зі спостережуваної точки ліворуч чи праворуч на кут c (рис. 2.6).

Після цього знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби, який закриває доступ до виправних гвинтів сітки ниток (рис. 2.5).

Далі, попередньо послабивши верхній виправний гвинт, обертають по черзі правий і лівий виправні гвинти, які розташовані горизонтально (один відкручують, а другий закручують за допомогою шпильки), пересуваючи пластинку з сіткою ниток горизонтально так, щоб центр сітки співпадав із зображенням предмету.

Перевірку повторюють доти, поки колімаційна похибка теодоліта не буде менша його подвоєної точності.

Під час виправлення колімаційної похибки через небезпеку пошкодження пластинки сітки ниток треба бути особливо уважним. Суворо заборонено накручування виправного гвинта не відпустивши протилежний.

Перевірка 4. Горизонтальна вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі теодоліта (рис. 2.7).

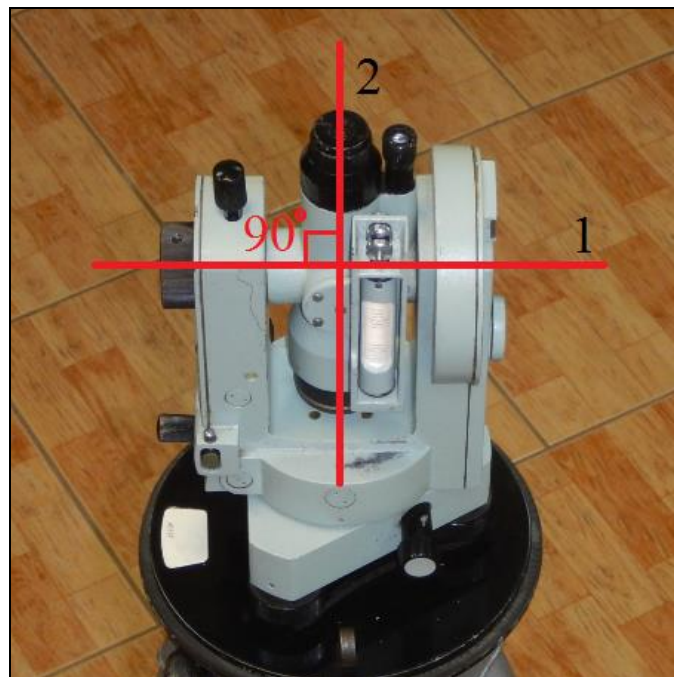


Рис. 2.7 – Перевірка перпендикулярності горизонтальної осі обертання зорової труби до вертикальної осі теодоліта: 1 – горизонтальна вісь обертання зорової труби теодоліта; 2 – вертикальна вісь теодоліта

Виконання даної перевірки гарантується виробником теодолітів, але її виконання є обов'язковим. Встановлюють теодоліт на відстані 2-3 м від стіни будинку (рис. 2.8). Приводять його в робоче положення і наводять центр сітки ниток на точку М (або на перехрестя закріпленої марки), яка розташована в верхній частині стіни (під кутом 25-30° до горизонту).

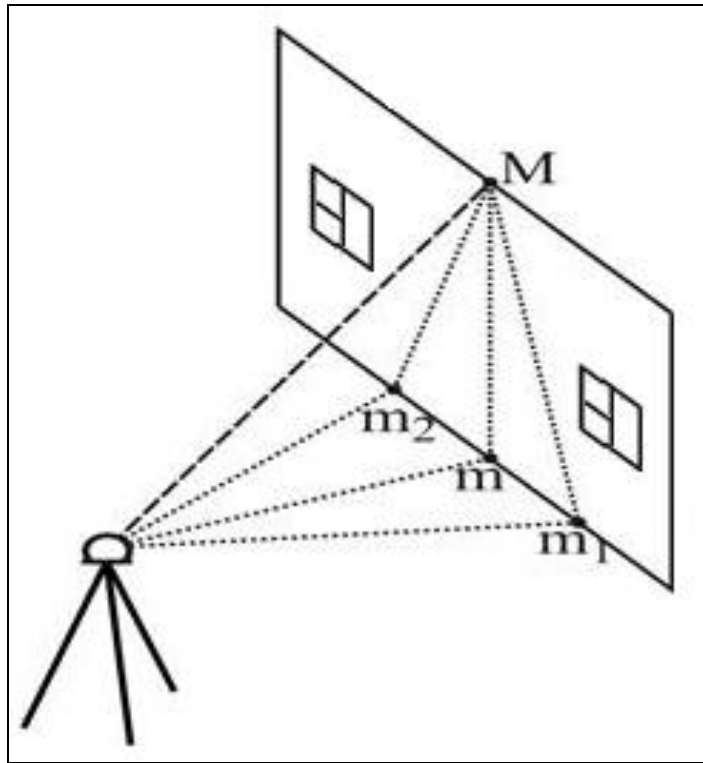


Рис. 2.8 – Схема виконання перевірки перпендикулярності горизонтальної осі обертання зорової труби до вертикальної осі теодоліта

Далі за допомогою зорової труби теодоліта проєктують точку вниз на висоту приладу (до значення кута приблизно $\pm 1^\circ$ до горизонту) і позначають на стіні точкою m_1 її проєкцію (закріплюють другою маркою).

Після цього повертають алідаду на 180° і знову наводять центр сітки ниток на верхню точку M , а далі нахиляють зорову трубу вниз і проєктують точку вниз, позначаючи на стіні точкою m_2 її проєкцію. Потім визначають відхилення позначених точок m_1 та m_2 (перехресть марок) відносно середини бісектора сітки ниток.

Якщо обидві точки проєкції співпадають або знаходяться в межах бісектору сітки ниток (ширина якого відповідає нахилу горизонтальної осі, який дорівнює $30''$), то перевірка виконана.

Якщо відхилення є більшим ніж ширина бісектору, то потрібне виправлення (юстування).

У теодолітах серії Т30 виправлення (юстування) рекомендується виконувати в спеціальних майстернях за допомогою виправних гвинтів, розміщених на підставці труби. Юстування в майстерні здійснюють шляхом встановлення під одну із сторін підставки осі зорової труби підкладки потрібної товщини.

Примітка до перевірки 4.

Якщо вимірювання виконуються повними прийомами, тобто при двох положеннях вертикального круга теодоліта – КЛ та КП, то нахил горизонтальної осі не впливає на результати вимірювань і в теодолітах, які знаходяться в експлуатації, його значення можна допускати до 1'.

Перевірка 5. *Місце нуля вертикального круга повинно бути постійним і близьким до нуля.*

До перевірок теодоліту також відносять знаходження місця нуля. Місце нуля (МО) – це відлік за вертикальним кругом, коли візирна вісь зорової труби горизонтальна і бульбашка циліндричного рівня при вертикальному крузі (ВК) знаходиться в нуль-пункті (тобто, візирна вісь зорової труби і вісь циліндричного рівня при ВК горизонтальні).

Виконання перевірки здійснюється наступним чином. Встановлюють теодоліт на місцевості і приводять у робоче положення. Вибирають на місцевості чітко видиму точку і наводять центр сітки ниток на цю точку при двох положення ВК. При цьому необхідно зафіксувати положення нулів алідади вертикального круга. В залежності від конструкції теодоліта, нулі фіксуються за допомогою циліндричного рівня при ВК, компенсатора (пристрою для встановлення нулів алідади у відповідне положення). Для деяких конструкцій теодолітів за допомогою циліндричного рівня при горизонтальному крузі.

Маючи два відліки з ВК, а саме КЛ і КП, в залежності від конструкції теодоліта і оцифрування вертикального круга, обчислюють значення МО. Для теодоліта 2Т30П:

$$МО = (КЛ + КП) / 2. \quad (2.3)$$

При незначних значеннях МО (до 1' – для теодолітів серії Т30) – він враховується в обчисленнях вертикальних кутів:

$$\nu = КЛ - МО \quad \text{та/або} \quad \nu = МО - КП. \quad (2.4)$$

При великих значеннях МО (більше 1' – для теодолітів серії Т30) встановлюють відлік ν за допомогою навідного гвинта вертикального круга. Сітка ниток при цьому зійде з точки наведення вверх чи вниз. Для юстування знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби (рис. 2.5), послабивши горизонтальні виправні гвинти, вертикальними виправними гвинтами сітки ниток наводять її центр на ту ж саму точку при відліку ν .

Після юстування необхідно знову повторити перевірку МО і колімаційної похибки. Допустимі значення МО вказуються в паспорті теодоліту. При визначенні МО для теодолітів з рівнем при вертикальному крузі його бульбашку виводять на середину перед зняттям відліку.

2.2 Практична частина до лабораторної роботи № 2

Завдання 1. Виконайте огляд і необхідні перевірки теодоліта 2Т30П за встановленою формою (див. **Додаток Б**, табл. Б.1).

Завдання 2. З використанням результатів виконання огляду і перевірок теодоліта 2Т30П (див. **Додаток Б**, табл. Б.2) визначте потребу у юстуванні та надайте опис кожного з необхідних виправлень приладу.

Завдання 3. Оформіть результати огляду, перевірки та юстування теодоліта 2Т30П шляхом внесення даних у форму встановленого зразка (див. **Додаток Б**).

2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 2

1. Що таке перевірка теодоліту та в чому полягає суть його юстування?
2. Які операції включає перевірка теодоліту серії Т30 для виявлення та виправлення похибок через порушення геометричної схеми теодоліта?
3. В якій послідовності виконуються перевірки теодоліту серії Т30?
4. За результатами виконання якої перевірки теодоліту серії Т30 для його юстування (з метою виправлення похибки на місці) не потрібно знімати ковпачок в окулярній частині зорової труби?
5. За результатами виконання якої перевірки теодоліта серії Т30 визначають несправність, яку можна виправити лише в спеціалізованих майстернях?

3 Лабораторна робота № 3. Перевірка і юстування нівеліра

3.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 3

Перед нівелюванням необхідно провести зовнішній огляд нівеліра, перевірити плавність обертання приладу, відсутність помітних коливань окулярного коліна зорової труби, справність рівнів, виправних та закріпних гвинтів, відсутність окислення на металевих частинах нівеліра, міцність штатива, а також стан упаковки і комплектацію запасних частин і приладдя. Після цього в обов'язковому порядку виконують перевірки нівеліра в послідовності, яка представлена нижче.

Крім того, нівелір повинен обертатись навколо вертикальної осі вільно і плавно. Якщо умова не виконується, то верхню частину приладу звільняють і знімають. Після цього чистять вісь і втулку та змазують вісь. Верхню частину приладу повертають і закріплюють.

Нижче надані пояснення щодо перевірки та юстування нівелірів з циліндричним рівнем при зоровій трубці (на прикладі нівеліра Н-3).

Перевірка 1. *Вісь круглого (сферичного) рівня KK_1 повинна бути паралельною осі обертання нівеліра ZZ_1 (рис. 3.1 та 3.2).*

За допомогою трьох піднімальних гвинтів нівеліру (спочатку А та В, а потім – С) бульбашку круглого рівня приводять в нуль-пункт (рис. 3.3, положення 1). Повертають нівелір на 180° (рис. 3.3, положення 2). Якщо бульбашка залишилась на середині (рис. 3.4, а), то перевірка виконана, а якщо виходить з середини круга (рис. 3.4, б), то виконують виправлення.

Для виправлення бульбашку повертають до нуль-пункту на половину дуги відхилення виправними гвинтами круглого рівня за допомогою шпильки (рис. 3.5), а решту – піднімальними гвинтами.

Після виправлення дану перевірку нівеліра повторюють знову.

Перевірка 2. *Перевірка правильності встановлення сітки ниток.*

Горизонтальна нитка сітки ниток зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання нівеліра ZZ_1 (або вертикальна нитка сітки повинна бути паралельною до осі обертання нівеліра).

Встановлюють нівелір в робоче положення. На віддалі 20-30 м від приладу підвішують висок і наводять на нитку виска вертикальну нитку сітки, яка повинна збігатися з ним, тоді умова виконується (рис. 3.6, а).

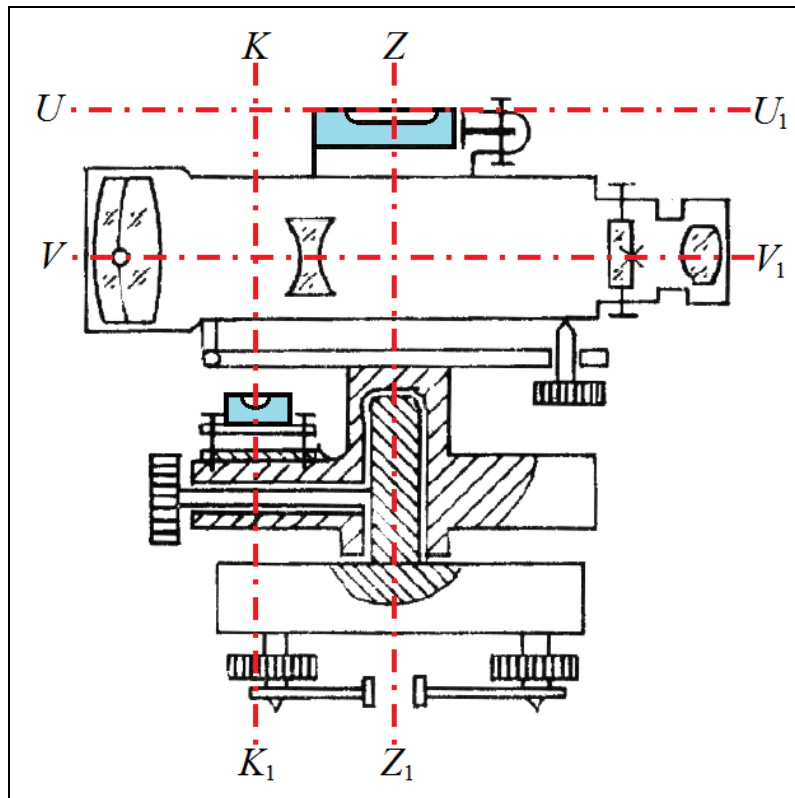


Рис. 3.1 – Схема основних осей нівеліра Н-3:
 VV_1 – візирна (основна) вісь труби; ZZ_1 – вертикальна вісь обертання нівеліра; UU_1 – вісь циліндричного рівня; KK_1 – вісь круглого рівня



Рис. 3.2 – Перевірка паралельності осі круглого (сферичного) рівня до осі обертання нівеліра: 1 – вісь круглого рівня; 2 – вісь обертання нівеліра

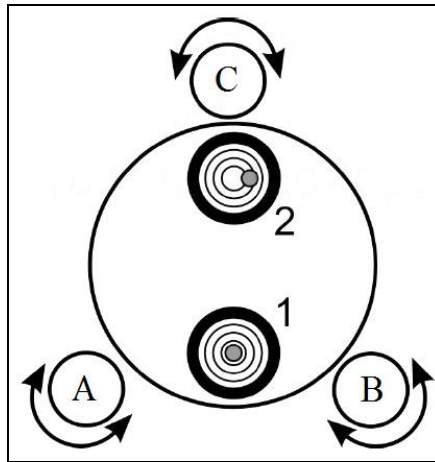


Рис. 3.3 – Перевірка круглого рівня нівеліра



Рис. 3.4 – Результати перевірки круглого рівня нівеліра:
а – умова виконана; б – умова не виконана



Рис. 3.5 – Виправлення (юстування) круглого рівня за допомогою шпильки

Якщо вертикальна нитка сітки ниток не співпадає з ниткою виска (рис. 3.6, б), то виконують виправлення.

Юстування рекомендується виконувати в приміщенні. Для цього знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби (рис. 3.7, а, б) і відпускають три закріпні гвинти (рис. 3.7, в, г), за допомогою яких кріпиться окуляр до труби.

Після цього повертають сітку ниток так, щоб вертикальна нитка співпадала з лінією виска (рис. 3.7, д). Не закріплюючи гвинтів перевіряють положення сітки ниток (рис. 3.7, ж). При збіганні ниток закріплюють гвинти та ковпачок в окулярній частині зорової труби. Після виправлення перевірку повторюють.

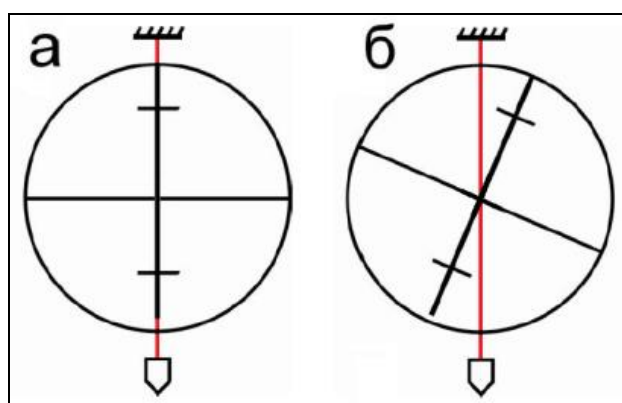


Рис. 3.6 – Перевірка правильності встановлення сітки ниток:

а – умова виконана; б – умова не виконана

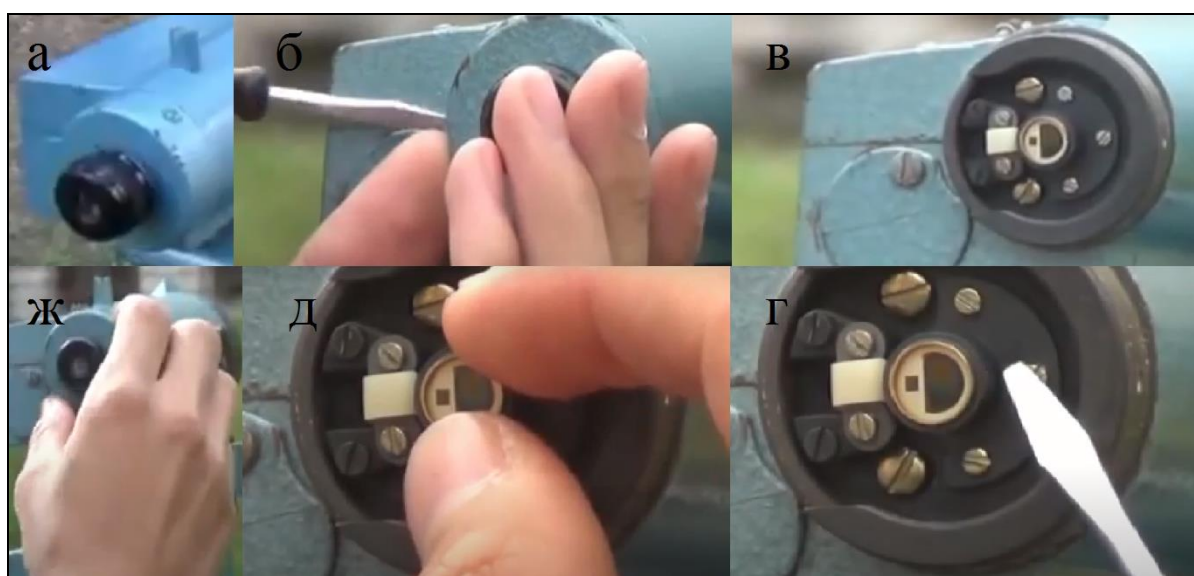


Рис. 3.7 – Виправлення сітки ниток: а, б, в, г, д, ж – етапи юстування

Перевірка 3. Перевірка головної умови нівеліра.

Вісь циліндричного рівня UU_1 повинна бути паралельною візирній осі зорової труби VV_1 . Для перевірки цієї умови використовують два способи (прийоми), які викладені нижче за текстом. В обох способах з використанням приладів для лінійних вимірювань на відстані 50-75 м в точках А і В (рис. 3.8 та 3.9) забивають кілочки з цвяхами, що мають капелюхи з сферичною поверхнею (або іншим способом фіксують точки).

Спосіб 1. Згідно з паспортом нівеліра перевірку виконують подвійним нівелюванням точок А і В способом «вперед». Спочатку нівелір встановлюють у робоче положення в точці А (рис. 3.8, а) так, щоб окуляр зорової труби був в притул до рейки. Вимірюють висоту нівеліра i_A . Потім беруть відлік b з чорного боку рейки, встановленої в точці В.

Міняють місцями нівелір і рейку (рис. 3.8, б). Після встановлення нівеліра у робоче положення в точці В спочатку, не змінюючи фокус зорової труби, беруть відлік a з чорного боку рейки, встановленої в точці А, а далі вимірюють висоту нівеліра i_B .

Якщо візирна вісь зорової труби і вісь циліндричного рівня не паралельні та складають між собою в проекції на прямокутну площину деякий кут i (рис. 3.8), то відліки a і b будуть помилковими на якусь величину x . З рис. 3.8 видно, що безпомилкові (справжні) відліки з рейок, відповідно будуть дорівнювати:

$$a' = a - x \quad \text{та} \quad b' = b - x. \quad (3.9)$$

Отже, перевищення h точки В над точкою А, отримане двічі з урахуванням фактичних відліків, буде дорівнювати:

$$h = i_A - b' = i_A - (b - x) \text{ – на станції А,} \quad (3.10)$$

$$h = a' - i_B = (a - x) - i_B \text{ – на станції В.}$$

У зв'язку з тим, що на обох станціях визначалось одне і теж саме перевищення h , то маємо:

$$i_A - (b - x) = (a - x) - i_B, \quad (3.11)$$

звідки похибка x відліку по рейці через недотримання головної умови нівеліра буде дорівнювати:

$$x = 0,5 \cdot [(a + b) - (i_A + i_B)]. \quad (3.12)$$

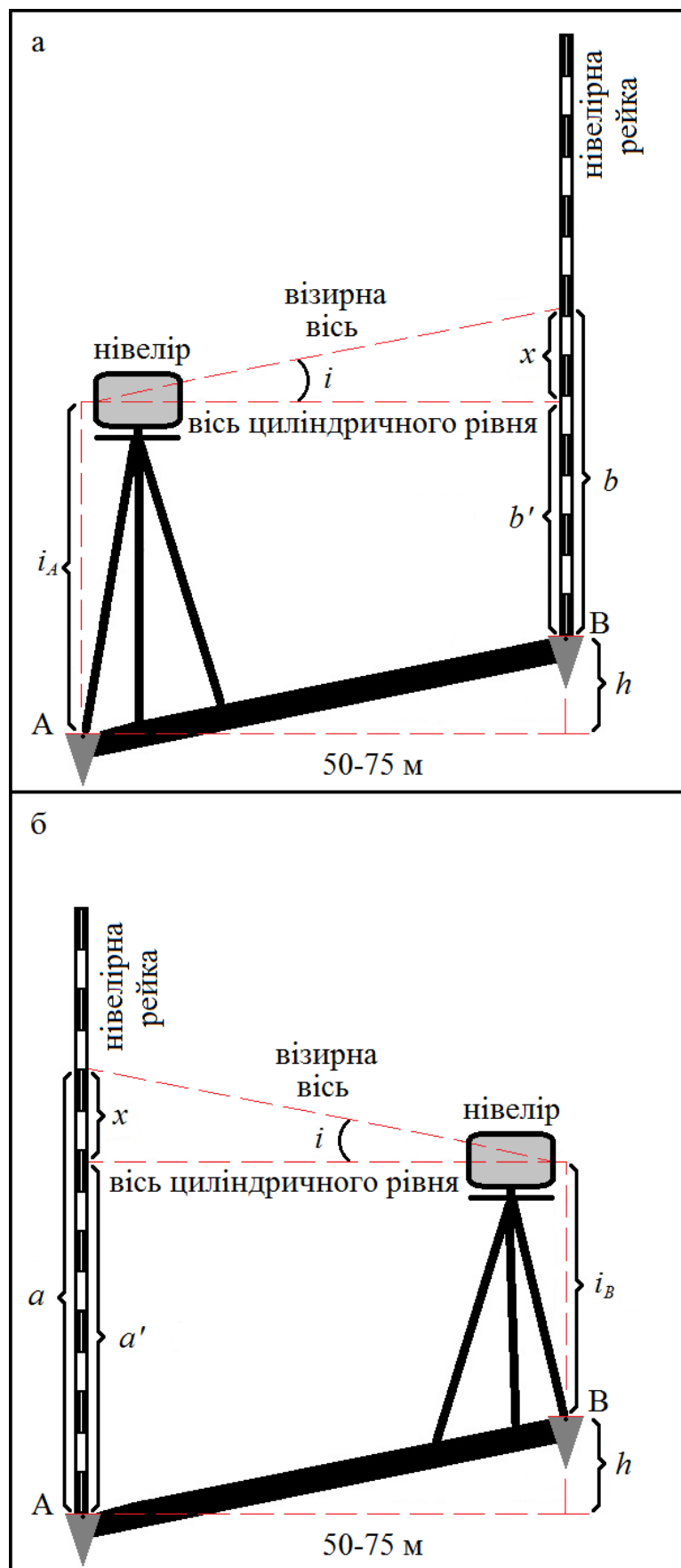


Рис. 3.8 – Схема перевірки головної умови нівеліра першим способом

Величини a , b , i_A , i_B вимірюють в міліметрах. Похибка x може бути як зі знаком «+», так і зі знаком «-».

Кут i (рис. 3.8) обчислюється за формулою:

$$i = \rho'' \cdot x / 2d, \quad (3.13)$$

де d – горизонтальне прокладення між точками А і В, мм;

ρ'' – перевідний коефіцієнт ($\rho'' = 206265''$ – радіан).

Якщо величина кута i перевищує $15''$ у точних і $45''$ у технічних нівелірів, то виправляють непаралельність осей. Наприклад, для нівеліра Н-3 величина x не повинна перевищувати 4 мм, а величина кута i має бути не більше $10''$. У випадку перевищення цих величин похибку виправляють. Для цього в точці В за допомогою елеваційного гвинта наводять середню нитку нівеліра на правильний відлік по рейці в точці А, що дорівнює:

$$a' = a \pm x. \quad (3.14)$$

При цьому зображення кінців циліндричного рівня розійдуться. Виправними гвинтами рівня сполучають зображення кінців пухирця рівня. Після цього перевірку повторюють. Перевірку нівеліру виконують до тих пір доки x не буде менше 4 мм, а величина кута i – менше $10''$.

Спосіб 2. Перевірка виконується подвійним нівелюванням двох точок на відстані одна від одної приблизно 50-75 м (рис. 3.9).

Нівелір встановлюють посередині між точкам А і В, приводять у робоче положення та знімають відліки з чорних боків рейок, встановлених на цих точках – $a_{1\text{чорн}}$ і $b_{1\text{чорн}}$ за середнім штрихом сітки ниток (рис. 3.9, а).

Після цього рейки на точках повертають навколо своєї осі та знімають відліки за червоними боками рейок – $a_{1\text{черв}}$ і $b_{1\text{черв}}$.

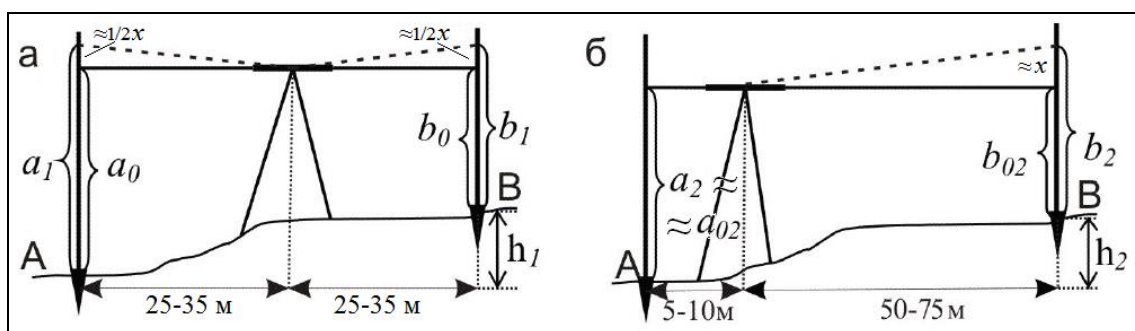


Рис. 3.9 – Схема перевірки головної умови нівеліра другим способом:
а – нівелювання при рівності плеч; б – нівелювання при нерівності плеч

За відліками обчислюють перевищення за чорним та червоним боками: від відліку за задньою рейкою (на точці А) віднімають відлік за передньою рейкою (на точці В), тобто:

$$h_{1\text{чорн}} = a_{1\text{чорн}} - b_{1\text{чорн}} \quad \text{та} \quad h_{1\text{черв}} = a_{1\text{черв}} - b_{1\text{черв}}. \quad (3.15)$$

За остаточне значення перевищення h_1 беруть середнє:

$$h_1 = (h_{1\text{чорн}} + h_{1\text{черв}})/2. \quad (3.16)$$

Після цього нівелір переносять ближче до задньої рейки так, щоб відстань до неї була приблизно 5-10 м (рис. 3.9, б). Приводять прилад у робоче положення та знімають відліки на задній і передній рейках за чорним ($a_{2\text{чорн}}$ і $b_{2\text{чорн}}$) та червоним ($a_{2\text{черв}}$ і $b_{2\text{черв}}$) боками.

Після чого обчислюють перевищення за чорним та червоним боками:

$$h_{2\text{чорн}} = a_{2\text{чорн}} - b_{2\text{чорн}} \quad \text{та} \quad h_{2\text{черв}} = a_{2\text{черв}} - b_{2\text{черв}}. \quad (3.17)$$

За остаточне значення перевищення h_2 беруть середнє:

$$h_2 = (h_{2\text{чорн}} + h_{2\text{черв}})/2. \quad (3.18)$$

Перевищення h_1 , визначене нівелюванням з середини при рівності плеч, є правильним (рис. 2.9, а):

$$h_1 = a_1 - b_1 = (a_0 + 1/2x) - (b_0 + 1/2x) = a_0 - b_0. \quad (3.19)$$

Різницю перевищень (похибку) x обчислюють за формулою:

$$x = h_1 - h_2. \quad (3.20)$$

Якщо $|x| \leq 4$ мм, то умова перевірки виконана, якщо $|x| > 4$ мм, то виконують виправлення (юстування).

Безпомилковий відлік $b_{02\text{чорн}}$ обчислюють за формулою:

$$b_{02\text{чорн}} = a_{2\text{чорн}} - h_1 \quad \text{або} \quad b_{02\text{чорн}} = b_{2\text{чорн}} - x. \quad (3.21)$$

Далі за допомогою елеваційного гвинта нівеліра середню нитку сітки встановлюють на безпомилковий відлік $b_{02\text{чорн}}$. У цьому випадку бульбашка циліндричного рівня зійде з нуля-пункту. Повертають виправні гвинти циліндричного рівня так, щоб бульбашка знову стала в нуль-пункт. Після виправлення перевірку повторюють.

Виконання цієї перевірки оформлюють у вигляді таблиці (табл. 3.1):

Таблиця 3.1 – Перевірка головної умови нівеліра Н-3, зав. № 153545

Бік рейки	Відліки		Перевищення, h , мм	Середнє перевищення, $h_{сер}$, мм
	Задня рейка	Передня рейка		
Нівелювання при рівності плеч (нівелювання «з середини»)				
Чорний	1434 (1)	1072 (2)	+362 (5)	+363 (7)
Червоний	6218 (4)	5854 (3)	+364 (6)	
П'ятка	4784 (8)	4782 (9)	—	—
Нівелювання при нерівності плеч (нівелювання «вперед»)				
Чорний	1128 (10)	0781 (11)	+347 (14)	+347 (16)
Червоний	5909 (13)	5562 (12)	+347 (15)	
П'ятка	4781 (17)	4781 (18)	—	—

Примітка: (1)-(18) – порядкові номери внесення даних до таблиці.

Згідно з даними табл. 2.1 умова перевірки $|x| \leq 4$ мм не виконується:

$$x = h_1 - h_2 = 363 - 347 = 16 \text{ мм} > 4 \text{ мм} - \text{не виконується.}$$

Тому обчислюємо безпомилковий відлік:

$$b_{02\text{чорн}} = a_{2\text{чорн}} - h_1 = 1128 - 363 = 0765.$$

Здійснюємо контроль обчислення безпомилкового відліку:

$$b_{02\text{чорн}} = b_{2\text{чорн}} - x = 0781 - 16 = 0765.$$

Обертаючи елеваційний гвинт нівеліра встановлюємо середню нитку сітки на безпомилковий відлік 0765. Виправними гвинтами циліндричного рівня нівеліра виводимо бульбашку в нуль-пункт і повторюємо перевірку.

3.2 Практична частина до лабораторної роботи № 3

Завдання 1. Виконайте огляд і необхідні перевірки нівеліра Н-3 за встановленою формою (див. **Додаток В**, табл. В.1).

Завдання 2. З використанням результатів виконання огляду і перевірок нівеліра Н-3 (див. **Додаток В**, табл. В.2) визначте потребу у юстуванні та надайте опис кожного з необхідних виправлень приладу.

Завдання 3. Оформіть результати огляду, перевірки та юстування нівеліра Н-3 шляхом внесення даних у форму встановленого зразка (див. **Додаток В**).

3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 3

1. Що таке перевірка нівеліру та в чому полягає суть його юстування?

2. Які операції включає перевірка нівелірів з циліндричним рівнем і з компенсатором для виявлення та виправлення похибок через порушення геометричної схеми нівеліра?

3. Що виконується під час візуального огляду зовнішнього стану і комплектності нівеліра та перевірки взаємодії всіх його вузлів і футляра?

4. При виконанні якої операції (перевірки) перевіряється головна умова нівеліра?

5. За результатами виконання якої перевірки нівелірів з циліндричним рівнем визначають несправність, яку рекомендується виправляти в майстерні (приміщені), а не на відкритій місцевості?

4 Лабораторна робота № 4.

Перевірки і дослідження нівелірних рейок

4.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 4

Для нівелювання III і IV класів застосовують шашкові нівелірні рейки (рис. 4.1). Їх роблять з сухих дерев'яних брусків (1) довжиною 3 м, шириною 10 см і товщиною 2 см. Щоб рейки не деформувались, до їх бокових ребер прикручують бортики (2). Основа рейки має металеву окову, яка називається п'яткою (6). Рейки мають дві ручки (3) і круглий рівень (5). Для їх перевірки на рейках установлені кронштейни і цілики (4).

Сторони рейок поділені сантиметровими поділками. На лицевій стороні дециметрові поділки підписують від 0 до 29. Лицева сторона має підписи і колір поділок чорний, а зворотня сторона – червоний.

П'ятки на чорних сторонах рейок збігаються з початком відліку, тобто з нулем. Початок червоної сторони однієї рейки позначають довільним числом, наприклад: 4687, а початок червоної сторони другої рейки позначають іншим числом, яке відрізняється від першого на 100 мм, наприклад 4787.

В комплект входить дві рейки, в яких на червоних сторонах нулі не збігаються на ± 100 мм. Написи дециметрових інтервалів робляться арабськими цифрами. Залежно від типу нівелірів, з якими буде використаний даний комплект рейок, оцифровка є пряма і обернена. Пряма оцифровка застосовується тоді, коли зорова труба нівеліра дає пряме зображення (NiB3-6, №007, Ni025 і Ni050 та інші). Обернена оцифровка застосовується, як правило, при роботі з нівелірами з циліндричним рівнем (Н-3, Н-10 та інші). Рейки бувають суцільні, складні та розкладні. Їх поділяють за точністю нівелювання. Наприклад, шифр РН-10П-3000С означає, що ця рейка нівелірна зі шкалою поділу 10 мм, підпис цифр «прямо», довжина 3000 мм, складна.

Під час нівелювання рейки встановлюють на переносні опори для нівелірних рейок – башмаки або костилі (рис. 4.2).

Якщо виконується технічне нівелювання, то замість башмаків і костилів дозволяється використовувати прості залізні костилі або дерев'яні кілки довжиною 15-20 см. На нестійких ґрунтах, особливо в болотистих місцях, рейки і нівелір ставлять на довші кілки, забиваючи їх у ґрунт.

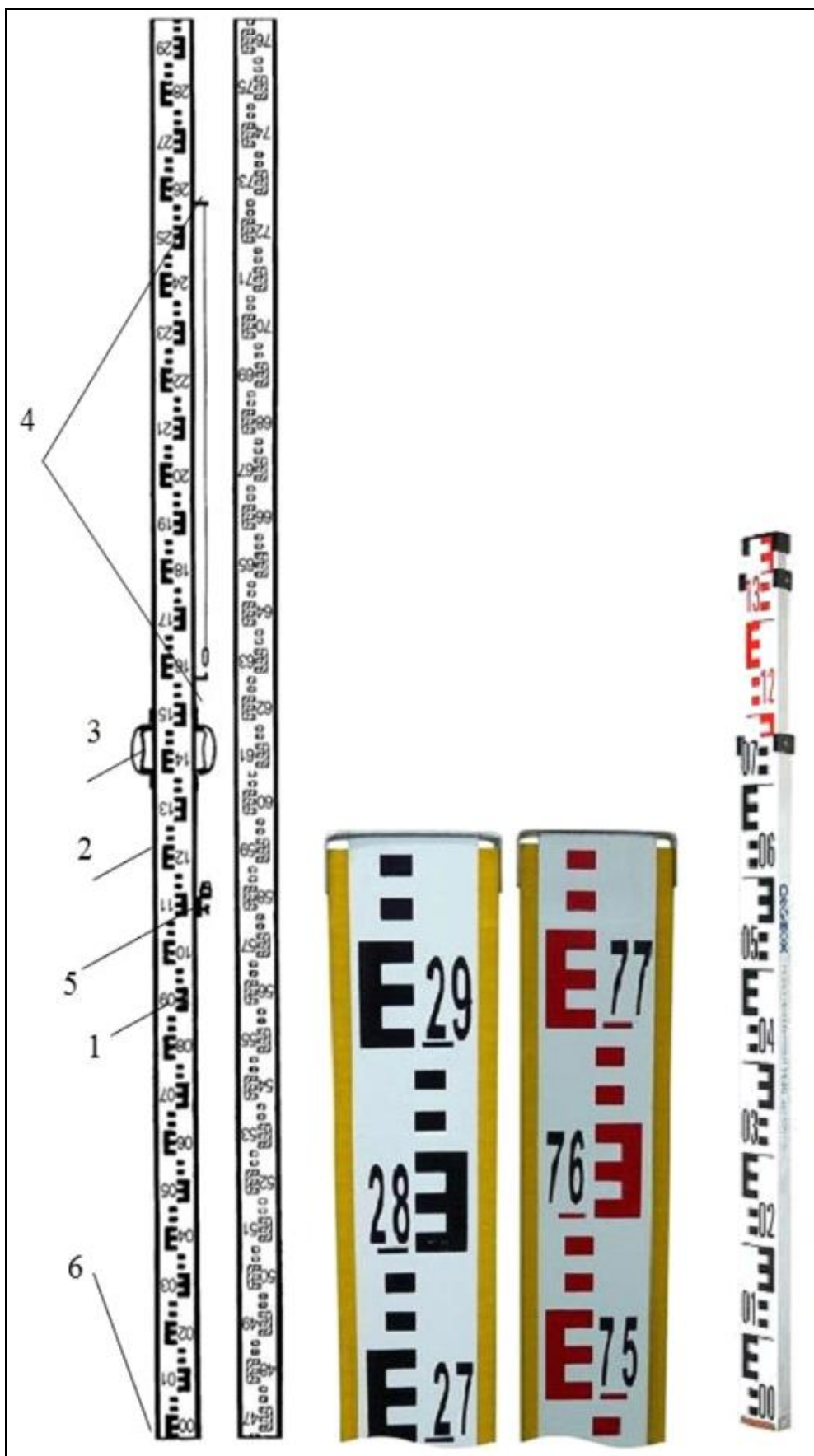


Рис. 4.1 – Нівелірна рейка (пояснення до позначень 1-6 вище за текстом)



Рис. 4.2 – Переносні опори для нівелірних рейок
(башмаки та костиль)

Під впливом зміни вологості повітря і температури довжина одного метра рейки може змінювати свою довжину. Помилки поділок рейок спотворюють вимірювання перевищень. Тому всі рейки перед виконанням і в кінці робіт підлягають перевіркам і дослідженням, які пояснені нижче.

1. Перевірка зовнішнього огляду.

Перевірку здійснюють шляхом огляду, при цьому встановлюють:

- кріплення ручок;
- якість шарнірного з'єднання і металевого кріплення п'ятки рейки;
- відповідність шкал і написів поділів типу рейки;
- яскравість та якість кольору шашок і оцифровки барвистого наповнення штрихів, шашкових поділок і цифр;
- чіткість і прямолінійність границь поділів;
- рівномірність і чистоту лакофарбових покриттів вільних полів, неробочих поверхонь і допоміжних деталей;
- відсутність дефектів, які погіршують зовнішній вигляд рейки і ускладнюють зняття відліків (на робочих поверхнях шкал рейки не повинно бути плям, тріщин, подряпин, напливів, горбів, бульбашок, відшаровування фарби), крім цього поверхня шкали не повинна давати сонячних відблисків, тобто повинна бути матова.

Маркування і комплектність рейок повинна відповідати вимогам діючих стандартів і технічних умов бо паспорта рейки.

2. Вісь шкали поділок рейки має бути прямою.

Для перевірки цієї умови рейку кладуть горизонтально на ребро, між крайніми осьовими точками шкали натягають металеву струну або нитку, відносно якої лінійкою з міліметровими поділками вимірюють три відстані a_1 , a_2 і a_3 (рис. 4.3).

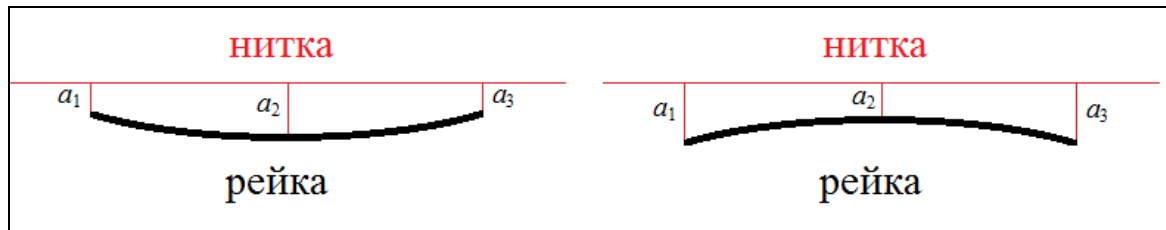


Рис. 4.3 – Схема визначення стрілки прогину рейки

Стрілку f прогину обчислюють за формулою:

$$f = a_2 - (a_1 + a_3)/2. \quad (4.1)$$

Для рейок РН-3 величина стрілки f прогину на всю довжину рейки не повинна перевищувати 6 мм.

3. Перевірка установки круглого рівня.

Вісь круглого рівня на рейці має бути паралельною осям її шкал. При проведенні дослідження повинна бути визначена паралельність осей круглого рівня та рейки (ребра рейки), тобто при знаходженні бульбашки круглого рівня в середині ампули вісь рейки повинна бути вертикальна. Перевірку правильності установки круглого рівня на рейці можна виконати двома способами: 1) за допомогою виска, підвішеного на кронштейні у вигляді гачка і штифта з вістрям, який закріплюється на рейці; 2) за допомогою вертикальної нитки нівеліра.

Спосіб 1. Рейку встановлюють прямовисно за допомогою ниткового виска, підвішеного на кронштейні на боковій грані рейки. Якщо бульбашка рівня буде знаходитися в нуль-пункті, то умова виконана, а якщо ні, то виправними гвинтами круглого рівня бульбашку приводять у нуль-пункт.

Спосіб 2. При перевірці цим способом рейку встановлюють в рейкотримач (або притуляють до стіни тощо) на відстані 20-50 м від нівеліра. Приводять вертикальну вісь нівеліра в прямовисне положення, встановлюють рейку так, щоб вісь шкали в полі зору нівеліра точно збігалася з вертикальною ниткою сітки.

При цьому бульбашка круглого рівня повинна знаходитися в нуль-пункті (в середині ампули). В іншому випадку виправними гвинтами круглого рівня приводять бульбашку на середину ампули. Після цього повертають рейку на 90° і повторюють перевірку. В цьому випадку домагаються співпадіння ребра рейки з вертикальною ниткою сітки. У разі необхідності перевірка повторюється до повного виконання.

4. П'ятка рейки має бути перпендикулярною до осей шкал рейки, а різниця висот ідентичних точок п'яток робочої пари рейок повинна дорівнювати нулю.

Обидві ці умови перевіряють одночасно. Для цього рейки даної пари по черзі встановлюють прямовисно крайніми і середньою точками п'ятки на металевий штир з напівсферичною головою, беручи кожний раз відліки по шкалах обох рейок. Таких прийомів виконують не менше 4-х.

За даними відліків обчислюють середні значення перекосів п'яток рейок і різниці висот ідентичних точок п'яток пари рейок, які для рейок РН-3 не повинні перевищувати 1 мм. Різниця відліків по червоній і чорній сторонах однієї і тієї ж рейки дає різницю нулів («п'ятку») даної рейки.

5. Дослідження точності нанесення дециметрових поділок.

Дане дослідження полягає у визначенні правильності нанесення дециметрових поділок (довжини дециметрових інтервалів) рейок. Помилка нанесення дециметрових інтервалів не повинна перевищувати $\pm 0,5$ мм для нівелювання III класу та $\pm 1,0$ мм для нівелювання IV класу. Для дослідження використовують контрольну (Женевську) лінійку (рис. 4.4).

Контрольна (Женевська) лінійка (рис. 4.4) має наступні основні характеристики:

- довжина 1020 або 1050 мм;
- з обох країв є числові позначення довжини (через 1 см);
- на одному скошеному краю є поділки через 1 мм, а на іншому – через 0,2 мм;
- на лінійці є дві лупи для знімання відліків;
- лінійка має термометр для визначення її температури (кожна лінійка має своє рівняння довжини для певної температури).

Досліджувану рейку вносять в приміщення або в тінь за дві години до дослідження і кладуть її горизонтально без прогину, а на неї кладуть контрольну лінійку і виконують дослідження, які пояснені нижче.

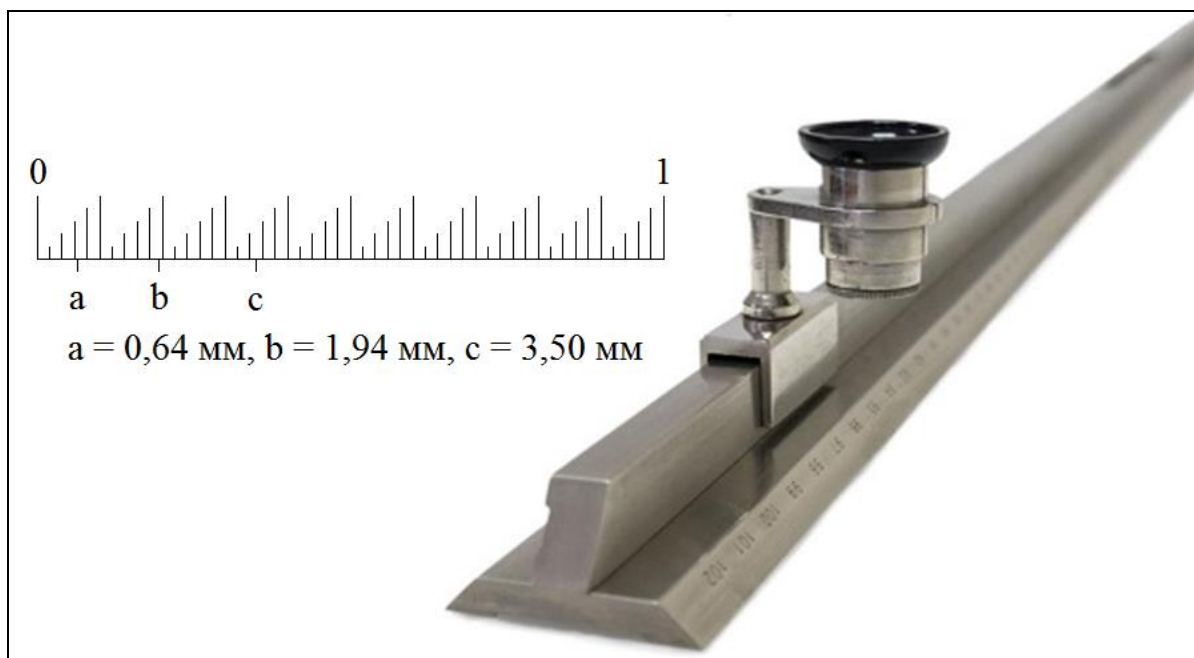


Рис. 4.4 – Контрольна лінійка (Женевська лінійка) з числовими позначеннями довжини через 1 см та поділками через 0,2 мм

Дослідження виконують по інтервалах рейок (табл. 4.1): на чорних сторонах між поділками 1-10, 10-20, 20-29 дм; на червоній стороні першої рейки – 47-56, 56-66, 66-75 дм і другої рейки – 48-57, 57-67, 67-76 дм.

Для визначення точності нанесення дециметрових поділок рейки контрольну лінійку кладуть спочатку на перший метр рейки і беруть відліки по кінцях всіх 10 дециметрів. Потім контрольну лінійку трохи зсувають і другий раз беруть відліки по кінцях всіх 10 дециметрів.

Під час дослідження довжини інтервалу від п'ятки до першого дециметра рейки для уточнення відліку штриха, який сумістився з п'яткою рейки, до п'ятки прикладають лезо безпечної бритви.

Різниці відліків свідчать про величину зсуву нормальної лінійки і ці різниці для дециметрових поділок повинні бути однаковими незалежно від точності нанесення дециметрових поділок на рейці. Зміни значення цих різниць, через особисті помилки спостерігача, в межах кожного метра рейки допускаються не більш ніж 0,10 мм. Перед початком і в кінці дослідження визначають температуру контрольної лінійки.

Випадкові похибки дециметрових інтервалів рейок не повинні перевищувати: для III класу – 0,4 мм, для IV класу – 0,6 мм.

Для дослідження довжини дециметрових інтервалів нівелірних рейок можуть бути також використані лінійка ЛПМ-1, геодезичний транспортир ТГ-А та циркуль-вимірник (рис. 4.5), які дозволяють визначати довжину з точністю 0,2 мм (точність встановлення голки циркуля-вимірника).

Таблиця 4.1 – Перевірка правильності нанесення дециметрових поділок дерев'яної рейки

Дата: 15.02.2022 р. Рейка нівелірна: РН-3-3000С, зав. № 3678 (чорна сторона).

Контрольна лінійка: № 0721, $L = 1000 + 0,01 + 0,018 (t - 16,8^{\circ}\text{C})$, мм.

$t_{\text{поч}} = +8,7^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{кін}} = +9,5^{\circ}\text{C}$

Номер дециметра	Відліки по контрольній лінійці, мм		Різниця II-I, мм	Середнє з відліків, мм	Похибка дециметрової поділки, мм	Випадкова похибка дециметрової поділки, мм
	Положення					
	I	II				
1	2	3	4	5	6	7
1	0,00	,28	0,28	0,14		
2	100,12	,45	33	100,28	+0,14	+0,12
3	200,03	,28	25	200,16	-0,12	-0,14
4	300,15	,50	35	300,32	+0,16	+0,14
5	400,08	,33	25	400,20	-0,12	-0,14
6	500,20	,50	30	500,35	+0,15	+0,13
7	600,22	,50	28	600,36	+0,01	-0,01
8	700,10	,44	34	700,27	-0,09	-0,11
9	800,14	,46	32	800,30	+0,03	+0,01
10	900,35	,65	30	900,50	+0,20	+0,18
10	0,00	,40	40	0,20		
11	100,05	,50	45	100,28	+0,08	+0,06
12	200,08	,46	38	200,27	-0,01	-0,03
13	300,03	,38	35	300,20	-0,07	-0,09
14	400,12	,52	40	400,32	+0,12	+0,10
15	500,14	,58	44	500,36	+0,04	+0,02
16	600,20	,56	36	600,38	+0,02	0,00
17	700,15	,56	41	700,36	-0,02	-0,04
18	800,18	,55	37	800,36	0,00	-0,02
19	900,17	,62	45	900,40	+0,04	+0,02
20	1000,16	,55	39	1000,36	-0,04	-0,06
20	0,00	,16	16	0,08		
21	100,16	,36	20	100,26	+0,18	+0,16
22	200,26	,40	14	200,33	+0,07	+0,05
23	300,14	,26	12	300,20	-0,13	-0,15
24	400,00	,20	20	400,10	-0,10	-0,12
25	500,04	,22	18	500,13	+0,03	+0,01
26	600,06	,26	20	600,16	+0,03	+0,01
27	700,10	,20	10	700,15	-0,01	-0,03
28	800,24	,40	16	800,32	+0,17	+0,15
29	900,18	,34	16	900,26	-0,06	-0,08
Σ=					+0,70	+0,14

Систематична похибка дециметрових поділок дорівнює: $i = 0,70/28 = 0,025$ мм.
Найбільші похибки дециметрових поділок: +0,18 та -0,15 мм.

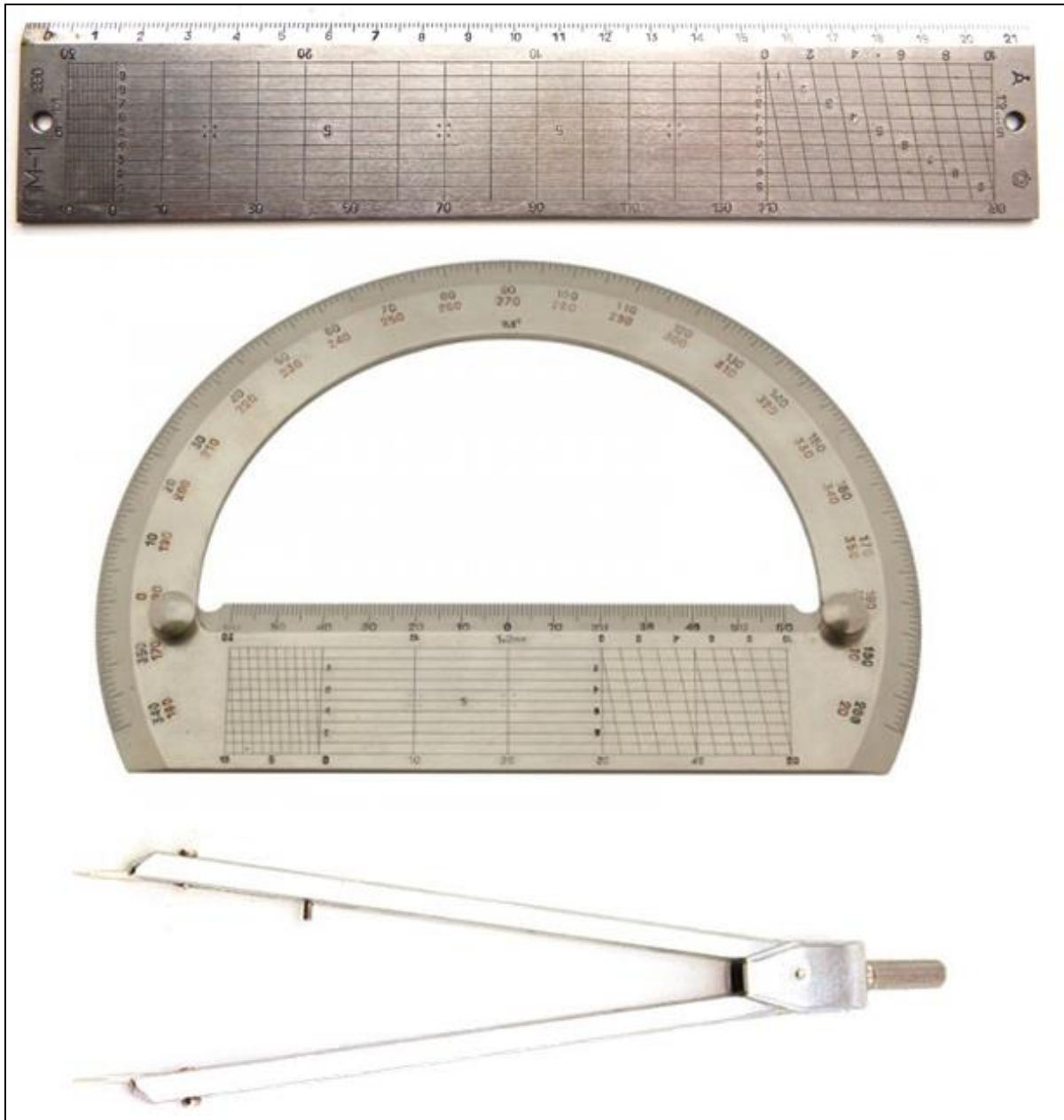


Рис. 4.5 – Лінійка ЛПМ-1 (зверху), геодезичний транспорт ТГ-А (посередині) та циркуль-вимірник (знизу)

6. Визначення середньої довжини одного метра пари рейок.

Дослідження виконують за інтервалами рейок (табл. 4.2): на чорних сторонах між поділками 1-10, 10-20, 20-29 дм; на червоній стороні першої рейки – 47-56, 56-66, 66-75 дм; другої рейки – 48-57, 57-67, 67-76 дм (в прямому і зворотному напрямках, обертаючи лінійку повертають на 180°. Перед кожним ходом записують температуру за термометром лінійки. Кожний інтервал вимірюють двічі, для цього лінійку після відліку через лупу трохи зсувають і знову беруть відліки.

Різниці однойменних метрових інтервалів, одержаних при першому і другому положеннях лінійки, не повинні перевищувати $\pm 0,10$ мм.

Вимірювання виконують з точністю до 0,02 мм. У виміряні довжини вводять поправки за приведення контрольної лінійки до температури компарування рейки і поправку за довжину лінійки. Ці поправки враховуються рівнянням контрольної лінійки, яке одержують під час компарування контрольної лінійки в геодезичній лабораторії.

Після визначення довжини метра пари рейок, в одержані за секціями перевищення вводять поправки за довжину метра пари рейок.

Відхилення метрових інтервалів рейок від номінального значення не повинно перевищувати: для III класу – 0,5 мм, для IV класу – 1,0 мм.

Таблиця 4.2 – Визначення середньої довжини метрового інтервалу дерев'яної рейки (у таблиці (1)-(10) – це порядкові номери внесення даних)

Дата: 15.02.2022 р. Рейка нівелірна: РН-3-3000С, зав. № 3678 (чорна сторона).

Контрольна лінійка: № 0721, $L = 1000 + 0,01 + 0,018(t - 16,8^{\circ}\text{C})$, мм.

Частина рейки	Відлік по лінійці, мм			Середнє Л-П, мм	Поправка за довжину лінійки та температуру, мм	Довжина частини рейки, мм
	Л	П	П-Л			
1	2	3	4	5	6	7
$t_{\text{поч}} = +8,6^{\circ}\text{C}(1)$						
1-10	0,00(2)	900,14(3)	900,14(6)			
	0,44(4)	900,54(7)	900,10(7)	900,12(8)	-0,11(9)	900,01(10)
10-20	0,10	1000,24	1000,14			
	0,36	1000,55	1000,19	1000,16	-0,12	1000,04
20-29	0,08	900,06	899,98			
	0,30	900,24	899,94	899,96	-0,11	899,85
$t = +8,7^{\circ}\text{C}$						
29-20	0,14	900,10	899,96			
	0,28	900,18	899,90	999,93	-0,11	899,82
20-10	0,00	1000,10	1000,10			
	0,50	1000,64	1000,14	1000,12	-0,12	1000,00
10-1	0,12	900,22	900,10			
	1,36	901,48	900,12	900,11	-0,11	900,00
$t_{\text{кін}} = +8,6^{\circ}\text{C}$						
Σ	3,68	11204,49	11200,81	5600,40	-0,68	5599,72

Середня довжина метрового інтервалу рейки нівелірної № 3678 по чорній стороні дорівнює: $5599,72 \text{ мм} / 5,6 \text{ м} = 999,95 \text{ мм}$.

4.2 Практична частина до лабораторної роботи № 4

Завдання 1. Виконайте огляд, перевірки та дослідження № 1, 2 та 3 рейки нівелірної РН-3-3000С (див. **Додаток Г**, рис. Г.1-Г.14).

Завдання 2. З використанням пояснень і прикладів, наведених в теоретичній частині, опишіть виконання перевірок і досліджень № 4, 5 та 6 рейки нівелірної РН-3-3000С.

Завдання 3. Оформіть результати виконання огляду, перевірки та дослідження № 1, 2, 3 рейки нівелірної РН-3-3000С згідно свого варіанту.

4.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 4

1. Які перевірки передбачені для нівелірних рейок?
2. Що перевіряють при візуальному огляді нівелірних рейок?
3. За якою схемою здійснюється визначення стрілки прогину рейки?
4. В яких таблицях оформлюються результати перевірок довжини дециметрових і метрових інтервалів нівелірних рейок та правильності нанесення дециметрових поділок дерев'яної нівелірної рейки?
5. Які граничні значення не повинні перевищувати випадкові похибки дециметрових інтервалів рейок та відхилення метрових інтервалів рейок від номінального значення, які використовуються для нівелювання III та IV класів.

5 Лабораторна робота № 5. Проектування горизонтальної площини з балансом земляних робіт

5.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 5

Вихідні дані: результати геометричного нівелювання поверхні місцевості за квадратами або аналітичного інтерполювання позначок вершин квадратів на топографічному плані місцевості (рис. 5.1).

Завдання: виконати проектування горизонтальної площини з балансом земляних робіт для розміщення забудови і підземних комунікацій, благоустрою, забезпечення транспортних зав'язків та ін., при максимальному збереженні природного середовища і мінімальному переміщенні земляних мас.

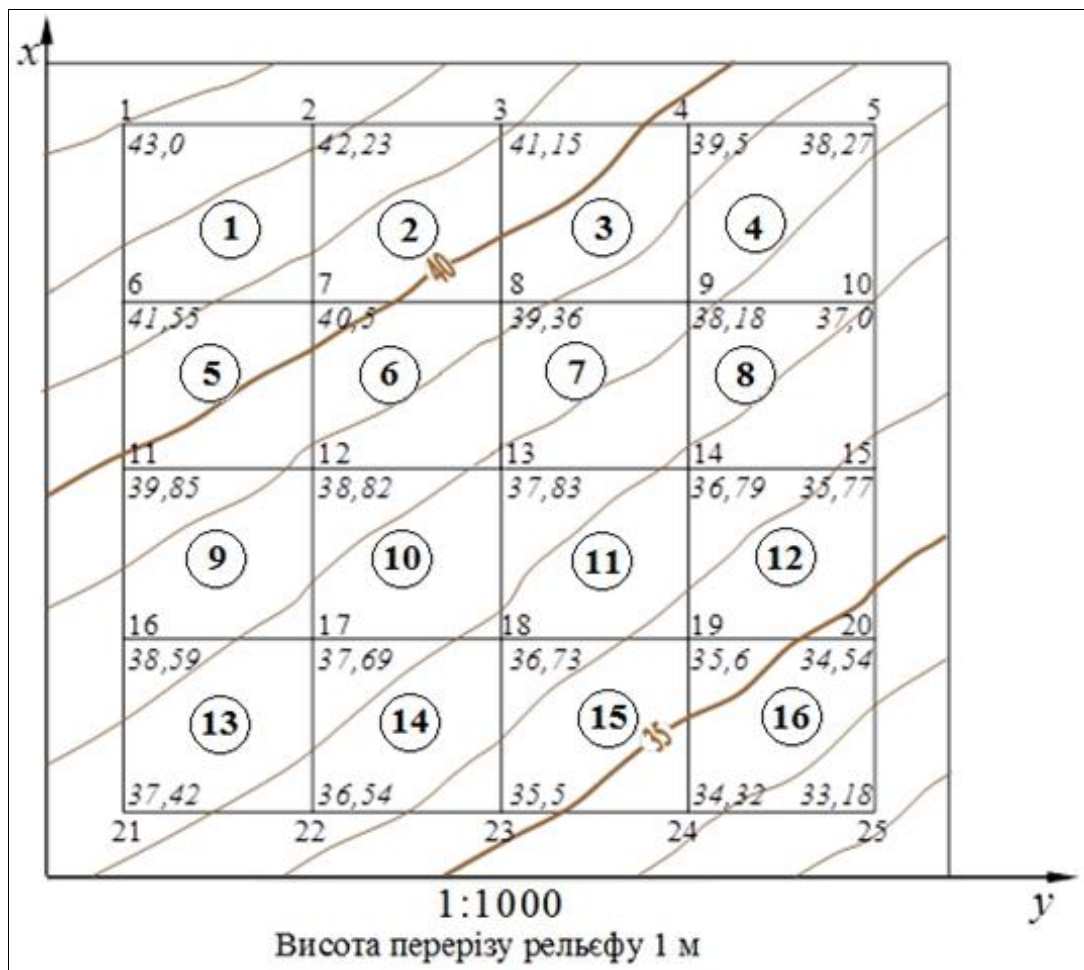


Рис. 5.1 – Топографічний план ділянки місцевості
(1-16 – номери квадратів, які обведені колами)

Етапи виконання проектування описана нижче за текстом.

1. Обчислення проектної позначки горизонтальної площини $H_{np,0}$ виконується за формулою:

$$H_{np,0} = \frac{\sum H_{\phi}^I + 2\sum H_{\phi}^{II} + 3\sum H_{\phi}^{III} + 4\sum H_{\phi}^{IV}}{4n}, \quad (5.1)$$

де $\sum H_{\phi}^I, \sum H_{\phi}^{II}, \sum H_{\phi}^{III}, \sum H_{\phi}^{IV}$ – відповідно суми фактичних позначок вершин, які належать лише до одних квадратів, одночасно до двох, трьох та чотирьох квадратів;

n – загальна кількість квадратів.

У наведеному вище прикладі (див. рис. 5.1) лише до одного квадрату належать наступні вершини: 1 (до квадрату **1**), 2 (до квадрату **4**), 21 (до квадрату **13**), 25 (до квадрату **16**).

Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать лише до одних квадратів, дорівнює:

$$\sum H_{\phi}^I = H_1 + H_5 + H_{21} + H_{25} = 43,0 + 38,27 + 37,42 + 33,18 = 151,7 \text{ м.}$$

Одночасно до двох квадратів (рис. 5.1) належать наступні вершини: 2 (до квадратів **1** та **2**), 3 (до квадратів **2** та **3**), 4 (до квадратів **3** та **4**), 6 (до квадратів **1** та **5**), 10 (до квадратів **4** та **8**), 11 (до квадратів **5** та **9**), 15 (до квадратів **8** та **12**), 16 (до квадратів **9** та **13**), 20 (до квадратів **12** та **16**), 22 (до квадратів **13** та **14**), 23 (до квадратів **14** та **15**), 24 (до квадратів **15** та **16**).

Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать одночасно до двох квадратів, дорівнює:

$$\begin{aligned} \sum H_{\phi}^{II} &= H_2 + H_3 + H_4 + H_6 + H_{10} + H_{11} + H_{15} + H_{16} + H_{20} + H_{22} + H_{23} + H_{24} = \\ &= 42,23 + 41,15 + 39,5 + 41,55 + 37,0 + 39,85 + 35,77 + 38,59 + 34,54 + 36,54 + 35,5 + \\ &+ 34,32 = 456,54 \text{ м.} \end{aligned}$$

Одночасно до трьох квадратів (рис. 5.1) не належать жодної вершини. Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать одночасно до трьох квадратів, дорівнює: $\sum H_{\phi}^{III} = 0 \text{ м.}$

Одночасно до чотирьох квадратів (рис. 5.1) належать наступні вершини: 7 (до квадратів **1, 2, 5, 6**), 8 (до квадратів **2, 3, 6, 7**), 9 (до квадратів **3, 4, 7, 8**), 12 (до квадратів **5, 6, 9, 10**), 13 (до квадратів **6, 7, 10, 11**), 14 (до квадратів **7, 8, 11, 12**), 17 (до квадратів **9, 10, 13, 14**), 18 (до квадратів **10, 11, 14, 15**), 19 (до квадратів **11, 12, 15, 16**).

Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать одночасно до чотирьох квадратів, дорівнює:

$$\begin{aligned}\sum H_{\phi}^{IV} &= H_7 + H_8 + H_9 + H_{12} + H_{13} + H_{14} + H_{17} + H_{18} + H_{19} = \\ &= 40,5 + 39,36 + 38,18 + 38,82 + 37,83 + 36,79 + 37,69 + 36,73 + 35,6 = 341,5 \text{ м.}\end{aligned}$$

Далі за формулою (5.1) отримаємо проектну позначку центра ваги площини:

$$H_{np,0} = \frac{151,7 + 2 \cdot 456,54 + 3 \cdot 0 + 4 \cdot 341,5}{4 \cdot 16} = \frac{2430,95}{64} = 37,98 \text{ м.}$$

2. Обчислення робочих позначок h_i (м) вершин квадратів, при проектуванні похилої площини, виконують за формулою:

$$h_i = H_{np,i} - H_{\phi,i} \quad (5.2)$$

Наприклад, для вершин 1 та 25 робочі позначки будуть, відповідно, дорівнювати:

$$h_1 = 37,98 - 43,0 = -5,02 \text{ м} \quad \text{та} \quad h_{25} = 37,98 - 33,18 = +4,80 \text{ м.}$$

Величини робочих позначок записують червоним кольором біля відповідних вершин квадратів на картограмі земляних робіт (рис. 5.2).

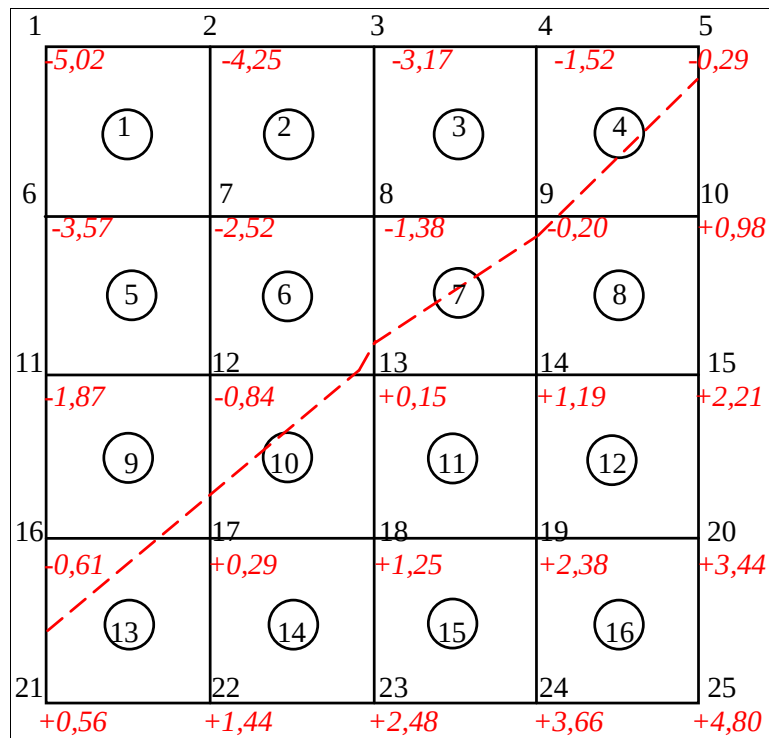


Рис. 5.2 – Картограма земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини у масштабі 1:1000 (----- лінія нульових робіт)

3. Відстані від вершин квадратів до точок нульових робіт x_i та x_j , які розташовані на сторонах квадратів між вершинами i та j з додатними і від'ємними позначками, обчислюються за формулами:

$$x_i = \frac{|\pm h_i|}{|\pm h_i| + |\pm h_j|} \cdot d \quad \text{та} \quad x_j = \frac{|\pm h_j|}{|\pm h_j| + |\pm h_i|} \cdot d, \quad (5.3)$$

де h_i, h_j – відповідно робочі позначки суміжних вершин i та j квадрата, м;
 d – довжина сторони квадрата, м.

Наприклад, відстані до точки нульових робіт на стороні квадрату 5-10 від вершин 5 та 10, відповідно, складають:

$$x_5 = \frac{|-0,29|}{|-0,29| + |+0,98|} \cdot 20 = 4,57 \text{ м} \quad \text{та} \quad x_{10} = \frac{|+0,98|}{|+0,98| + |-0,29|} \cdot 20 = 15,43 \text{ м}.$$

Контроль правильності обчислень: $x_5 + x_{10} = 4,57 + 15,43 = 20 \text{ м}$.

Далі на відповідних сторонах квадратів позначають точки нульових робіт і шляхом їх з'єднання прямими штриховими лініями отримують межу між виїмкою та насипом (рис. 5.2).

4. Обчислення об'ємів земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини (див. табл. 5.1) виконується за формулами:

$$V_B = \frac{(\sum -h)^2}{\sum |h|} \cdot \frac{S}{4} \quad \text{та} \quad V_H = \frac{(\sum +h)^2}{\sum |h|} \cdot \frac{S}{4}, \quad (5.4)$$

де V_B, V_H – відповідно об'єми виїмки та насипу, м³;

$\sum -h, \sum +h$ – відповідно суми від'ємних і додатних робочих позначок даного квадрата, м;

$\sum |h|$ – сума робочих позначок даного квадрата без урахування знаків, м;

S – площа квадрата, м².

5. Обчислення похибки розрахунку об'ємів земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини виконують за формулою:

$$\Delta V\% = \frac{|V_B - V_H|}{V_B + V_H} \cdot 100\% \leq 5\%. \quad (5.5)$$

У прикладі похибка визначення об'ємів земляних робіт склала:

$$\Delta V\% = \frac{|5201,99 - 5178,99|}{5201,99 + 5178,99} \cdot 100\% = \frac{23,00}{10380,98} \cdot 100\% = 0,22\% < 5\%.$$

Таблиця 5.1 – Розрахунок об’ємів земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини

Номер квадрату	$(\sum -h)^2$, виїмка	$(\sum +h)^2$, насип	$\sum h $	$\frac{S}{4}$	Об’єми земляних робіт, м ³	
					виїмка (–)	насип (+)
1	235,9296	-	15,36	100	1536,00	-
2	128,1424	-	11,32	100	1132,00	-
3	39,3129	-	6,27	100	627,00	-
4	4,0401	0,9604	2,99	100	135,12	32,12
5	77,4400	-	8,80	100	880,00	-
6	22,4676	0,0225	4,89	100	459,46	0,46
7	2,4964	1,7956	2,92	100	85,49	61,49
8	0,0400	19,1844	4,58	100	0,87	418,87
9	11,0224	0,0841	3,61	100	305,33	2,33
10	0,7056	2,8561	2,53	100	27,89	112,89
11	-	24,7009	4,97	100	-	497,00
12	-	85,0084	9,22	100	-	922,00
13	0,3721	5,2441	2,90	100	12,83	180,83
14	-	29,8116	5,46	100	-	546,00
15	-	95,4529	9,77	100	-	977,00
16	-	203,9184	14,28	100	-	1428,00
Разом:					5201,99	5178,99

5.2 Практична частина до лабораторної роботи № 5

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Д**) виконайте проектування горизонтальної площини (етапи **1-3**).

Завдання 2. Виконайте обчислення об’ємів земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини (етап **4**) та похибки їх розрахунків (етап **5**).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 лабораторної роботи № 5 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

5.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 5

1. Які вихідні дані потрібні для проектування горизонтальної площини з балансом земляних робіт та яке завдання цієї робота?
2. За якими формулами виконують обчислення проектної позначки горизонтальної площини та робочих позначок вершин квадратів?
3. Яким чином обчислюють і позначають відстані від вершин квадратів до точок нульових робіт та як отримують і позначають на картограмі земляних робіт межу між виїмкою та насипом?
4. З використанням яких формул обчислюють об'єми земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини та як оформлюють результатів цих підрахунків?
5. Як обчислюється похибка підрахунку об'ємів земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини?

6 Лабораторна робота № 6. Проектування похилої площини

6.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 6

Вихідні дані: результати геометричного нівелювання поверхні місцевості за квадратами або аналітичного інтерполювання позначок вершин квадратів на топографічному плані місцевості (рис. 6.1), проектний ухил похилої площини i_{np} (наприклад, $i_{np} = 0,087$), дирекційний кут напрямку проектного ухилу α_{np} (наприклад, $\alpha_{np} = 143^\circ$).

Завдання: виконати проектування похилої площини для розміщення забудови і підземних комунікацій, благоустрою, забезпечення транспортних зав'язків та ін., при максимальному збереженні природного середовища і мінімальному переміщенні земляних мас.

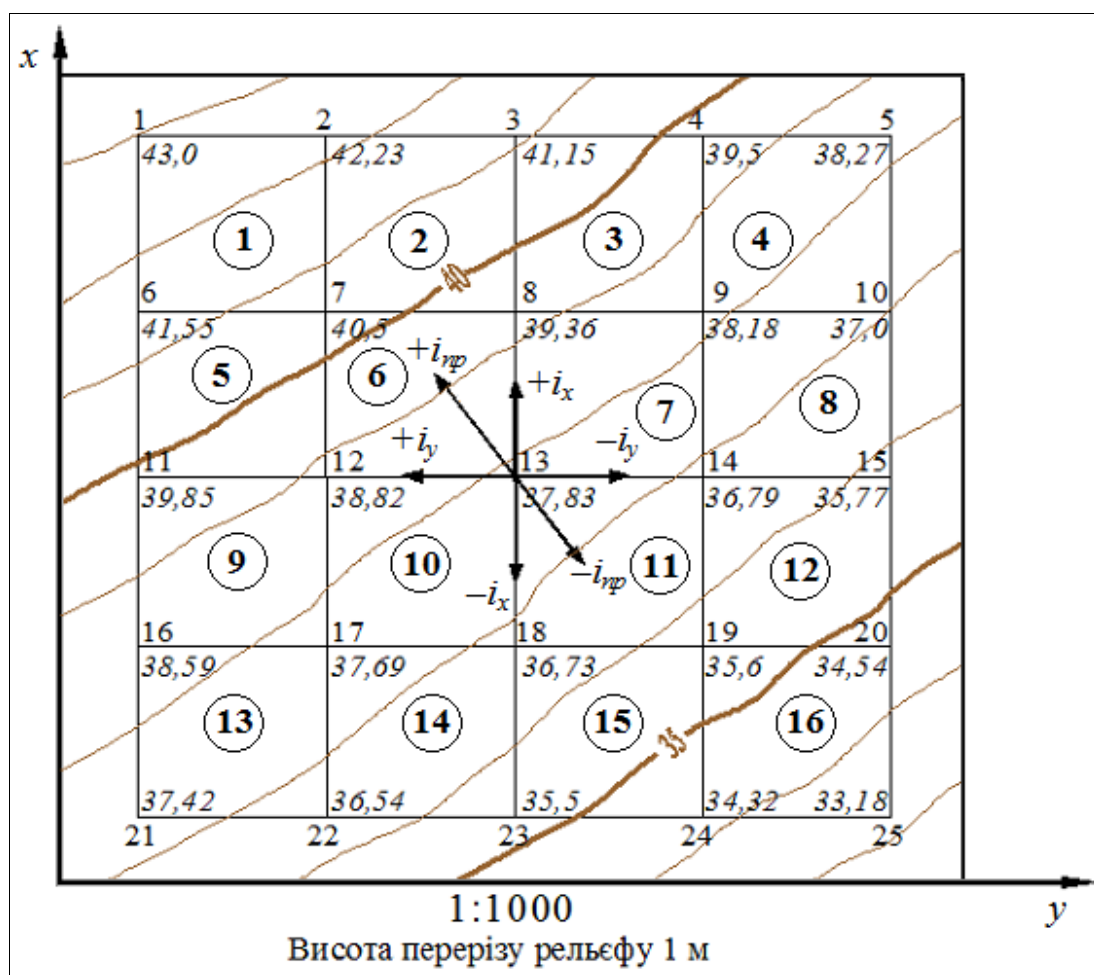


Рис. 6.1 – Топографічний план з позначенням напрямку проектного ухилу
(1-16 – номери квадратів, які обведені колами)

Етапи виконання проектування описана нижче за текстом.

1. Обчислення проектної позначки центра ваги похилої площини $H_{np,0}$ (у прикладі на рис. 6.1 – це вершина 13) виконується за формулою:

$$H_{np,0} = \frac{\sum H_{\phi}^I + 2\sum H_{\phi}^{II} + 3\sum H_{\phi}^{III} + 4\sum H_{\phi}^{IV}}{4n}, \quad (6.1)$$

де $\sum H_{\phi}^I, \sum H_{\phi}^{II}, \sum H_{\phi}^{III}, \sum H_{\phi}^{IV}$ – відповідно суми фактичних позначок вершин, які належать лише до одних квадратів, одночасно до двох, трьох та чотирьох квадратів;

n – загальна кількість квадратів.

У наведеному вище прикладі (див. рис. 6.1) лише до одного квадрату належать наступні вершини: 1 (до квадрату **1**), 2 (до квадрату **4**), 21 (до квадрату **13**), 25 (до квадрату **16**).

Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать лише до одних квадратів, дорівнює:

$$\sum H_{\phi}^I = H_1 + H_5 + H_{21} + H_{25} = 43,0 + 38,27 + 37,42 + 33,18 = 151,7 \text{ м.}$$

Одночасно до двох квадратів (рис. 6.1) належать наступні вершини: 2 (до квадратів **1** та **2**), 3 (до квадратів **2** та **3**), 4 (до квадратів **3** та **4**), 6 (до квадратів **1** та **5**), 10 (до квадратів **4** та **8**), 11 (до квадратів **5** та **9**), 15 (до квадратів **8** та **12**), 16 (до квадратів **9** та **13**), 20 (до квадратів **12** та **16**), 22 (до квадратів **13** та **14**), 23 (до квадратів **14** та **15**), 24 (до квадратів **15** та **16**).

Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать одночасно до двох квадратів, дорівнює:

$$\begin{aligned} \sum H_{\phi}^{II} &= H_2 + H_3 + H_4 + H_6 + H_{10} + H_{11} + H_{15} + H_{16} + H_{20} + H_{22} + H_{23} + H_{24} = \\ &= 42,23 + 41,15 + 39,5 + 41,55 + 37,0 + 39,85 + 35,77 + 38,59 + 34,54 + 36,54 + 35,5 + \\ &+ 34,32 = 456,54 \text{ м.} \end{aligned}$$

Одночасно до трьох квадратів (рис. 6.1) не належать жодної вершини. Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать одночасно до трьох квадратів, дорівнює: $\sum H_{\phi}^{III} = 0 \text{ м.}$

Одночасно до чотирьох квадратів (рис. 6.1) належать наступні вершини: 7 (до квадратів **1, 2, 5, 6**), 8 (до квадратів **2, 3, 6, 7**), 9 (до квадратів **3, 4, 7, 8**), 12 (до квадратів **5, 6, 9, 10**), 13 (до квадратів **6, 7, 10, 11**), 14 (до квадратів **7, 8, 11, 12**), 17 (до квадратів **9, 10, 13, 14**), 18 (до квадратів **10, 11, 14, 15**), 19 (до квадратів **11, 12, 15, 16**).

Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать одночасно до чотирьох квадратів, дорівнює:

$$\begin{aligned}\sum H_{\phi}^{IV} &= H_7 + H_8 + H_9 + H_{12} + H_{13} + H_{14} + H_{17} + H_{18} + H_{19} = \\ &= 40,5 + 39,36 + 38,18 + 38,82 + 37,83 + 36,79 + 37,69 + 36,73 + 35,6 = 341,5 \text{ м.}\end{aligned}$$

Далі за формулою (6.1) отримаємо проектну позначку центра ваги площини:

$$H_{np,0} = \frac{151,7 + 2 \cdot 456,54 + 3 \cdot 0 + 4 \cdot 341,5}{4 \cdot 16} = \frac{2430,95}{64} = 37,98 \text{ м.}$$

2. Обчислення проектних ухилів i_x та i_y уздовж умовних осей x і y (рис. 6.1) виконується за формулами:

$$i_x = \pm i_n \cdot \cos \alpha_n \quad \text{та} \quad i_y = \pm i_n \cdot \sin \alpha_n, \quad (6.2)$$

де i_n – проектний ухил похилої площини;

α_n – дирекційний кут напряму проектного ухилу.

У даному прикладі проектні ухили i_x та i_y уздовж умовних осей x і y дорівнюють: $i_x = \pm 0,087 \cdot \cos 143^\circ = \pm 0,069$ та $i_y = \pm 0,087 \cdot \sin 143^\circ = \pm 0,052$.

3. Обчислення проектних перевищень h_x та h_y між сусідніми вершинами квадратів по осях x і y виконується за формулами:

$$h_x = \pm i_x \cdot d \quad \text{та} \quad h_y = \pm i_y \cdot d, \quad (6.3)$$

де d – довжина сторони квадрата, м.

Для наведеного прикладу (рис. 6.1) проектні перевищення h_x та h_y між сусідніми вершинами квадратів по осях x і y , відповідно, дорівнюють:

$$h_x = \pm 0,069 \cdot 20 = \pm 1,38 \text{ м} \quad \text{та} \quad h_y = \pm 0,052 \cdot 20 = \pm 1,04 \text{ м.}$$

4. Обчислення проектних позначок вершин квадратів $H_{np,i}$ виконується шляхом послідовного додавання до проектної позначки $H_{np,0}$ центра ваги площини (для наведеного на рис. 6.1 прикладу – це вершина 13) проектних перевищень h_x та h_y з урахуванням їх знаків (див. рис. 6.1) та може бути здійснено за формулою:

$$H_{np,i} = H_{np,0} \pm n \cdot h_x \pm m \cdot h_y, \quad (6.4)$$

де n та m – відповідно кількість квадратів по осях x та y від центра ваги площини (у наведеному на рис. 6.1 прикладі – це вершина 13) до вершини квадрату, для якої обчислюється проектна позначка.

Наприклад, проектні позначки вершин 9, 5, 8, 3, 18, 23, 7, 6, відповідно, будуть дорівнювати (для прикладу на рис. 6.1 – $H_{np,13} = H_{np,0} = 37,98$ м):

$$H_{np,9} = H_{np,13} + h_x - h_y = 37,98 + 1,38 - 1,04 = 38,32 \text{ м};$$

$$H_{np,5} = H_{np,13} + 2 \cdot h_x - 2 \cdot h_y = 37,98 + 2 \cdot 1,38 - 2 \cdot 1,04 = 38,66 \text{ м};$$

$$H_{np,8} = H_{np,13} + h_x = 37,98 + 1,38 = 39,36 \text{ м};$$

$$H_{np,3} = H_{np,13} + 2 \cdot h_x = 37,98 + 2 \cdot 1,38 = 40,74 \text{ м};$$

$$H_{np,18} = H_{np,13} - h_x = 37,98 - 1,38 = 36,60 \text{ м};$$

$$H_{np,23} = H_{np,13} - 2 \cdot h_x = 37,98 - 2 \cdot 1,38 = 35,22 \text{ м};$$

$$H_{np,7} = H_{np,13} + h_x + h_y = 37,98 + 1,38 + 1,04 = 40,40 \text{ м};$$

$$H_{np,6} = H_{np,13} + h_x + 2 \cdot h_y = 37,98 + 1,38 + 2 \cdot 1,04 = 41,44 \text{ м}.$$

5. Обчислення робочих позначок h_i (м) вершин квадратів, при проектуванні похилої площини, виконують за формулою:

$$h_i = H_{np,i} - H_{\phi,i}, \quad (6.5)$$

Наприклад, для вершин 3 та 9 робочі позначки будуть, відповідно, дорівнювати:

$$h_3 = 40,74 - 41,15 = -0,41 \text{ м} \quad \text{та} \quad h_9 = 38,32 - 38,18 = +0,14 \text{ м}.$$

Величини робочих позначок записують червоним кольором біля вершин квадратів на картограмі земляних робіт (рис. 6.2).

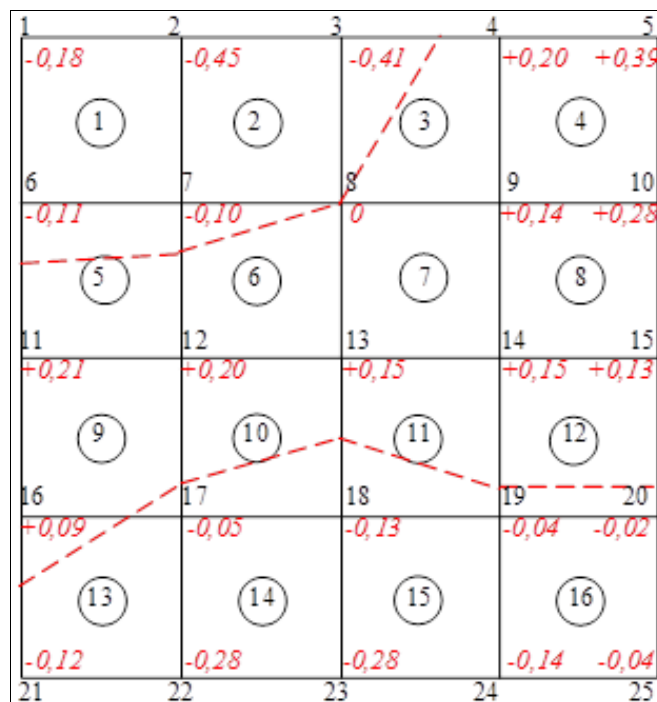


Рис. 6.2 – Картограма земляних робіт при проектуванні похилої площини у масштабі 1:1000 (--- лінії нульових робіт)

6. Відстані від вершин квадратів до точок нульових робіт x_i та x_j , які розташовані на сторонах квадратів між вершинами i та j з додатними і від'ємними позначками, обчислюються за формулами:

$$x_i = \frac{|\pm h_i|}{|\pm h_i| + |\pm h_j|} \cdot d \quad \text{та} \quad x_j = \frac{|\pm h_j|}{|\pm h_j| + |\pm h_i|} \cdot d, \quad (6.6)$$

де h_i, h_j – відповідно робочі позначки суміжних вершин i та j квадрата, м;
 d – довжина сторони квадрата, м.

Наприклад, відстані до точки нульових робіт на стороні квадрату 14-19 від вершин 14 та 19, відповідно, складають:

$$x_{14} = \frac{|+0,15|}{|+0,15| + |-0,04|} \cdot 20 = 15,79 \text{ м} \quad \text{та} \quad x_{19} = \frac{|-0,04|}{|-0,04| + |+0,15|} \cdot 20 = 4,21 \text{ м}.$$

Контроль правильності обчислень: $x_{14} + x_{19} = 15,79 + 4,21 = 20 \text{ м}$.

Далі на відповідних сторонах квадратів позначають точки нульових робіт і шляхом їх з'єднання прямими штриховими лініями отримують межу між виїмкою та насипом (рис. 6.2).

7. Обчислення об'ємів земляних робіт при проектуванні похилої площини (див. табл. 6.1) виконується за формулами:

$$V_B = \frac{(\sum -h)^2}{\sum |h|} \cdot \frac{S}{4} \quad \text{та} \quad V_H = \frac{(\sum +h)^2}{\sum |h|} \cdot \frac{S}{4}, \quad (6.7)$$

де V_B, V_H – відповідно об'єми виїмки та насипу, м³;

$\sum -h, \sum +h$ – відповідно суми від'ємних і додатних робочих позначок даного квадрата, м;

$\sum |h|$ – сума робочих позначок даного квадрата без урахування знаків, м;

S – площа квадрата, м².

8. Обчислення похибки розрахунку об'ємів земляних робіт при проектуванні похилої площини виконують за формулою:

$$\Delta V\% = \frac{|V_B - V_H|}{V_B + V_H} \cdot 100\% \leq 5\%. \quad (6.8)$$

У прикладі похибка визначення об'ємів земляних робіт склала:

$$\Delta V\% = \frac{|420,01 - 397,01|}{420,01 + 397,01} \cdot 100\% = \frac{23,00}{817,02} \cdot 100\% = 2,81\% < 5\%.$$

Таблиця 6.1 – Розрахунок об’ємів земляних робіт при проектуванні похилої площини

Номер квадрату	$(\sum -h)^2$, виїмка	$(\sum +h)^2$, насип	$\sum h $	$\frac{S}{4}$	Об’єми земляних робіт, м ³	
					виїмка (–)	насип (+)
1	0,7056	-	0,84	100	84,00	-
2	0,9216	-	0,96	100	96,00	-
3	0,1681	0,1156	0,75	100	22,41	15,41
4	-	1,0201	1,01	100	-	101,00
5	0,0441	0,1681	0,62	100	7,11	27,11
6	0,0100	0,1225	0,45	100	2,22	27,22
7	-	0,1936	0,44	100	-	44,00
8	-	0,4900	0,70	100	-	70,00
9	0,0025	0,2500	0,55	100	0,45	45,45
10	0,0324	0,1225	0,53	100	6,11	23,11
11	0,0289	0,0900	0,47	100	6,15	19,15
12	0,0036	0,0784	0,34	100	1,06	23,06
13	0,2025	0,0081	0,54	100	37,50	1,50
14	0,5476	-	0,74	100	74,00	-
15	0,3481	-	0,59	100	59,00	-
16	0,0576	-	0,24	100	24,00	-
Разом:					420,01	397,01

6.2 Практична частина до лабораторної роботи № 6

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Е**) виконайте проектування похилої площини (етапи **1-6**).

Завдання 2. Виконайте обчислення об’ємів земляних робіт при проектуванні похилої площини (етап **7**) та похибки її розрахунків (етап **8**).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 лабораторної роботи № 6 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

6.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 6

1. Які вихідні дані потрібні для проектування похилої площини з балансом земляних робіт та яке завдання цієї роботи?
2. За якими формулами обчислюють проектні ухили уздовж умовних осей x і y та проектні перевищення між сусідніми вершинами квадратів на цих осях?
3. Яким чином обчислюють та позначають на картограмі земляних робіт проектні висоти і робочі позначки усіх вершин квадратів?
4. З використанням яких формул обчислюються і як позначаються на сторонах квадратів картограми земляних робіт відстані від вершин квадратів до точок нульових робіт та як визначають і позначають межу між виїмкою та насипом?
5. Як виглядає таблиця і формули для обчислення об'ємів земляних робіт при проектуванні похилої площини та яким чином визначають похибку їх підрахунку?

7 Лабораторна робота № 7. Проектування профілю траси автодороги

7.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 7

Дана лабораторна робота присвячена проектуванню профілю траси автодороги за результатами технічного нівелювання та з використанням інших вихідних матеріалів (позначок вихідних реперів, даних пікетажного журналу, значень дирекційних кутів, заданих елементів кругової кривої повороту траси тощо).

Мета проектування профілю траси автодороги полягає у визначенні висотних позначок пікетів траси і побудова фактичного й проектного профілів.

Вихідні дані для проектування профілю траси автодороги:

- позначки вихідних (початкового та кінцевого) реперів (наприклад, $H_{Rp1} = 135,597$ м та $H_{Rp2} = 135,329$ м);
- пікетажний журнал (рис. 7.1);
- журнал технічного нівелювання траси (табл. 7.1);
- дирекційний кут ділянки траси автодороги до її повороту (наприклад, $\alpha = 168^\circ 14'$);
- елементи повороту траси: кут повороту (наприклад, $\theta = 20^\circ 48'$) та радіус кривої (наприклад, $R = 100$ м).

Етапи і порядок дій при проектуванні профілю траси наведені нижче.

1. Обчислення висотних позначок пікетів.

1.1. На кожній станції обчислюють перевищення між зв'язуючими точками за чорними і червоними відліками (табл. 7.1 – графі 6 і 7):

$$h_{чор} = a_{чор} - в_{чор}; h_{чер} = a_{чер} - в_{чер}; h_{сер} = 0,5 \cdot (h_{чор} + h_{чер}).$$

1.2. Обчислюють суму виміряних перевищень Σh_i та теоретичну суму перевищень $\Sigma h_{теор}$ і записують їх значення під таблицею: $\Sigma h_{сер} = -0,250$ м; $\Sigma h_{теор} = H_{Rp2} - H_{Rp1} = 135,329 - 135,597 = -0,268$ м.

1.3. Обчислюють фактичну f_h і граничну $f_{h,гp} = \pm 10\sqrt{n}$ нев'язки, причому має бути: $f_h \leq f_{h,гp}$.

1.4. Обчислюють в графі 8 (див. табл. 7.1) виправлені перевищення:

$$h_i^0 = h_i + \varepsilon, \text{ де } \varepsilon = -f_h/n. \text{ Контроль виконують за формулою: } \sum_1^n \varepsilon = -f_h.$$

1.5. Обчислюють в графі 10 позначки пікетів: $H_i = H_{i-1} + h_i^o$.

1.6. Обчислюють в графі 9 горизонти приладів на станціях 2, 4 і 5:

$$ГП = H_{i \text{ зад.}} + a_{i \text{ зад. чор}}$$

$$ГП_2 = H_{ПК0} + a_{\text{чор}ПК0} = 134,307 + 2,048 = 136,355 \text{ м};$$

$$ГП_4 = H_{ПК2} + a_{\text{чор}ПК2} = 135,874 + 2,292 = 138,166 \text{ м};$$

$$ГП_5 = H_{ПК3} + a_{\text{чор}ПК3} = 137,843 + 0,051 = 137,894 \text{ м}.$$

1.7. Обчислюють в графі 10 висотні позначки проміжних пікетів на станціях 2,4 і 5: $H_{i \text{ пром}} = H_{ГП} - c_{i \text{ пром}}$

$$H_{+60} = ГП_2 - c_{+60} = 136,355 - 2,911 = 133,444 \text{ м};$$

$$H_{П20} = ГП_4 - c_{П20} = 138,166 - 0,029 = 138,137 \text{ м};$$

$$H_{Л20} = ГП_4 - c_{Л20} = 138,166 - 0,562 = 137,604 \text{ м};$$

$$H_{+40} = ГП_5 - c_{+40} = 137,894 - 2,085 = 135,809 \text{ м}.$$

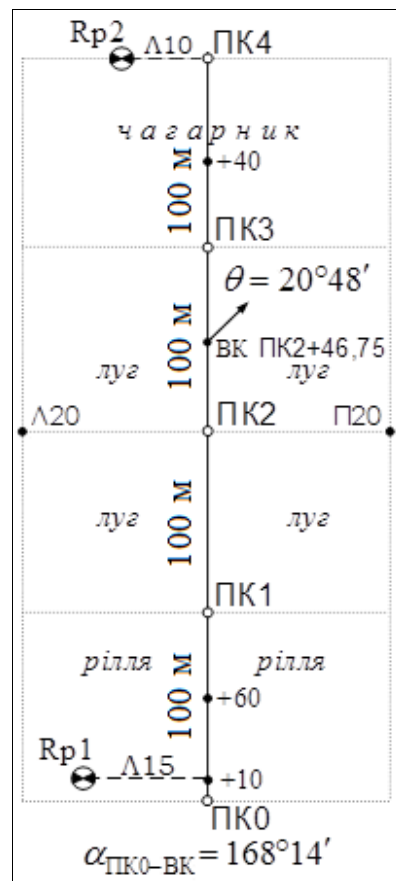


Рис. 7.1 – Пікетажний журнал

Таблиця 7.1 – Журнал технічного нівелювання траси

№ станції	№ рейкових точок	Відліки по рейці, мм			Перевищення, h , м			Горизонт приладу, $H_{\text{пр}}$, м	Позначки, H , м
		задні, a	передні, b	проміжні, c	обчислені	середні	виправлені		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rp 1	5038 0354			– 1,289 – 1,285	– 0,003 – 1,287	– 1,290		135,597
	ПК 0		6327 1639						134,307
2	ПК 0 +60	6735 2048			+ 0,600 + 0,598	– 0,003 + 0,599	+ 0,596	136,355	134,307
	ПК 1		6135 1450	2911					133,444 134,903
3	ПК 1	6557 1870			+ 0,975 + 0,973	– 0,003 + 0,974	+ 0,971		134,903
	ПК 2		5582 0897						135,874
4	ПК 2 П 20 Л 20	6978 2292		0029 0562	+ 1,971 + 1,973	– 0,003 + 1,972	+ 1,969	138,166	135,874 138,137
	ПК 3		5007 0319						137,604 137,843
5	ПК 3 +40	4737 0051			– 2,913 – 2,917	– 0,003 – 2,915	– 2,918	137,894	137,843 135,809
	ПК 4		7650 2968	2085					134,925
6	ПК 4	5645 0959			+ 0,408 + 0,406	– 0,003 + 0,407	+ 0,404		134,925
	Rp 2		5237 0553						135,329
		[43264] – [43764] = = – 500 мм			[+ 7,904] [– 8,404] – 0,500	[+ 3,952] [– 4,202] – 0,250	[+ 3,940] [– 4,208] – 0,268		

$$\sum h_{\text{cep}} = -0,250 \text{ м};$$

$$\sum h_{\text{meop}} = H_{\text{Rp2}} - H_{\text{Rp1}} = 135,329 - 135,597 = -0,268 \text{ м};$$

$$f_h = \sum h_{\text{cep}} - \sum h_{\text{meop}} = -0,250 - (-0,268) = +0,018 \text{ м} = +18 \text{ мм};$$

$$f_{h, \text{зр}} = \pm 10 \cdot \sqrt{n} = \pm 10 \cdot \sqrt{6} = \pm 24 \text{ мм}.$$

2. Побудова фактичного профілю траси на міліметровому папері (виконується в масштабах: горизонтальний 1:2000, вертикальний 1:200, поперечника 1:500).

2.1. На аркуші міліметрового паперу необхідного розміру (наприклад, формату А4) креслять **сітку профілю** (рис. 7.2).

2 см	План траси
1 см	Проектні уклони
1,5 см	Проектні позначки, м
1,5 см	Фактичні позначки, м
1 см	Відстані, м
2 см	ПІКЕТИ
	План прямих і кривих

Рис. 7.2 – Зразок і розміри сітки профілю

2.2. У графі «Відстані, м» відкладають у масштабі 1:2000 пікети і плюсові точки та вказують наступні відстані:

- між пікетами (не завжди);
- від заднього пікету до плюсової точки;
- між плюсовими точками.

Прикладом може бути плюсова точка + 60, що знаходиться між ПК 0 та ПК 1 на відстані 60 м від ПК 0 за ходом траси.

2.3. У графі «Пікети» записують номери пікетів і плюсових точок.

2.4. У графі «Фактичні позначки, м» над пікетами і плюсовими точками виписують (з табл. 7.1) їх позначки, закруглив їх до сотих часток метра.

2.5. Придавши лінії **умовного горизонту** (рис. 7.3) позначку 130 м, з таким розрахунком, щоб точка + 60, яка має найменшу позначку 133,44 м, була віддалена від неї на 2-3 см. Потім від лінії умовного горизонту в масштабі 1:200 вверх над пікетами і плюсовими точками відкладають різниці між їх фактичними позначками і позначкою умовного горизонту (наприклад, для ПК 0: $134,31 - 130 = 4,31$ м; для + 60: $133,44 - 130 = 3,44$ м).

2.6. З'єднавши верхні кінці відкладених різниць прямими лініями, отримуємо фактичний профіль місцевості за напрямком ПК 0 - ПК 4 (рис. 7.3).

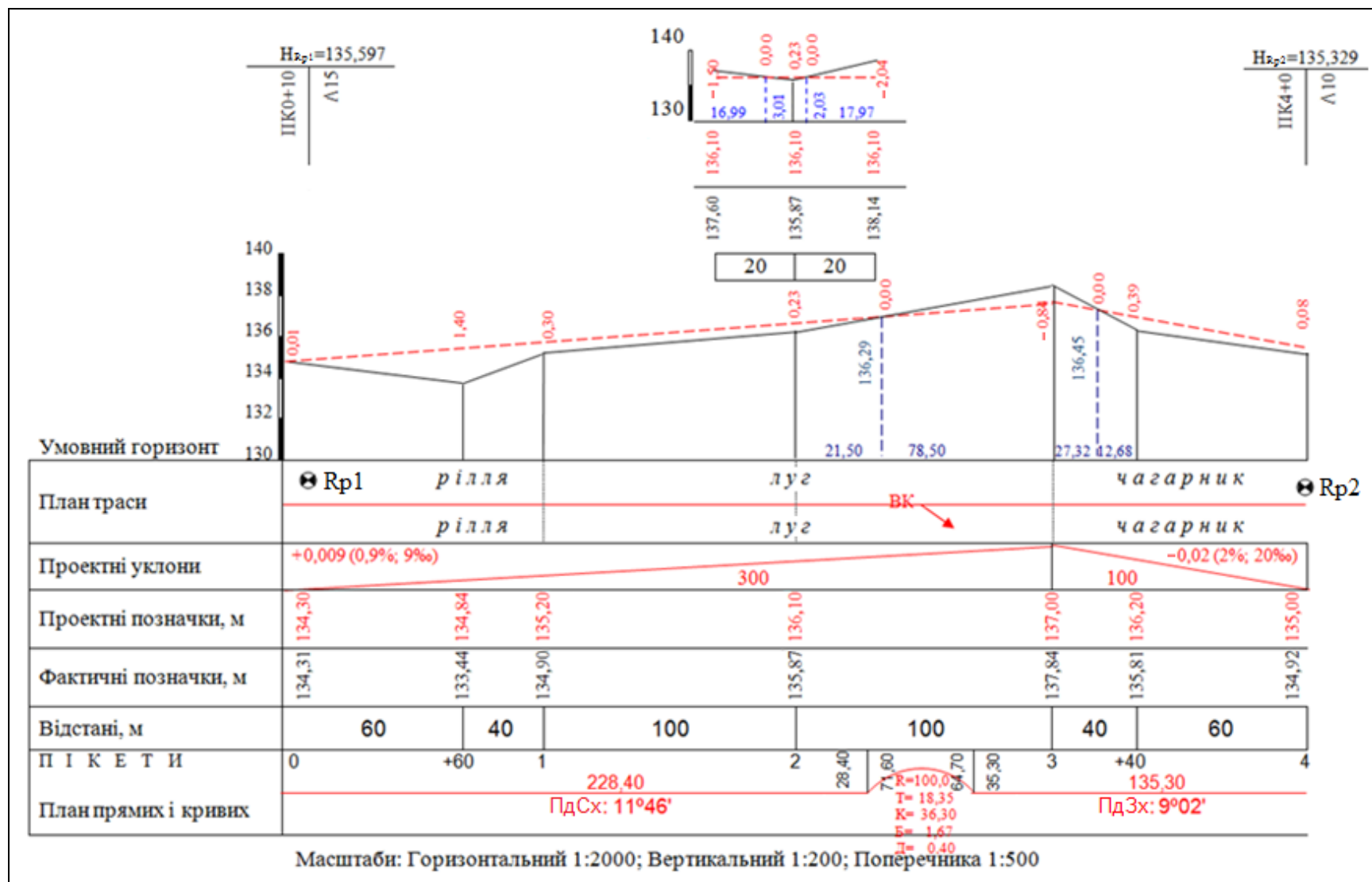


Рис. 7.3 – Повздовжній профіль траси і поперечника

3. При побудові проектного профілю траси враховують такі умови:

- мінімальний баланс земляних робіт;
- майже рівність фактичної та проектної позначок пікетів ПК 0 і ПК 4;
- складання проектної лінії з двох-трьох прямолінійних відрізків.

4. Обчислення проектних ухилів і позначок, робочих позначок, відстаней до точок нульових робіт і позначення їх на профілі.

5. Побудова плану траси, кута повороту, початкового і кінцевого реперів. Графу «План траси» заповнюють за даними пікетажного журналу (рис. 7.1). Замість умовних знаків дозволяється записувати назву угідь.

6. Обчислення елементів кривої повороту траси і позначення їх на профілі.

Основними елементами кругової кривої (рис. 7.4) є наступні:

- кут θ повороту траси, який вимірюється під час прокладання трасуючого магістрального ходу;
- радіус R кругової кривої, який визначається в залежності від місцевих умов і категорії лінійної споруди;
- тангенс T (довжина дотичних AC і BC);
- крива K (довжина дуги AFB);
- бісектриса B (довжина відрізка CF);
- домір D (різниця між сумарною довжиною дотичних AC і BC та довжиною дуги AFB).

Головними точками кругової кривої є: ПКр – початок кривої; ККр – кінець кривої; СКр – середина кривої; ВК – вершина кута.

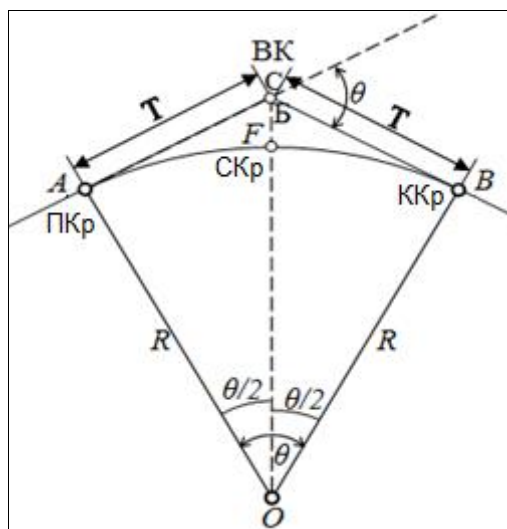


Рис. 7.4 – Схема основних елементів кругової кривої повороту траси (пояснення позначень надані у тексті)

За відомими кутом θ повороту траси та радіусом R закруглення траси основні елементи кругової кривої (тангенс T , криву K , бісектрису B і домір D) можна обчислити за системою формул:

$$\left. \begin{aligned} T &= R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}; \\ K &= R \cdot \frac{\theta}{\rho}; \\ B &= 2 \cdot R \cdot \frac{\left(\sin \frac{\theta}{4}\right)^2}{\cos \frac{\theta}{2}}; \\ D &= 2 \cdot T - K = R \cdot \left(2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} - \frac{\theta}{\rho}\right). \end{aligned} \right\} \quad (7.1)$$

де ρ – радіан ($\rho = 206265'' = 3437,75' = 57,3^\circ$).

Пікетажні положення головних точок обчислюють за системою формул:

$$\left. \begin{aligned} \text{ПКр} &= \text{ВК} - T; \\ \text{ККр} &= \text{ПКр} + K; \\ \text{СКр} &= \text{ПКр} + \frac{1}{2} \cdot K. \end{aligned} \right\} \quad (7.2)$$

Контроль розрахунку виконують за системою формул:

$$\left. \begin{aligned} \text{ККр} &= \text{ВК} + T - D; \\ \text{СКр} &= \text{ККр} - \frac{1}{2} \cdot K. \end{aligned} \right\} \quad (7.3)$$

Приклад. Нехай вершина кута ВК знаходиться на ПК 2+46,75 (рис. 7.3), кут повороту траси $\theta = 20^\circ 48'$ та радіус закруглення $R = 100$ м.

Підставивши значення θ та R у систему формул (7.1) отримаємо:

$$\begin{aligned} T &= 18,35 \text{ м}; \\ K &= 36,30 \text{ м}; \\ B &= 1,67 \text{ м}; \\ D &= 0,40 \text{ м}. \end{aligned}$$

Обчислимо (з контролем розрахунку) за формулами (7.2) та (7.3) пікетажні положення початку, кінця і середини кругової кривої:

пікетажні положення (6.2):

ВК	ПК 2 + 46,75
$-T$	18,35
ПКр	ПК 2 + 28,40
$+K$	36,30
ККр	ПК 2 + 64,70
ПКр	ПК 2 + 28,40
$+1/2 \cdot K$	18,15
СКр	ПК 2 + 46,55

контроль розрахунку (6.3):

ВК	ПК 2 + 46,75
$+T$	18,35
	ПК 2 + 65,10
$-D$	0,40
ККр	ПК 2 + 64,70
ККр	ПК 2 + 64,70
$-1/2 \cdot K$	18,15
СКр	ПК 2 + 46,55

Графу «План прямих і кривих» (рис. 7.2 та 7.3) заповнюють згідно з результатами розрахунків пікетажного положення головних точок кругової кривої (див. **Приклад**). Початок і кінець кривої (рис. 7.3) відмічають перпендикулярами, проведеними від лінії плану траси прямих і кривих до лінії пікетів. Поруч з перпендикулярами записують відстані від початку (28,40 м і 71,60 м) та кінця (64,70 м і 35,30 м) кривої до найближчих пікетів (відповідно до ПК 2 та ПК 3). При повороті траси вправо випуклість кривої направляють уверх (рис. 7.3), а при повороті вліво – униз.

На прямих ділянках траси – від ПК 0 до початку кривої та від кінця кривої до ПК 4 (рис. 7.3), виписують їх довжини (228,70 м та 135,30 м) і дирекційні кути ($168^{\circ}14'$ та $189^{\circ}02'$) або румби (ПдСх: $11^{\circ}46'$ та ПдЗх: $9^{\circ}02'$).

Напрямок траси після її повороту визначається за таким правилом: **дирекційний кут осі траси після її повороту дорівнює дирекційному куту осі траси до повороту плюс правий (або мінус лівий) кут повороту траси.**

Для наведеного прикладу напрямок траси після її повороту складе:

$$\alpha_{\text{ККр}-\text{ПК4}} = \alpha_{\text{ПК0}-\text{ПКр}} + \theta = 168^{\circ}14' + 20^{\circ}48' = 189^{\circ}02'.$$

7. Побудова профілю поперечника на пікеті ПК 2 в масштабі 1:500.

Профіль поперечника будують за спрощеною профільною сіткою в однаковому горизонтальному і вертикальному масштабах (наприклад, 1:500 чи іншому). Для цього із журналу технічного нівелювання (табл. 7.1) виписують фактичні позначки ПК 2 (135,87 м) і двох точок П 20 (138,14 м) та Л 20 (137,60 м). Далі побудова поперечного профілю відбувається за правилами побудови поздовжнього профілю (рис. 7.3).

8. Оформлення профілю виконують з використанням умовних знаків.

7.2 Практична частина до лабораторної роботи № 7

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Ж**) виконайте обчислення основних елементів кругової кривої, пікетажні положення головних точок та напрямку траси після її повороту (див. етап 6).

Завдання 2. За результатами виконання завдання 1 та з використанням інших вихідних даних для свого варіанту (див. **Додаток Ж**) побудуйте на аркуші міліметрового паперу формату А4 повздовжній профіль траси і поперечника (див. зразок на рис. 7.3). Проектні уклони, проектні та робочі позначки пікетів і відстані до точок нульових робіт дорівнюють значенням, які наведені на рис. 7.3.

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 лабораторної роботи № 7 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

7.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 7

1. Які вихідні дані потрібні для побудови профілю траси автодороги та з якою метою виконується ця робота?
2. В якому порядку виконується обчислення висотних позначок пікетів для побудови профілю траси автодороги?
3. Як здійснюється побудування фактичного профілю траси та які основні умови враховують під час побудування проектного профілю траси?
4. Який вигляд має схема основних елементів і положення головних точок кругової кривої (кривої повороту траси) та за якими формулами їх обчислюють?
5. За яким правилом та формулою визначають напрямок траси після її повороту?

8 Лабораторна робота № 8.

Проектування профілю пальово-рейкового водомірного поста

8.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 8

Рівень води є найважливішим гідрологічним показником, який в комплексі з іншими показниками вимірюється на гідрологічних постах.

Рівневі спостереження – це вимірювання рівней води у водоймах і водотоках у визначеному місці у конкретний час. Місце, де вимірюють рівні води, має відповідати певним вимогам, обладнується спеціальними спорудами, приладами та має назву – водомірний пост (водпост).

Серед багатьох типів водомірних постів, які використовуються в Україні та світі, найпростішими та найбільш розповсюдженими є прості – рейкові, пальові, змішані (пальово-рейкові тощо). Вибір конкретного типу поста визначається амплітудою коливання рівнів води у водному об'єкті, профілем берегового схилу, особливостями гідрологічного режиму, наявністю гідротехнічних споруд тощо.

8.1.1 Система відліків і позначок на водомірному посту

Для виконання рівневих спостережень на водпостах використовують наступну систему відліків і позначок: «нуль графіка поста», «нулі спостережень» і «приводки» водомірних пристроїв (на водпостах користуються умовною (місцевою) та балтійською системами висот).

«Нуль графіка поста» – це умовна площина, відносно якої проводять спостереження за рівнями води на водпостах. Положення його позначки визначається нівелюванням від репера водомірного поста і вважається постійною для всього періоду функціонування поста. Нуль графіка поста призначають на 0,5 м нижче мінімального історичного рівня води в створі водпоста. При дуже малих глибинах русла позначка нуля графіка поста дорівнює мінімальній позначці дна в створі водомірного поста або трохи нижче від неї.

«Нуль спостережень» – це висотна площина, від якої проводиться відлік рівня води у строки спостереження. На рейковому водпосту – це площина нуля рейки, а на пальовому – площина головки палі, над якою проводять спостереження. На пальовому посту ця величина непостійна, адже рівень води завжди змінюється, отож відлік рівня води проводять на різних палях, над якою у строк спостереження стоїть горизонт води.

«Приводка» (паль, рейок) – перевищення нулів спостережень (паль або рейок) над нулем графіка поста. Приводки паль (рейок), як і відліки рівнів, визначаються в сантиметрах. Вони обчислюються для кожної палі (рейки) на етапі проектування водпоста і теж регулярно перевіряються контрольним нівелюванням.

Знявши відлік по рейці та додавши до нього величину приводки визначають рівень води над «0» графіка поста. На рис. 8.1 показано схему рівневих спостережень на пальовому водпосту (у строк спостереження приведений рівень води на посту дорівнює: $40\text{ см} + 240\text{ см} = 280\text{ см}$ над «0» графіка поста або $2,80 + 121,00 = 123,80\text{ м БС}$).

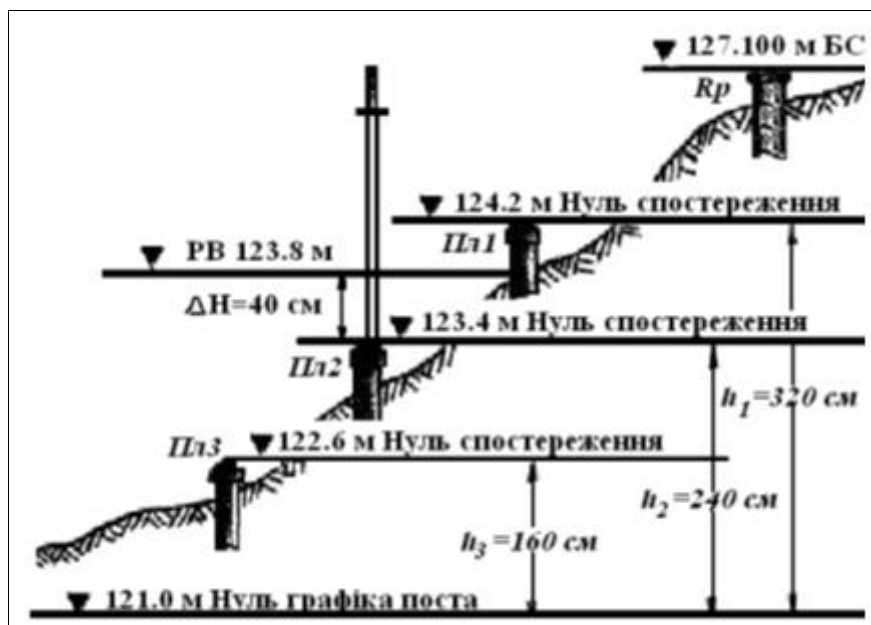


Рис. 8.1 – Висотна система рівневих спостережень на пальовому водпосту: **Rp** – репер; **БС** – Балтійська система; **Пл1, Пл2, Пл3** – відповідно палі 1, 2, 3; **h_1, h_2, h_3** – приводки відповідно паль 1, 2, 3; **РВ** – рівень води на посту

8.1.2 Обладнання простих водомірних постів

Водомірні пости комплектуються стандартними водомірними пристроями (відповідно типу і виду) і реперами, при цьому водомірні пристрої безпосередньо використовуються для вимірювання рівня води, а репери – для контролю висотної системи рівневих спостережень (нуля графіка поста та нулів спостережень). Реперів на водомірному посту встановлюють два – основний (прихований) та контрольний.

Тип посту залежить від амплітуди коливання рівней води й інших умов. Якщо амплітуди коливання рівней води до 3 м, то встановлюють рейковий пост (рейки стандартні з металу, дерева, пластика з поділками через кожні 1-2 см, приклад подано на рис. 8.2). Якщо коливання рівней більше ніж 3 м, то споруджують пальовий водпост шляхом закріплення в ґрунті паль (див. приклад на рис. 8.1). На пальових водомірних постах можуть бути використані, наприклад, металеві палі ПИ-20 і переносні водомірні рейки ГР-104 та/або ГР-23 (рис. 8.3).

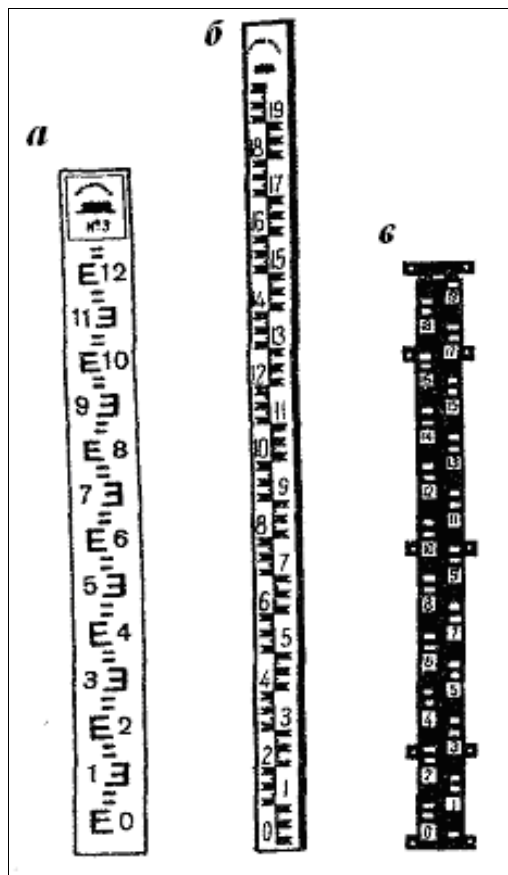


Рис 8.2 – Приклади стандартних стаціонарних водомірних рейок:
а) дерев'яна; б) металева емальована; в) чавунна

Палі розташовують на береговому схилі перпендикулярно до напрямку русла річки від максимальних позначок берегу до мінімальних (встановлюють візуально або опитуючи місцевих). Принцип розміщення – перевищення між головками суміжних паль має бути 0,40-0,80 м, а головки мають виглядати над землею на 0,10-0,15 м. Перша та остання палі повинні бути, відповідно, вище і нижче максимального та мінімального історичних рівнів приблизно на 0,25-0,50 м.

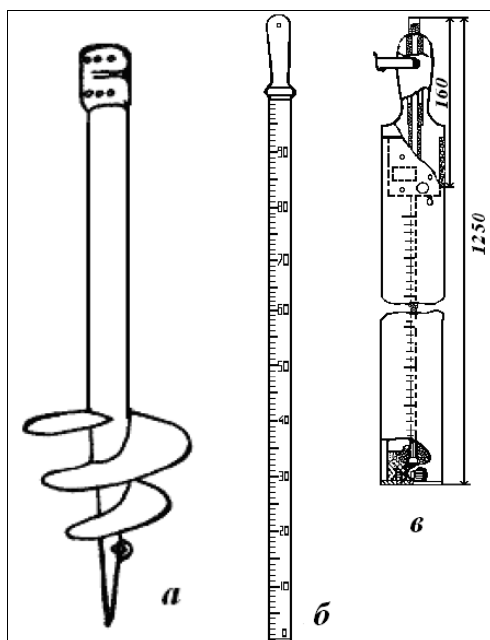


Рис. 8.3 – Пристрої пальового водпоста:

- а) стандартна металева паля ПИ-20; б) переносна водомірна рейка ГР-104;
в) переносна водомірна рейка із заспокоювачем ГР-23

8.1.3 Дослідження для проектування водомірних постів

При організації водомірних постів для рівневих спостережень виконують наступне:

- здійснюють вибір ділянки для водпоста (щоб ділянка задовольняла певним умовам) і виконують нівелювання берегового схилу та проміри глибин в руслі річки в обраному створі;
- проектують пальовий (рейковий або змішаний) водомірний пост з урахуванням історичних екстремальних рівнів води (максимального і мінімального), профілю берегового схилу і русла річки в обраному створі;
- обладнують водомірний пост, здійснюють прив'язку репера поста до пунктів державної геодезичної (нівелірної) мережі (у метрах БС) і виконують нівелювання усіх водомірних пристроїв.

8.1.4 Проектування пальових та рейкових водомірних постів

Для проектування водомірного поста потрібна наступна інформація:

- 1) журнал нівелювання берегового схилу; 2) журнал промірів глибин в руслі річки в створі водпоста; 3) позначки рівня високих вод (РВВ), рівня низьких вод (РНВ) та робочого рівня води (РРВ).

При проектуванні потрібно зробити: 1) обробити дані нівелювання; 2) дані промірів перевести в єдину систему висот (позначок) з даними нівелювання; 3) побудувати профіль берегового схилу; 4) виконати проектування пальового (рейкового) водомірного поста (вибрати місце встановлення рейки або паль), тобто визначити координати постових пристроїв – відстань від постійного початку (реперу) і позначки нулів спостережень, а також визначити позначку «0» графіка поста; 5) обчислити приводки водомірних пристроїв (паль, рейок).

Проект пальового (рейкового) водпоста (рис. 8.4) доповнюють горизонтальними лініями і позначками «0» графіка поста, рівня високих вод (РВВ), рівня низьких вод (РНВ) та за необхідності робочого рівня води (РРВ). Першу палю проектують на позначці, що перевищує позначку РВВ на 0,25-0,50 м. Інші палі розташовують приблизно рівномірно по висоті з перевищеннями між суміжними палями від 0,40 м до 0,80 м. Позначка останньої палі має бути вище позначки нуля графіка поста, але нижче позначки РНВ. Відстані між палями в створі водпоста визначаються умовами берегового схилу і русла річки в обраному створі. Дані проектування необхідні для винесення в натуру та закріплення в обраному створі водомірних пристроїв (паль, рейок) та контрольного репера поста.

Креслення проекту пальового водомірного поста виконують на аркуші міліметрового паперу формату А4 в обраних горизонтальному і вертикальному масштабах (див. приклад на рис. 8.4).

8.2 Практична частина до лабораторної роботи № 8

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток II**) виконайте обчислення позначки «0» графіка поста, позначок і кількості паль та значення їх приводок. Перевищення між нулями спостережень суміжних паль приймається 0,40-0,80 м. Позначка нуля спостереження останньої палі має бути вище позначки нуля графіка поста, але нижче позначки рівня низьких вод.

Завдання 2. За результатами виконання завдання 1 та з використанням інших вихідних даних для свого варіанту (див. **Додаток II**) побудуйте на аркуші міліметрового паперу формату А4 профіль пальового водомірного поста (див. приклад на рис. 8.4).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 лабораторної роботи № 8 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

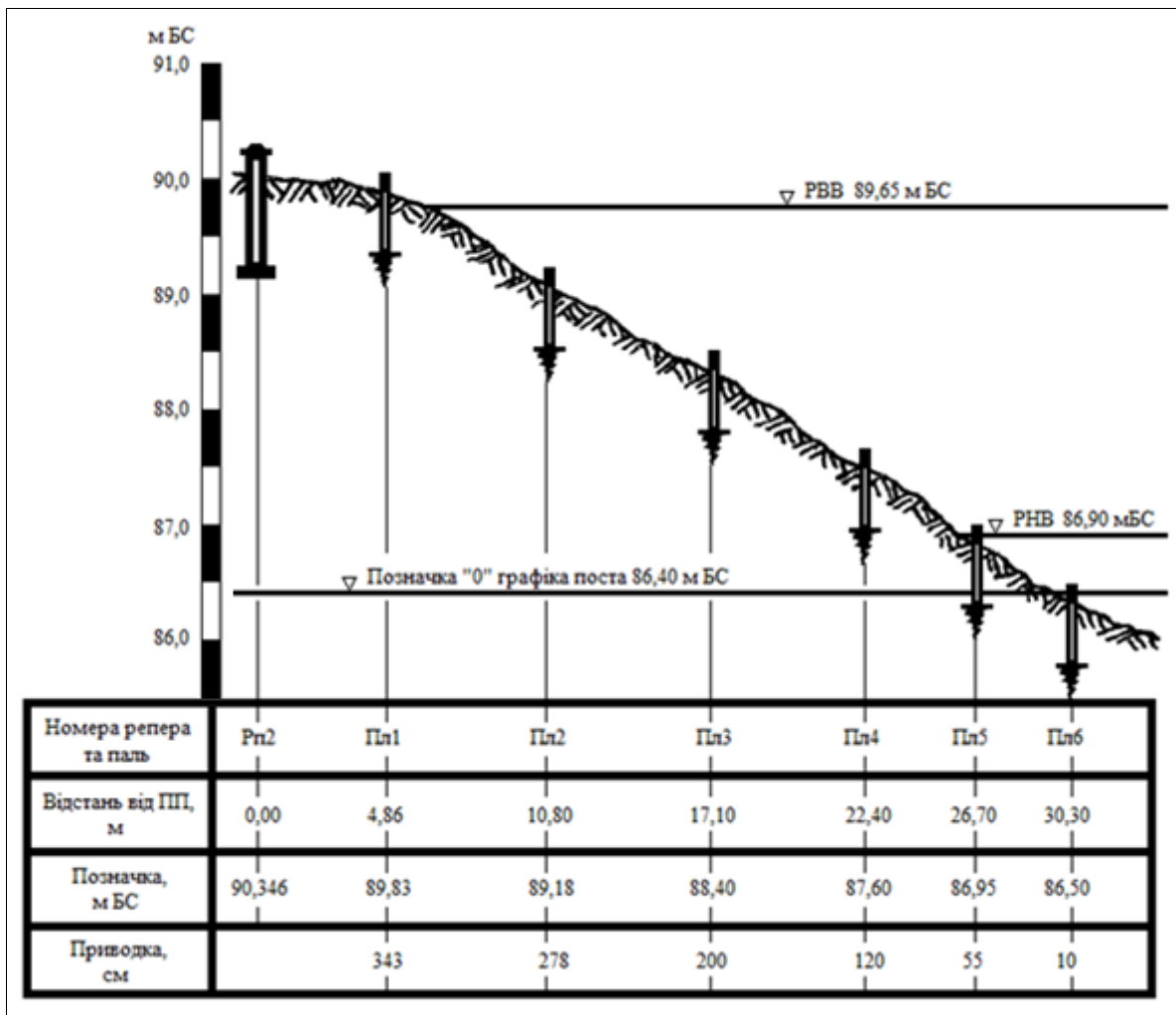


Рис. 8.4 – Профіль пальового водомірного поста

8.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 8

1. Які вихідні дані необхідні для проектування пальово-рейкового водомірного поста?
2. В якій послідовності здійснюється проектування пальово-рейкового водомірного поста?
3. З урахуванням яких умов проектують висотне положення першої й останньої палі та суміжних паль між ними?
4. Що таке «приводка» та як вона визначається і навіщо потрібна на пальово-рейковому водомірному посту?
5. Який вигляд має проект пальово-рейкового водомірного поста?

9 Лабораторна робота № 9.

Побудова профілю поперечного перерізу річки та визначення основних морфометричних характеристик її русла

9.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 9

При обробці даних промірних робіт в книжці КГ-2 за матеріалами вимірювань виконують графічну побудову профілів поперечного перерізу в окремих створах річки (або каналу) та обчислюють морфометричні характеристики русла в створі (рис. 9.1).

Профіль річки є найбільш зручним для аналізу і подальшого використання результатів промірів глибин.

Побудова профілю водного перерізу водойми виконується у визначених масштабах (вертикальному, горизонтальному) на аркушах міліметровому папері формату А4, по вертикалі відкладається глибина до дна (зверху вниз), а по горизонталі – відстані від постійного початку. Відкладені точки з'єднують ламаною лінією і отримують лінію дна.

На профілі відмічається положення та відмітка робочого рівня води в умовних метрах або метрах БС, дата промірів, під графіком у вигляді таблиці, у відповідних місцях рядків, виписують:

- номери промірних вертикалей та коди урізів води;
- відстані від постійного початку (в метрах);
- глибини на промірних вертикалях (в метрах);
- відмітки дна на промірних вертикалях (в умовних метрах або БС);
- характер ґрунту дна.

Позначки дна отримують як різницю позначки поверхні води (робочого рівня води) та глибини на промірних вертикалях.

Масштаб для побудови підбирають в залежності від ширини русла (відстані від берега до берега) і характеру глибин у створі. Масштаб має бути кратним 2, 5 або 10. Наприклад, якщо горизонтальний масштаб в 1 см 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 м, то вертикальний – в 1 см 0,5, 1, 2, 5 м. Зліва розміщують дві колонки для головних морфометричних характеристик.

Кожний профіль будується на окремому аркуші, а всі записи та побудова виконуються простим олівцем (підписи і розмірності мають бути акуратними і чіткими).

Профіль треба підписати, вказати масштаби, прізвища виконавця і особи, яка перевірила правильність креслення.

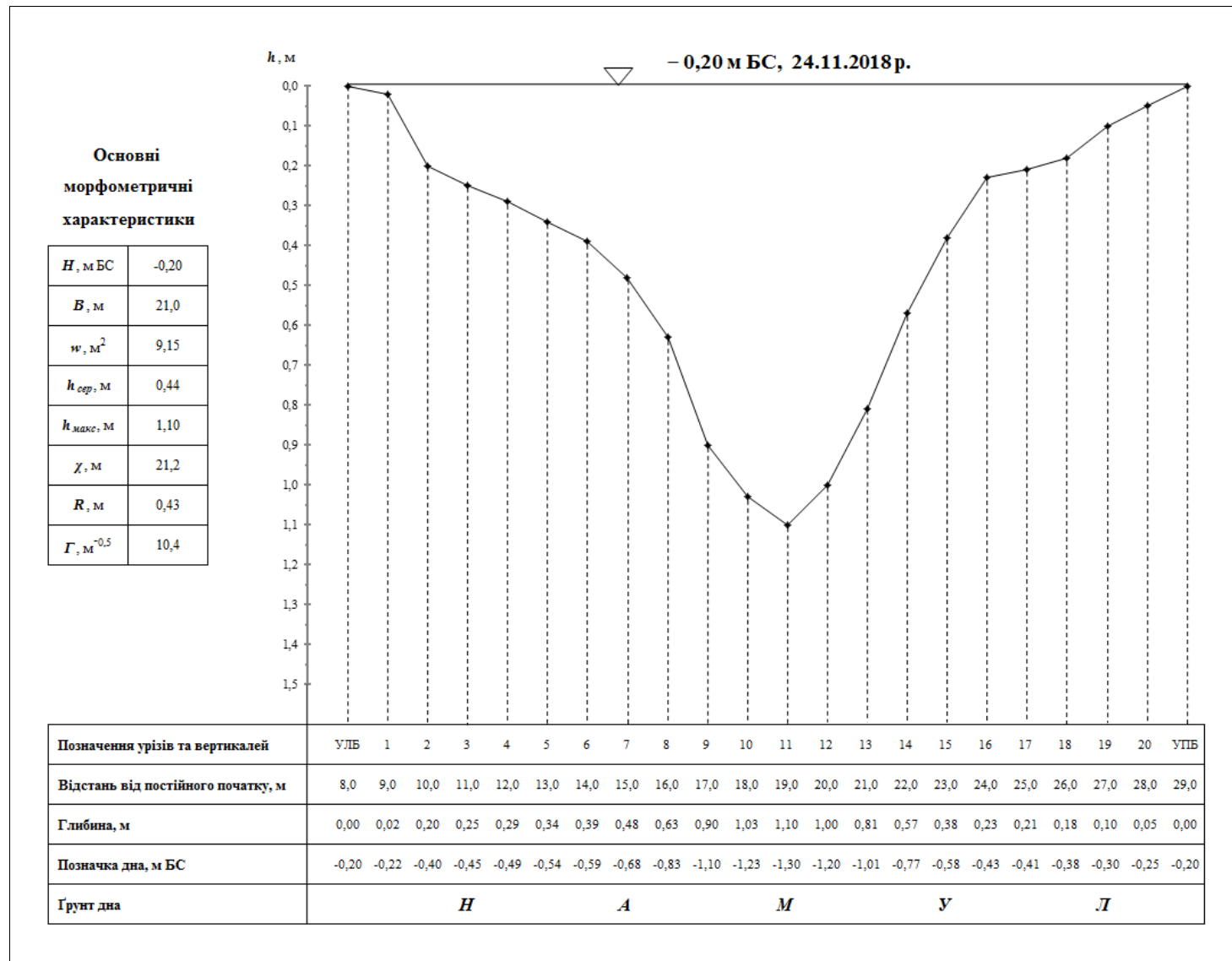


Рис. 9.1 – Приклад профілю поперечного перерізу, р. Курудорова – м. Біляївка (створ № 6)

Для кожного профілю поперечного перерізу обчислюють такі морфометричні характеристики:

- робочий рівень води, H (м БС);
- ширина річки, B (м);
- площа водного перерізу, w (м²);
- середня глибина, $h_{сер}$ (м);
- максимальна глибина, h_{max} (м);
- довжина змоченого периметру (лінії дна), χ (м);
- гідравлічний радіус, R (м);
- параметр Глушкова, Γ (м⁻¹).

Робочий рівень води H отримують як середньоарифметичне значення рівнів на початку та у кінці промірів.

Ширина річки B дорівнює різниці між відстанями від постійного початку до урізів дальнього і ближнього берегів або за даними GPS.

Водний переріз русла річки, озера або іншої водойми – це простір, обмежений знизу – дном, з боків – берегами, зверху – поверхнею води. Площу водного перерізу w та змочений периметр χ розраховують в табличній формі (табл. 9.1) або за допомогою відповідної схеми (рис. 9.2).

Середня глибина $h_{сер}$ визначається шляхом ділення загальної площі водного перерізу на ширину річки в промірному створі за формулою:

$$h_{сер} = \frac{w}{B}. \quad (9.1)$$

Максимальна глибина h_{max} виписується з даних промірів (табл. 9.1).

Гідравлічний радіус R визначається шляхом ділення загальної площі водного перерізу на величину змоченого периметра:

$$R = \frac{w}{\chi}. \quad (9.2)$$

Параметр Глушкова Γ (характеристика взаємодії між руслом, яке розмивається, і потоком води в руслі) визначається за формулою:

$$\Gamma = \frac{\sqrt{B}}{h_{сер}}. \quad (9.3)$$

Таблиця 9.1 – Результати визначення площі водного перерізу та змоченого периметру за даними промірів глибин 24 листопада 2018 р., річка Курудорова – пункт місто Біляївка (створ № 6), позначка поверхні води -0,20 м БС (грунт дна – намул)

Коди урізів, номера вертикалі, i	Відстань від постійного початку до урізів води і вертикалі, b_i , м	Глибина на вертикалі, h_i , м	Позначка дна, м БС	Площа водного перерізу, w , m^2			Довжина змоченого периметру, χ , м				
				Відстань між промірними вертикалями, $b_j = b_i - b_{i-1}$, м	Глибина між промірними вертикалями, $h_j = (h_i + h_{i-1})/2$, м	Площа між промірними вертикалями, $w_j = b_j \cdot h_j$, m^2	b_j^2 , m^2	Різниця глибин між промірними вертикалями $\Delta h_j = h_i - h_{i-1}$, м	Δh_j^2 , m^2	$\chi_j^2 = b_j^2 + \Delta h_j^2$, m^2	$\chi_j = (b_j^2 + \Delta h_j^2)^{0.5}$, м
УЛБ	8,0	0,00	-0,20								
1	9,0	0,02	-0,22	1,00	0,01	0,01	1,00	0,02	0,0004	1,0004	1,00
2	10,0	0,20	-0,40	1,00	0,11	0,11	1,00	0,18	0,0324	1,0324	1,02
3	11,0	0,25	-0,45	1,00	0,22	0,22	1,00	0,05	0,0025	1,0025	1,00
4	12,0	0,29	-0,49	1,00	0,27	0,27	1,00	0,04	0,0016	1,0016	1,00
5	13,0	0,34	-0,54	1,00	0,32	0,32	1,00	0,05	0,0025	1,0025	1,00
6	14,0	0,39	-0,59	1,00	0,36	0,36	1,00	0,05	0,0025	1,0025	1,00
7	15,0	0,48	-0,68	1,00	0,44	0,44	1,00	0,09	0,0081	1,0081	1,00
8	16,0	0,63	-0,83	1,00	0,56	0,56	1,00	0,15	0,0225	1,0225	1,01
9	17,0	0,90	-1,10	1,00	0,76	0,76	1,00	0,27	0,0729	1,0729	1,04
10	18,0	1,03	-1,23	1,00	0,96	0,96	1,00	0,13	0,0169	1,0169	1,01
11	19,0	1,10	-1,30	1,00	1,06	1,06	1,00	0,07	0,0049	1,0049	1,00
12	20,0	1,00	-1,20	1,00	1,05	1,05	1,00	-0,10	0,0100	1,0100	1,00
13	21,0	0,81	-1,01	1,00	0,90	0,90	1,00	-0,19	0,0361	1,0361	1,02
14	22,0	0,57	-0,77	1,00	0,69	0,69	1,00	-0,24	0,0576	1,0576	1,03
15	23,0	0,38	-0,58	1,00	0,48	0,48	1,00	-0,19	0,0361	1,0361	1,02
16	24,0	0,23	-0,43	1,00	0,30	0,30	1,00	-0,15	0,0225	1,0225	1,01
17	25,0	0,21	-0,41	1,00	0,22	0,22	1,00	-0,04	0,0016	1,0016	1,00
18	26,0	0,18	-0,38	1,00	0,20	0,20	1,00	-0,03	0,0009	1,0009	1,00
19	27,0	0,10	-0,30	1,00	0,14	0,14	1,00	-0,08	0,0064	1,0064	1,00
20	28,0	0,05	-0,25	1,00	0,08	0,08	1,00	-0,05	0,0025	1,0025	1,00
УПБ	29,0	0,00	-0,20	1,00	0,02	0,02	1,00	-0,05	0,0025	1,0025	1,00
				$w = \sum w_j = \underline{9,15} \text{ м}^2$			$\chi = \sum \chi_j = \underline{21,16} \text{ м}$				

Примітка: УЛБ та УПБ – відповідно урізи лівого та правого берегів.

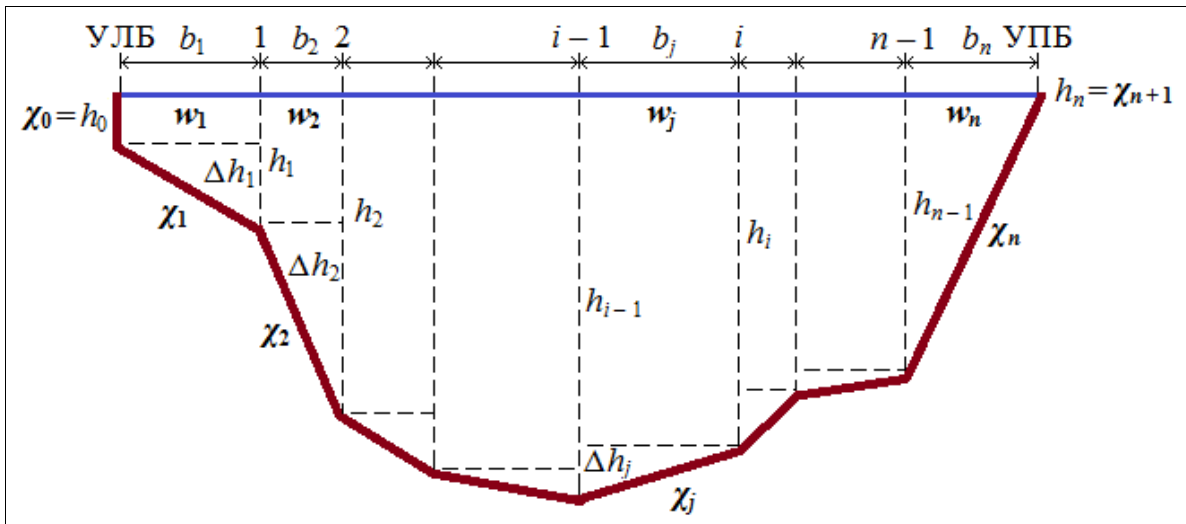


Рис. 9.2 – Схема обчислення площі водного перерізу річки (або каналу) та змоченого периметра або довжини лінії дна річки у промірному створі (пояснення наведені в тексті та у табл. 9.1)

Нижче наведений **приклад** розрахунку основних морфометричних характеристик р. Курудорова – м. Біляївка (створ № 6), які обчислені з використанням даних промірів глибин (від 24.11.2018 р.) і результатів визначення площі водного перерізу та змоченого периметру (табл. 9.1). Результати округлені до трьох значущих цифр (наприклад, 21,16 м = 21,2 м).

Робочий рівень води (позначка поверхні води) у період промірів глибин (див. табл. 9.1) становив: $H = -0,20$ м БС.

Ширина річки визначена як різниця між відстанями від постійного початку до урізів дальнього (в табл. 9.1 – УПБ) і ближнього (в табл. 9.1 – УЛБ) берегів: $B = 29,0 \text{ м} - 8,0 \text{ м} = 21,0 \text{ м}$.

Площа водного перерізу за результатами виконаних розрахунків (див. табл. 9.1) складає: $w = 9,15 \text{ м}^2$.

Середня глибина обчислена за формулою (9.1) як відношення площі водного перерізу до ширини річки: $h_{\text{сеп}} = w/B = 9,15 \text{ м}^2/21,0 \text{ м} = 0,44 \text{ м}$.

Максимальна глибина за даними промірів глибин (див. табл. 9.1) дорівнює: $h_{\text{max}} = 1,10 \text{ м}$.

Довжина змоченого периметру (лінії дна) за результатами виконаних розрахунків (див. табл. 9.1) складає: $\chi = 21,2 \text{ м}$.

Гідравлічний радіус обчислений за формулою (9.2) як відношення площі водного перерізу до довжини змоченого периметру (лінії дна) річки: $R = w/\chi = 9,15 \text{ м}^2/21,2 \text{ м} = 0,43 \text{ м}$.

Параметр Глушкова обчислений за формулою (9.3) з використанням ширини та середньої глибини річки: $\Gamma = B^{0,5}/h_{\text{сеп}} = 21,0^{0,5}/0,44 = 10,4 \text{ м}^{-1}$.

9.2 Практична частина до лабораторної роботи № 9

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток К**) виконайте розрахунок основних морфометричних характеристик річки (див. **приклад**).

Завдання 2. За результатами виконання завдання 1 та з використанням інших вихідних даних для свого варіанту (див. **Додаток К**) побудуйте на аркуші міліметрового паперу формату А4 профіль поперечного перерізу річки (див. **приклад** на рис. 9.1).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 лабораторної роботи № 9 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

9.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 9

1. З використанням яких матеріалів здійснюють побудову профілю поперечного перерізу річки та як мета виконання цієї роботи?
2. Яким чином виконують побудову профіля водного перерізу річки?
3. Які основні морфометричні характеристики обчислюють для профіля поперечного перерізу річки в створі водомірного поста?
4. Що таке середня глибина і гідравлічний радіус та як обчислюються їх значення для профіля поперечного перерізу річки?
5. Розрахунки яких морфометричних характеристик виконуються у табличній формі?

10 Лабораторна робота № 10.

Визначення ширини та положення прибережних захисних смуг водних об'єктів

10.1 Теоретична частина до лабораторної роботи № 10

У відповідності до статті 58 (пункт 1) Земельного кодексу України (ЗКУ) та статті 4 Водного кодексу України (ВКУ) до земель водного фонду належать землі, зайняті:

- морями, річками, озерами, водосховищами, іншими водними об'єктами, болотами, а також островами, не зайнятими лісами;
- прибережними захисними смугами вздовж морів, річок та навколо водойм, крім земель, зайнятих лісами;
- гідротехнічними, іншими водогосподарськими спорудами та каналами, а також землі, виділені під смуги відведення для них;
- береговими смугами водних шляхів.

Прибережні захисні смуги (ПЗС) водних об'єктів є останнім бар'єром на шляху негативних антропогенних впливів, що формуються на водозборі, тому від їх стану певною мірою залежить якість води у водотоках і водоймах та стан гідробіонтів.

10.1.1 Терміни та законодавчі обмеження в межах прибережних захисних смуг як земель водного фонду

Згідно з статтею 60 (пункт 1) ЗКУ та статтею 1 ВКУ ПЗС – це частина водоохоронної зони відповідної ширини вздовж річки, моря, навколо водойм, на якій встановлено більш суворий режим господарської діяльності, ніж на решті території водоохоронної зони.

Згідно статті 87 ВКУ водоохоронна зона (ВЗ) є природоохоронною територією господарської діяльності, що регулюється. ВЗ встановлюються для створення сприятливого режиму водних об'єктів, попередження їх забруднення, засмічення і вичерпання, знищення навколоводних рослин і тварин, а також зменшення коливань стоку вздовж річок, морів та навколо озер, водосховищ і інших водойм. Це означає, що на території ПЗС заборонено розорювати землі, займатися городництвом і садівництвом, влаштовувати літні табори для худоби, бази відпочинку, дачі, гаражі, стоянки та мийки автомобілів і т.п. На території ПЗС дозволяється будувати лише гідротехнічні, гідрометричні та лінійні споруди.

Відповідно до вимог статті 88 ВКУ та статті 60 (пункт 2) ЗКУ ПЗС встановлюється вздовж обох берегів річок, струмків і потічків та навколо водойм уздовж урізу води у меженний період.

Якщо водний об'єкт є джерелом питного водопостачання, то ПЗС включають у зону санітарної охорони. На місцевості (в натурі) межі ПЗС і ВЗ водних об'єктів закріплюють спеціальними водоохоронними знаками.

Класифікація річок України здійснюється у відповідності до статті 79 ВКУ. Залежно від водозбірної площі басейну річки поділяються на великі, середні та малі.

До великих належать річки, які розташовані у кількох географічних зонах і мають площу водозбору **понад 50 тис. км²**.

До середніх належать річки, які мають площу водозбору **від 2 тис. км² до 50 тис. км²**.

До малих належать річки з площею водозбору **до 2 тис. км²**.

Водозбір (річковий басейн) – це частина земної поверхні і товщі ґрунтів, стік води з якої послідовно через пов'язані водойми і водотоки здійснюється в море, лиман або озеро.

Переліки великих і середніх річок із зазначенням інформації щодо площі їх водозбору складаються центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері розвитку водного господарства, і розміщуються на його офіційному веб-сайті. Наприклад, на сьогодні в Одеській області таким органом є Басейнове управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю (URL: <https://oouvr.gov.ua/>).

Згідно з статтею 1 ВКУ водойма – це безстічний або із сповільненим стоком поверхневий водний об'єкт. Водний об'єкт – це природний або створений штучно елемент довкілля, в якому зосереджуються води (море, лиман, річка, струмок, озеро, водосховище, ставок, канал (крім каналу на зрошувальних і осушувальних системах), а також водоносний горизонт). До штучних водойм належать водосховища та ставки. Водосховище – це штучна водойма місткістю більше 1 млн. м³, збудована для створення запасу води та регулювання її стоку. Ставок – це штучно створена водойма місткістю не більше 1 млн. м³.

У статті 88 ВКУ та статті 60 (пункт 2) ЗКУ вказано, що ПЗС встановлюються по берегах річок і навколо водойм уздовж урізу води (у меженний період) шириною: 25 м – для малих річок, струмків і потічків, а також ставків площею менше 3 га; **50 м** – для середніх річок, водосховищ на них і ставків площею більше 3 га; **100 м** – для великих річок, водосховищ на них і озер.

Якщо крутизна схилу більше 3° (перевищення між двома точками схилу становить більше 0,05 м на 1 м схилу), то мінімальна ширина ПЗС подвоюється.

Уріз води – це межа води на березі водного об'єкта (берегова лінія).

Меженний період (межень) – це період річного циклу, протягом якого спостерігається низька водність.

Водність – це характеристика величини річкового стоку за певний проміжок часу відносно його середньої багаторічної величини.

Крім того, згідно статті 60 (пункт 3) ЗКУ та статті 88 ВКУ уздовж морів та навколо морських заток і лиманів встановлюється ПЗС шириною не менше двох кілометрів від урізу води.

Слід зазначити, що в статті 88 ВКУ не вказується водність року (багатоводний, маловодний, середній за водністю рік та/або його забезпеченість) у меженний період якого визначається положення урізу води, необхідного для встановлення ПЗС по берегах річки.

Однак, у статті 82 ВКУ вказано, що визначення обсягів регулювання стоку штучними водоймами для будь-яких за розміром річок має здійснюватися урахуванням обсягу стоку даної річки «в розрахунковий маловодний рік, який спостерігається один раз у двадцять років», тобто в дуже маловодний рік забезпеченістю $P=95\%$.

З урахуванням вище викладеного приймається, що положення урізу води, необхідного для встановлення ширини та меж ПЗС по берегах річки, треба визначати для меженного періоду в розрахунковий маловодний рік, який спостерігається один раз у двадцять років забезпеченістю $P=95\%$. Крім того, враховуючи те, що значна кількість малих річок степової зони України у меженний період дуже маловодного року забезпеченістю $P=95\%$ пересихає навіть у природних умовах (в руслі річки немає води), а також те, що у ВКУ не зазначено як визначати внутрішню межу ПЗС річок, які у меженний період пересихають, вимірювання ширини і меж ПЗС таких річок виконують від середини їх русла (зазвичай, лінії найбільших глибин), тобто коли внутрішня межа ПЗС співпадає з місцем, в якому зникає вода перед повним пересиханням русла.

ПЗС встановлюються на земельних ділянках всіх категорій земель, крім земель морського і внутрішнього водного транспорту. Землі ПЗС перебувають у державній та комунальній власності та можуть надаватися в користування лише для цілей, визначених ВКУ. Передача таких земель у приватну власність не передбачена.

У межах існуючих населених пунктів ПЗС встановлюється з урахуванням містобудівної документації. ПЗС в межах населених пунктів встановлюються згідно з комплексними планами просторового розвитку територій територіальних громад, генеральними планами населених пунктів, а в разі їх відсутності або якщо зазначеною містобудівною документацією межі таких смуг не встановлені, вони визначаються шириною 100 метрів від урізу води морів, морських заток і лиманів, а для інших водних об'єктів – згідно з частиною другою статті 88 ВКУ.

Межі ПЗС, пляжних зон зазначаються в документації із землеустрою, містобудівній документації та позначаються органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування на місцевості інформаційними знаками. Відомості про межі ПЗС, пляжних зон вносяться до Державного земельного кадастру як відомості про обмеження у використанні земель.

Зважаючи на спеціальні заходи, що покликані мінімізувати негативний вплив антропогенного освоєння прибережних територій, які реалізуються в межах населених пунктів (облаштування набережних, створення систем водовідведення та водоочищення, в т.ч. господарсько-побутової та дощової каналізації), розміри ПЗС у випадках, передбачених містобудівною документацією (генеральними планами населених пунктів, детальними планами територій) можуть підлягати зменшенню.

Слід також зазначити, що згідно з статтею 80 (пункт 7) ВКУ у заплавах малих річок забороняється надавати земельні ділянки під будь-яке будівництво (крім гідротехнічних, гідрометричних та лінійних споруд), а також для садівництва та городництва.

Заплава (заплавні землі) – це прибережна територія, що може бути затоплена чи підтоплена під час повені (паводка).

Крім того, на заплавах та обривистих берегах, зовнішня межа ПЗС приймається не ближче ніж 50 м від брівки корінного берега в напрямку до вододілу.

Якщо річка на певній ділянці має кілька рукавів чи приток, ПЗС встановлюється на обох берегах річки від крайніх рукавів. Півострови, серед яких і ті, що утворилися внаслідок меандрування річки, повністю включаються до ПЗС, якщо ширина перешийка меандра річки не перевищує 2,5 ширини ПЗС.

Крім того, берегові схили крутістю понад 5° незалежно від рослинності на них відносяться до території ерозійної активності (включно з ярами, балками, улоговинами стоку) та належать до території ПЗС.

Для упорядкування сучасного стану ПЗС у рамках дотримання положень ВКУ і ЗКУ необхідним є винесення в натуру та закріплення відповідними знаками меж ПЗС (рис. 10.1) із подальшою інспекцією дотримання положень ВКУ і ЗКУ щодо режиму їх експлуатації. Вид та розмір даного знака визначаються згідно з наказом Держкомзему України «Про затвердження Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та їх закріплення межовими знаками» від 18.05.2010 р. № 376.



Рис. 10.1 – Зразок спеціального інформаційного знака для розміщення на зовнішній межі ПЗС річки (на прикладі середньої річки Тилігул)

Спеціальні інформаційні знаки встановлюють у місцях входу (виходу) на територію ПЗС, руху транспорту (в місцях перетину межі водного об'єкта дорогами, стежками та ін.). Впровадження таких компенсаторних заходів мінімізує антропогенний вплив на водні, земельні та інші природні ресурси річки у майбутньому.

10.1.2 Обчислення ширини та меж прибережних захисних смуг річок, ставків і водосховищ

Наявність офіційної інформації про стан земель ПЗС уздовж берегів водойм і водотоків України унеможливорює виникнення непорозумінь та зловживань під час їх використання і сприяє збереженню водних об'єктів.

На сьогодні в Україні основну нормативно-правову та методичну базу формування водоохоронних обмежень у використанні земель в межах ПЗС водотоків і водойм складають: ВКУ; ЗКУ; постанова Кабінету Міністрів України від 08.05.1996 № 486 *«Про затвердження Порядку визначення розмірів і меж водоохоронних зон та режиму ведення господарської діяльності в них»*; ДБН 360-92** *«Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень»*; СОУ 00032632-005:2009 *«Землеустрій. Проекти землеустрою щодо створення водоохоронних зон. Правила розроблення»* (затверджений наказом Держкомзему від 17.07.2009 № 375); ВБН 33-4759129-03-05-92 *«Проектування, упорядкування та експлуатація водоохоронних зон водосховищ»*, а також *«Методика упорядкування водоохоронних зон річок України»*.

Серед сучасних методів визначення та контролю меж і дослідження стану ПЗС одним з найефективніших є метод, заснований на дешифруванні даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Використання зазначеного вище методу є також актуальним, якщо здійснювати регулярні польові дослідження складно і дорого. Для визначення стану ПЗС, які відбулися в результаті антропогенних перетворень, використовують топографічні карти різних масштабів, супутникові знімки та матеріали натурних обстежень. Існуючий (у вільному доступі) картографічний матеріал (карти масштабів 1:100000 та 1:50000 й ін.) є зазвичай застарілим і не висвітлює сучасний стан ПЗС, тому для оцінки меж і стану ПЗС використовують космічні знімки, дані аерофотозйомки та результати польових досліджень. Оцінку структури багаторічних змін меж і стану ПЗС здійснюють шляхом дешифрування ретроспективних рядів космічних знімків.

Для дослідження розмірів та сучасного стану ПЗС спочатку треба визначити місцезположення русла водотоку (річки, балки, струмка, каналу) або ложа водойми (озера, лиману, ставка, водосховища). Далі визначають крутизну схилів водотоків та/або площу водойм. Після цього визначають розміри та стан ПЗС. Уточнення інформації про сучасний стан і межі ПЗС здійснюють підчас натурних обстежень і вимірювань.

Нижче наведений **приклад** з етапами визначення ширини, меж та положення ПЗС р. Сож (рис. 10.2), яка має площу водозбору 54,1 тис. км².

1. Дана річка має площу водозбору понад 50 тис. км², тому згідно з діючою класифікацією належить до великих річок.

2. Враховуючи те, що дана річка належить до великих річок, ширина ПЗС, яка встановлюється по берегах річки уздовж урізу води (у меженний період) має дорівнювати 100 м.

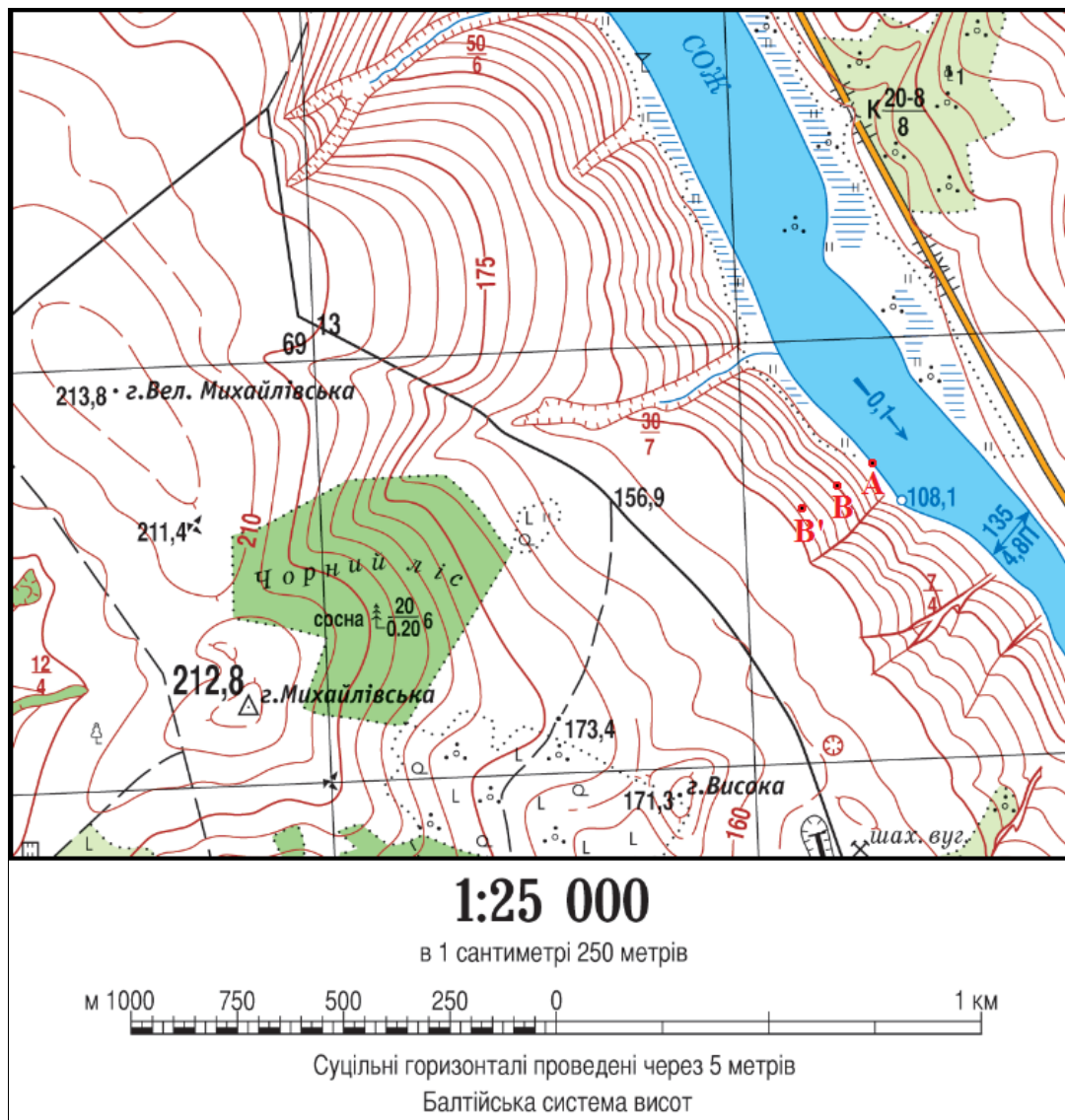


Рис. 10.2 – Збільшений фрагмент карти масштабу 1:25000 для визначення ширини, меж та положення ПЗС р. Сож (пояснення у тексті)

3. За допомогою карти (масштаб 1:25000) визначаємо положення зовнішньої межі ПЗС р. Сож (рис. 10.2, відрізок **AB**), шляхом відкладання перпендикуляру до лінії урізу води (внутрішньої межі ПЗС) довжиною 100 м (у масштабі використаної карти довжина даного відрізка дорівнює 4 мм).

4. Далі визначаємо крутизну берегового схилу річки в межах ПЗС, яка на ділянці відрізка **AB** дорівнює: $\nu_{AB} = \arctg(\Delta h_{AB} / l_{AB}) = 57,3^\circ \cdot (\Delta h_{AB} / l_{AB}) = 57,3^\circ \cdot (125 \text{ м} - 108,1 \text{ м}) / 100 \text{ м} = 57,3^\circ \cdot (16,9 \text{ м} / 100 \text{ м}) = 57,3^\circ \cdot 0,169 = 9,7^\circ$.

5. З урахуванням того, що крутизна схилу більше 3° , мінімальна ширина ПЗС подвоюється та становить не 100 м, а 200 м.

6. Уточнене положення зовнішньої межі ПЗС р. Сож позначаємо на карті точкою **B'** (рис. 10.2, відрізок **AB'**).

7. Уточнення інформації про фактичний стан і межі ПЗС здійснюють підчас натурних обстежень і вимірювань, а також при виносі зовнішньої межі ПЗС в на місцевість.

10.2 Практична частина до лабораторної роботи № 10

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Л**) визначте розмір річки відповідно до статті 79 ВКУ та ширину ПЗС згідно з статті 88 ВКУ та статті 60 (пункт 2) ЗКУ (див. **приклад** – етапи **1** та **2**).

Завдання 2. За результатами виконання завдання 1 та з використанням інших вихідних даних свого варіанту (див. **Додаток Л**) визначте положення зовнішньої межі ПЗС, крутизну берегового схилу в межах ПЗС і потребу в уточненні положення зовнішньої межі ПЗС (див. **приклад** – етапи **3-6**).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 лабораторної роботи № 10 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

10.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту лабораторної роботи № 10

1. Яким чином здійснюється класифікація річок (на великі, середні або малі) та штучних водойм (на водосховища або ставки) у відповідності до статей 1 та 79 Водного кодексу України?

2. Чому дорівнює мінімальна ширина прибережної захисної смуги по берегах річок (в залежності від їх розміру) і навколо водойм на них уздовж урізу води (у меженний період) згідно з вимогами статті 88 Водного кодексу України та статті 60 Земельного кодексу України?

3. Що означає термін «меженний період» та в який за водністю рік треба визначати положення урізу води в межень у відповідності до статей 1 та 82 Водного кодексу України?

4. Як змінюється мінімальна ширина прибережної захисної смуги в залежності від значення крутизни схилів згідно з вимогами статті 88 Водного кодексу України та статті 60 Земельного кодексу України?

5. З використанням яких вихідних матеріалів і розрахункових формул можна визначити крутизну схилів, положення урізу води у меженний період та прибережних захисних смуг і як здійснюється визначення їх координат, нанесення на профіль, карту або план та винос в натуру?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колодеев Є. І., Гриб О. М. Лабораторний практикум з геодезії: навч. пос. / Одеса: Екологія, 2007. 68 с.
2. Гриб О. М. Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем. Навчальна практика: навч. пос. / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2021, 76 с.
3. Стукальський В. П., Шаргар О. М. Геодезія : навч. пос. Одеса : ВМВ, 2013. 560 с.
4. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2012. 337 с.
5. Шаргар О. М., Колиханін С. П. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної та лабораторних робіт з дисципліни «Інженерна геодезія» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» галузь знань – 19 «Архітектура та будівництво» спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса: ОДАБА, 2021. 28 с.
6. Гриб О. М. Геодезія та картографія: конспект лекцій / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2017. 102 с.
7. Колодеев Є. І., Гриб О. М., Яров Я. С. Гідрометрія та гідрохімія. Збірник методичних вказівок до виконання практичних робіт / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2009. 180 с.
8. Колодеев Є. І., Гриб О. М. Методи гідрометеорологічних вимірювань (гідрологічні вимірювання). Навчальна польова практика: навч. пос. / Одеса: ТЕС, 2009. 75 с.
9. Водний кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР.
10. Земельний кодекс України від 25.10.1995 р. № 2768-III.
11. Гриб О. М., Гращенко Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «Геодезія» (частина 1) для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр»). Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 30 с.

Додаток А.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 1

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ
ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Державне підприємство
"Одеський регіональний центр стандартизації, метрології та сертифікації"
(ДП "Одесастандартметрологія")
65014 м. Одеса, вул. Чорноморська, 10, тел. 726-79-49, факс 726-79-57
Свідоцтво про уповноваження № П-36-2019 від 24.07.2019 р.

СВІДОЦТВО
про перевірку законодавчо регульованого засобу вимірювальної техніки

№ 233-ГМ Чинне до " 12 " жовтня 20 22 р.

Назва та умовне позначення Рулетка вимірювальна металева
P50Y3K Зав. № 10175

Виробник КДВП «Контакт»

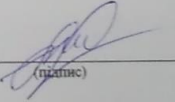
За результатами перевірки встановлено, що засіб вимірювальної техніки
(далі – ЗВТ) відповідає вимогам ДСТУ 4179-2003
(назва нормативно-правового акта)

Рулетки вимірювальні металеві. Технічні умови
що містить вимоги до метрологічних характеристик і значення метрологічних характеристик

$\Delta = \pm 10,2$ мм ; діапазон вимірювань 0 – 50 м
(клас точності, похибки, діапазони вимірювання), особливості застосування ЗВТ)

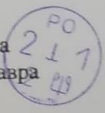
Додаток: на - стор. у - прим.

Персонал, який виконував роботи з перевірки


(підпис)

І. В. Вожеловська
(ініціали, прізвище)

Місце відбитка
повірного тавра



" 12 " квітня 20 21 р.

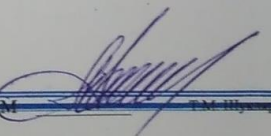
1 Перевірено:
Начальник лабораторії МЗ ВДМ  Т.М. Шумар

Рис. А.1 – Фото свідоцтва про перевірку вірцевої рулетки металевої P50Y3K, II класу точності (див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.2 – Фото взірцевої рулетки металевої Р50УЗК приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)

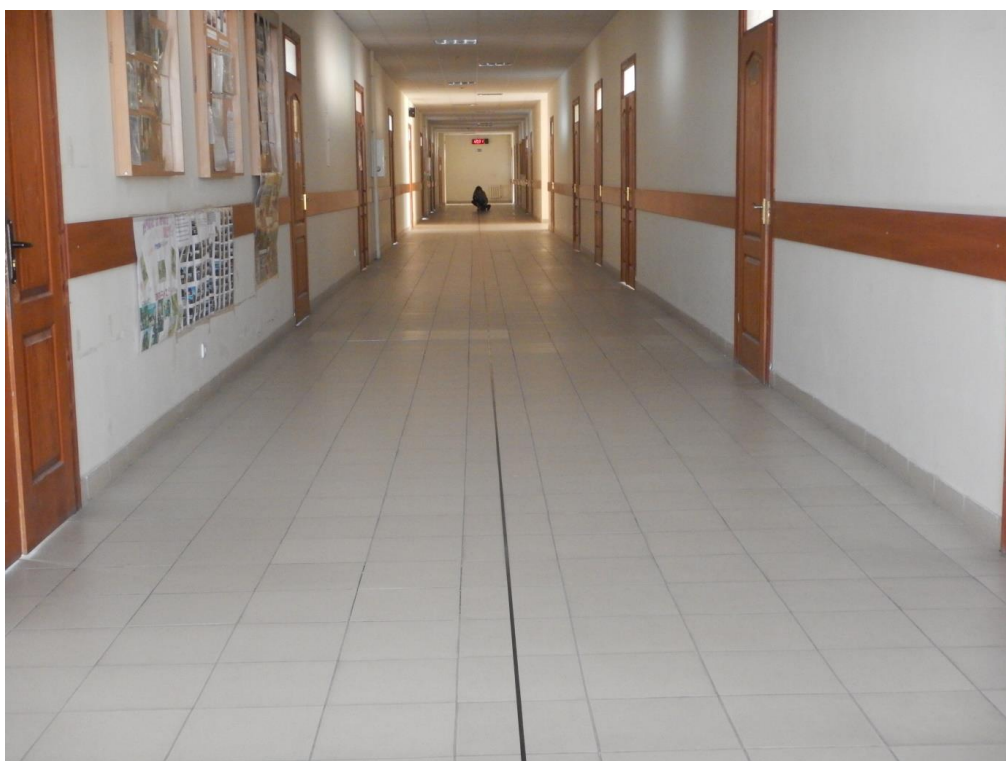


Рис. А.3 – Фото місця огляду і компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)

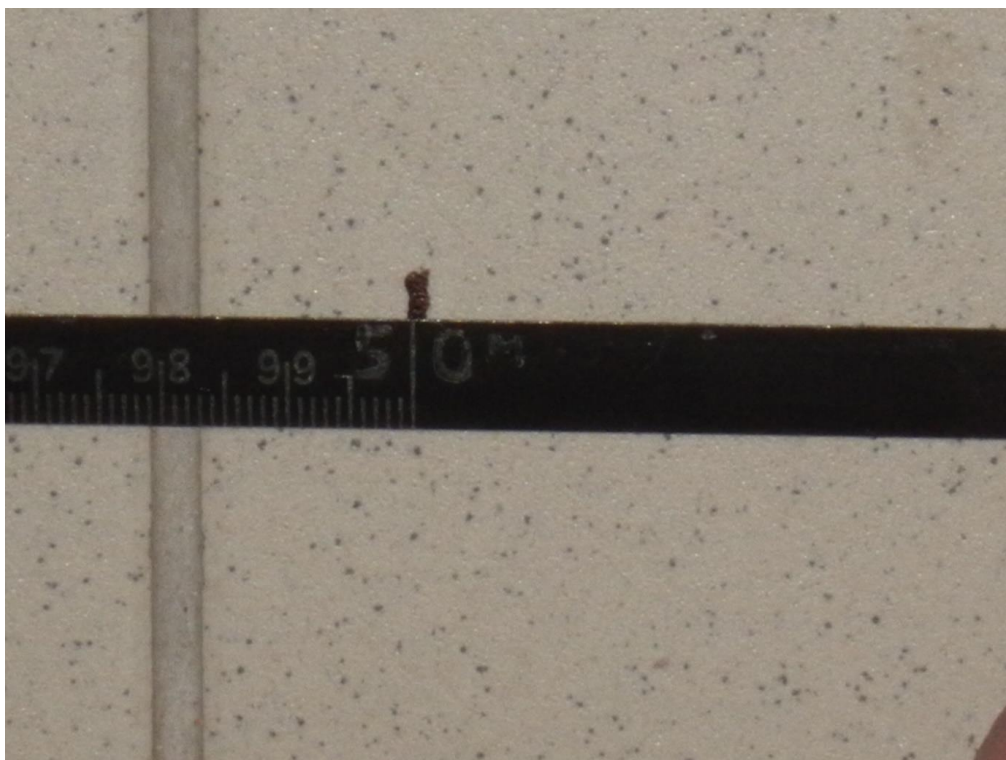


Рис. А.4 – Фото підготовки базисів для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.5 – Фото марки 0 м базису для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)

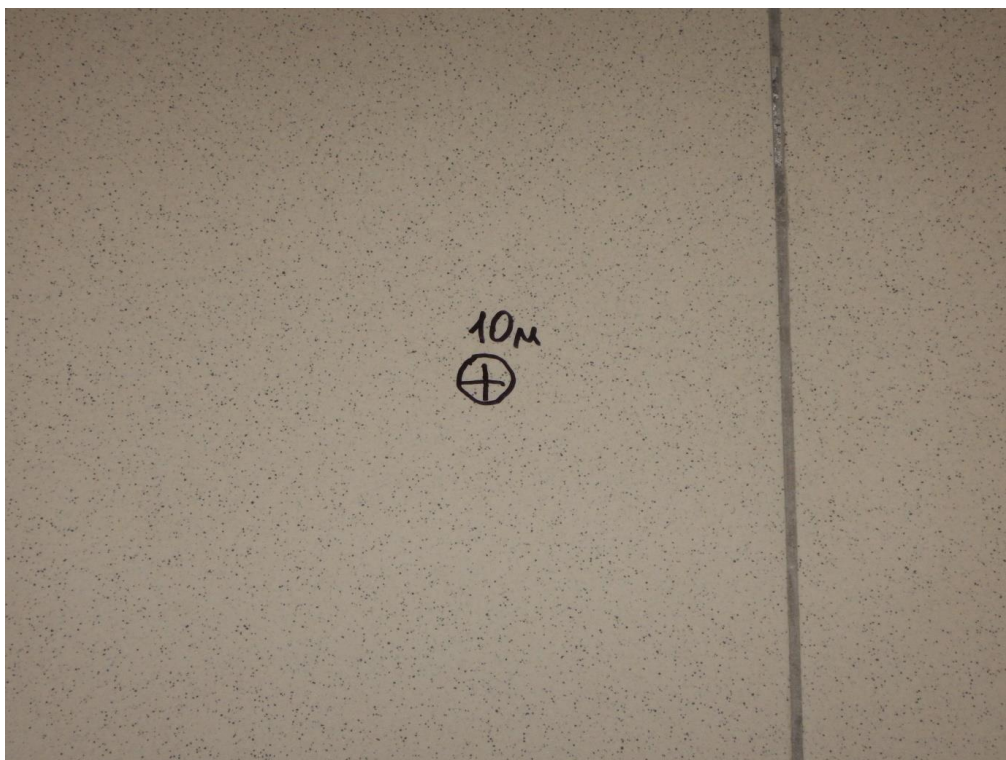


Рис. А.6 – Фото марки 10 м базису для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.7 – Фото марки 20 м базису для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)

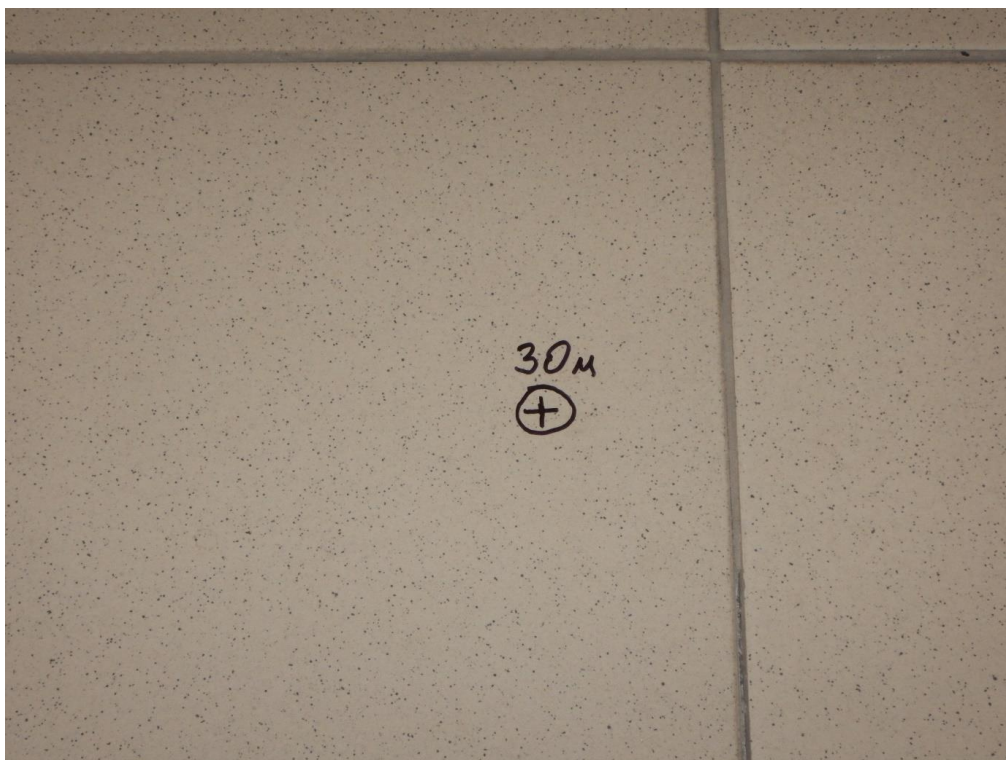


Рис. А.8 – Фото марки 30 м базису для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.9 – Фото марки 40 м базису для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)

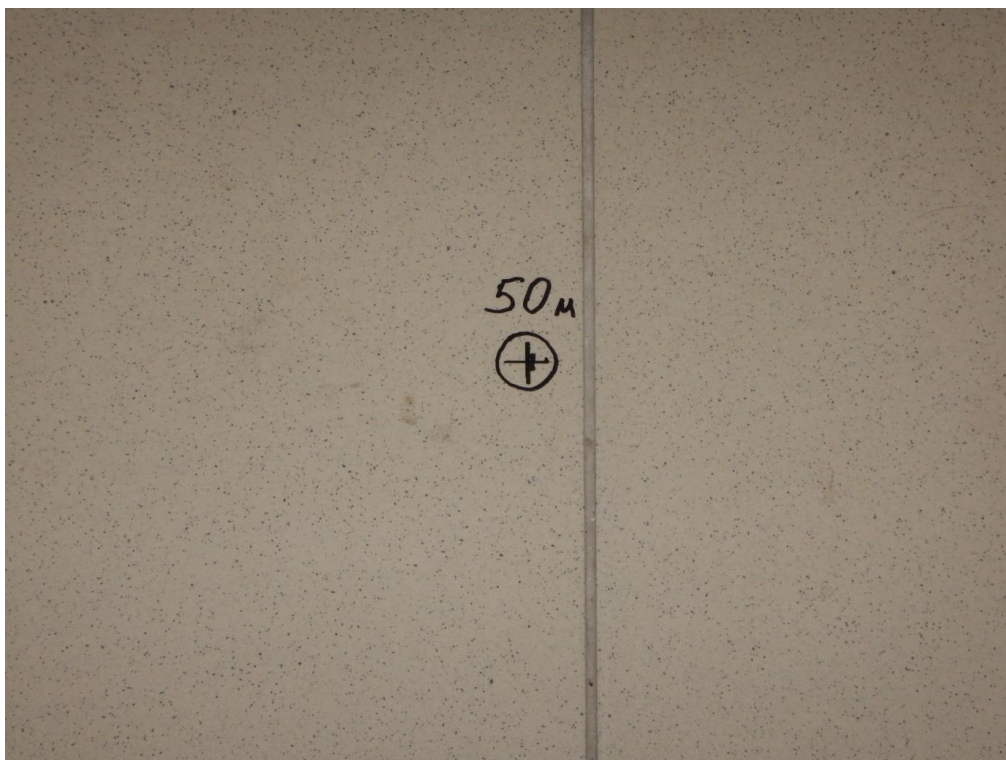


Рис. А.10 – Фото марки 50 м базису для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.11 – Фото марки 60 м базису для компарування мірних приладів
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)

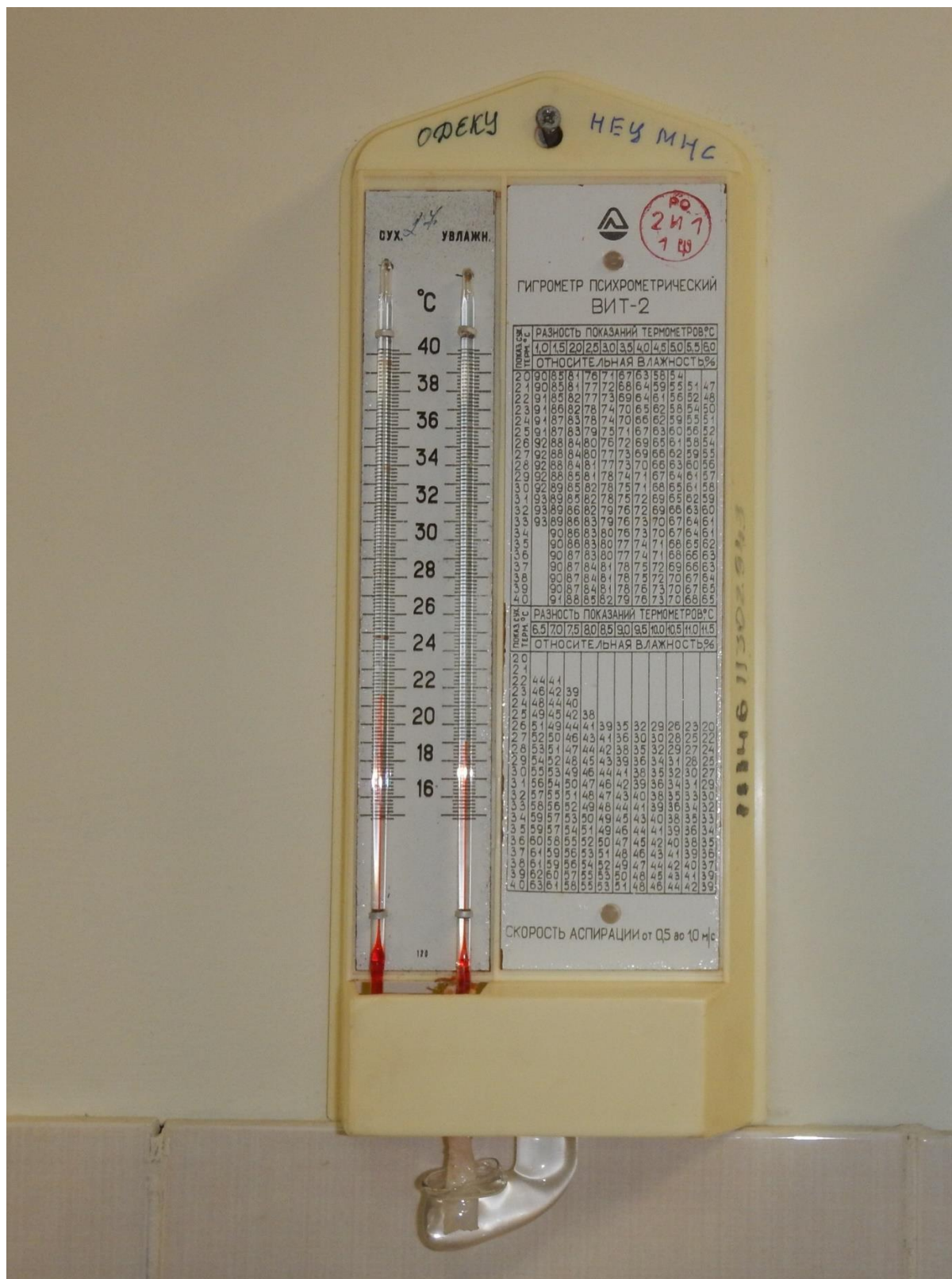


Рис. А.12 – Фото гігрометра психрометричного для визначення температури та відносної вологості повітря під час компарування (див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.13 – Фото барометра-анероида для визначення атмосферного тиску під час компарування (див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.14 – Фото рулетки, призначеної для компарування
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.15 – Вихідні дані до компарування рулетки
(див. Приклад до лабораторної роботи № 1)



Рис. А.16 – Фото рулетки, призначеної для компарування
(варіант № 1)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

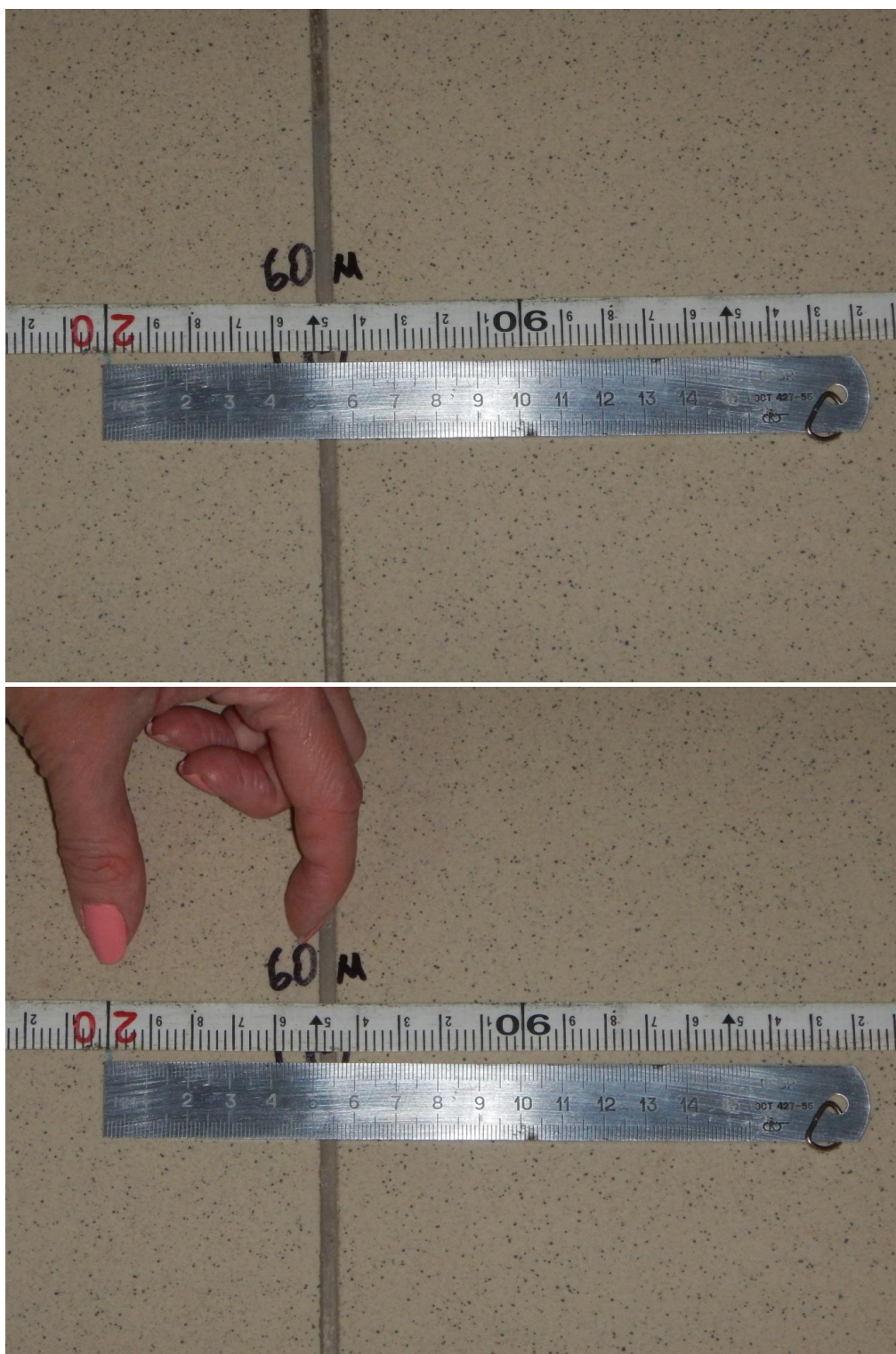


Рис. А.17 – Вихідні дані до компарування рулетки
(варіант № 1)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем; **використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання.**



Рис. А.18 – Фото рулетки, призначеної для компарування
(варіант № 2)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.



Рис. А.19 – Вихідні дані до компарування рулетки
(варіант № 2)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем; **використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання.**



Рис. А.20 – Фото рулетки, призначеної для компарування
(варіант № 3)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

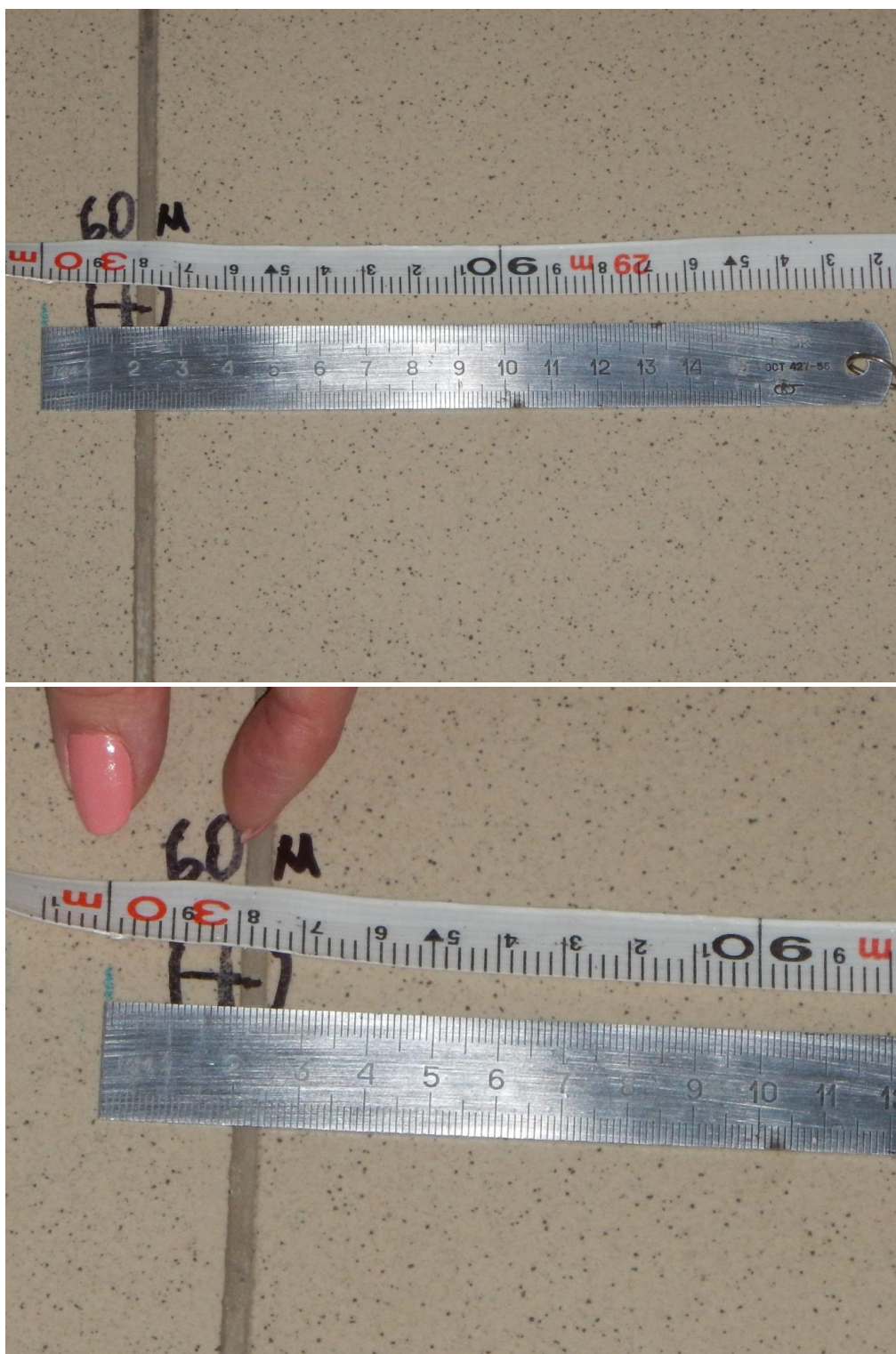


Рис. А.21 – Вихідні дані до компарування рулетки
(варіант № 3)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем; **використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання.**

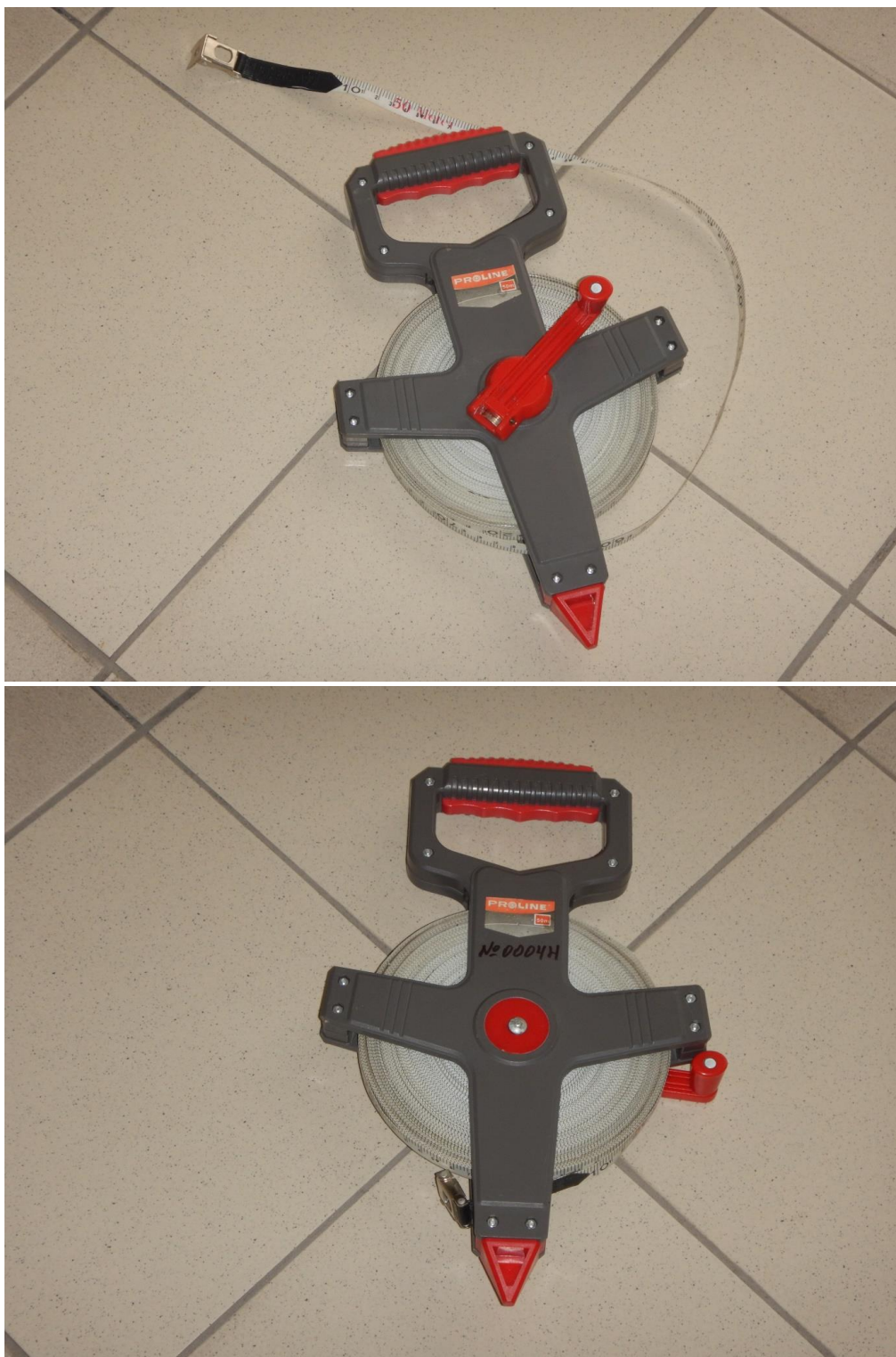


Рис. А.22 – Фото рулетки, призначеної для компарування
(варіант № 4)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

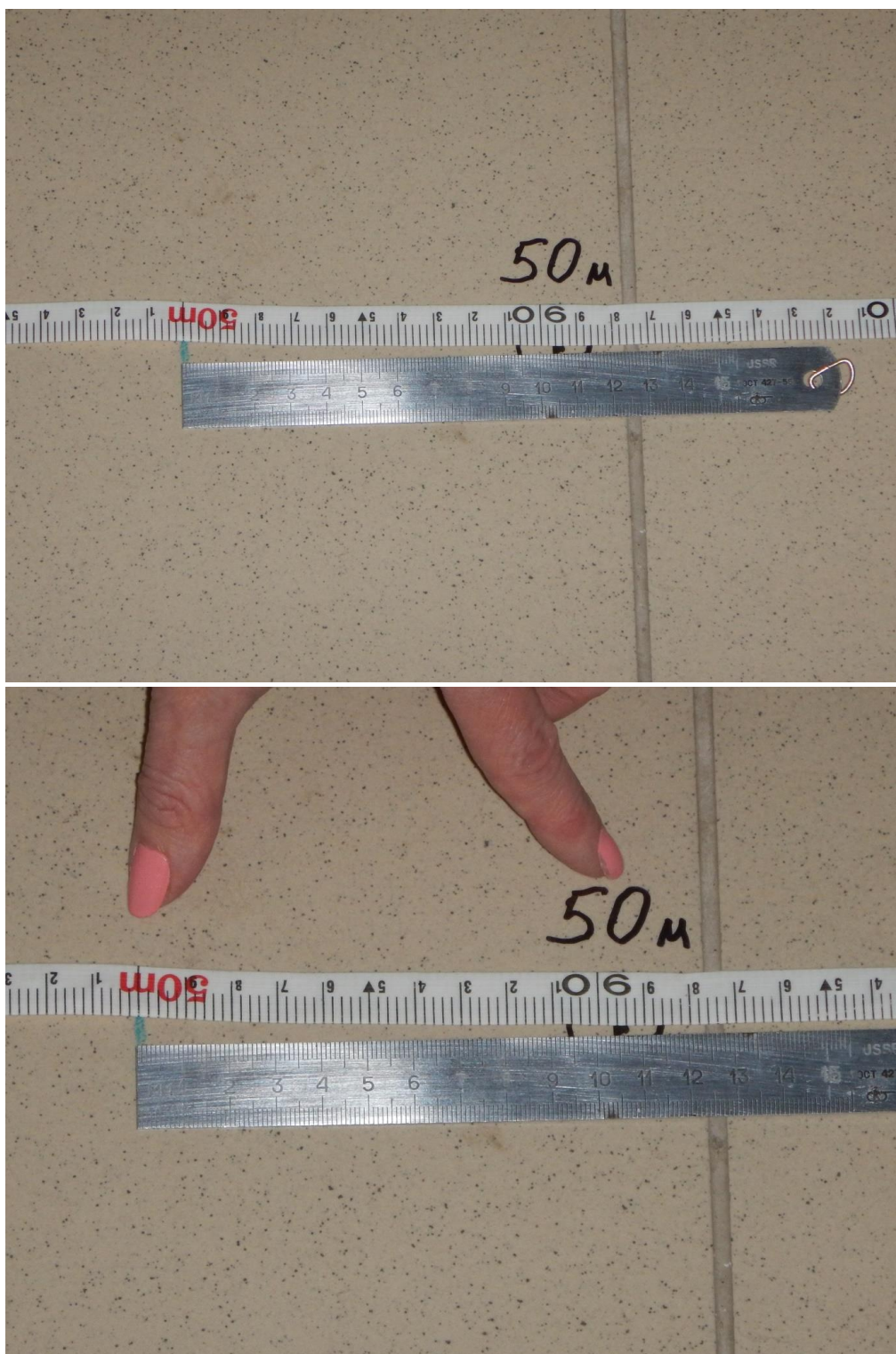


Рис. А.23 – Вихідні дані до компарування рулетки
(варіант № 4)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем; **використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання.**



Рис. А.24 – Фото рулетки, призначеної для компарування
(варіант № 5)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

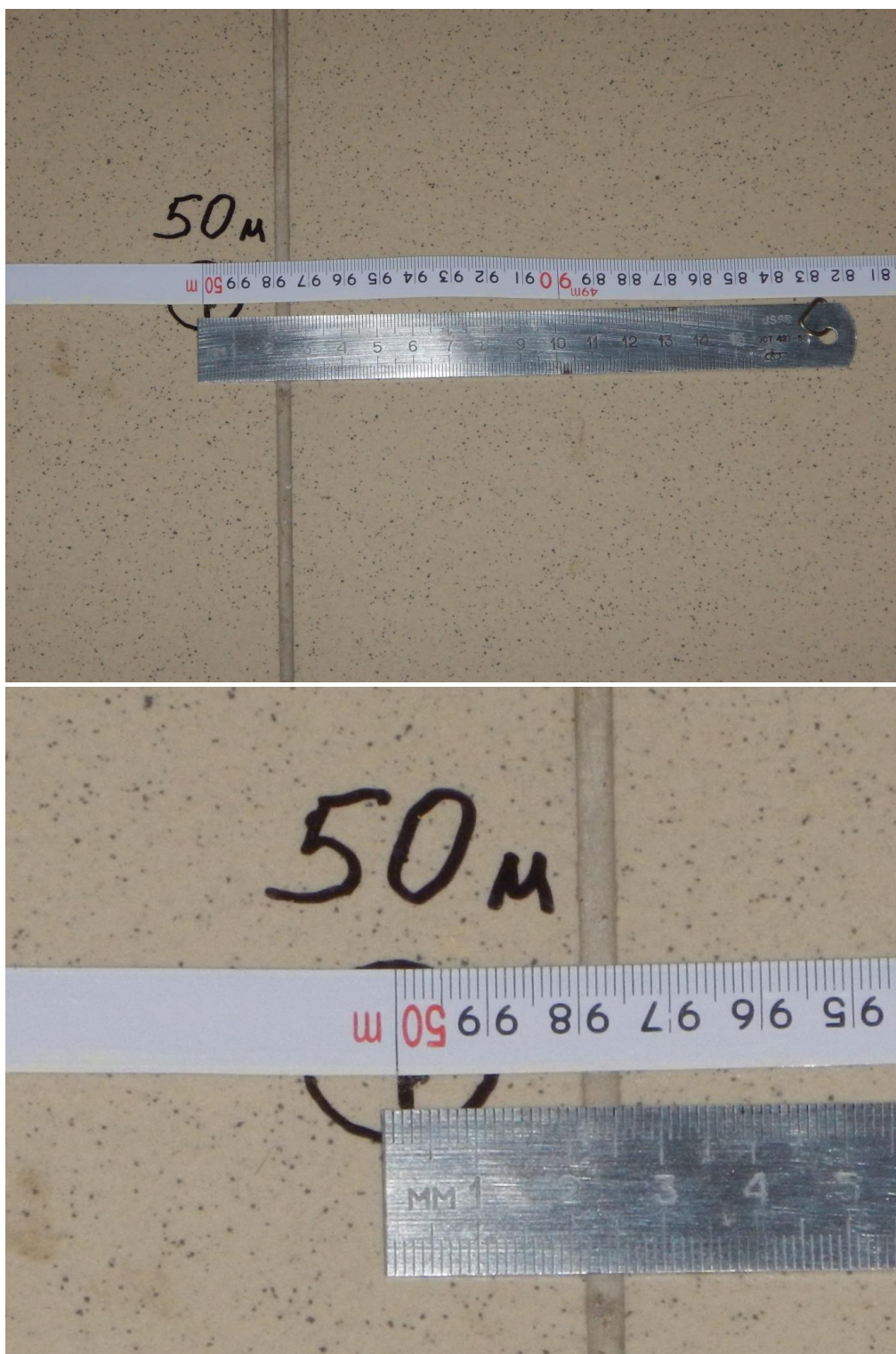


Рис. А.25 – Вихідні дані до компарування рулетки
(варіант № 5)

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем; **використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання.**

Додаток Б.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 2

Таблиця Б.1 – Зразок оформлення результатів перевірки та юстування (виправлення) теодоліта 2Т30П

Результати перевірки та юстування (виправлення) теодоліта Тип теодоліта: <u>2Т30П</u> . Зав. № <u>40897</u> . Накладна бусоль №: <u>98</u> .				
<u>Результати перевірки та огляду зовнішнього стану теодоліта і його комплектності відповідно до паспорту приладу</u>				
Перевірка та огляд зовнішнього стану:			Комплектність теодоліта відповідно до паспортом приладу (наявність запасних частин і приладдя)	
чистота оптичних деталей зорової труби та мікроскопу	контрастність і чіткість зображення ниток сітки ниток в окулярі зорової труби та штрихів і чисел в окулярі мікроскопу	відсутність корозії та дефектів на теодоліті, які можуть ускладнити роботу з приладом, а також на футлярі		
<i>Чисті</i>	<i>Контрастні і чіткі</i>	<i>Відсутні</i>	<i>Відповідає паспорту (запасні частини зберігаються в лабораторії)</i>	
<u>Результати перевірки працездатності теодоліта та штатива, взаємодії їх рухомих вузлів і проведених виправлень</u>				
Плавність обертання приладу	Відсутність помітних коливань окулярного коліна зорової труби	Справність рівнів, виправних та закріплених гвинтів	Справність, міцність і стійкість штатива, відповідність теодоліта та станового гвинта	
<i>Обертання плавне</i>	<i>Коливання відсутні</i>	<i>Рівні та гвинти справні</i>	<i>Штатив справний, міцний і стійкий (гвинти та гайки штатива підтягнуті), становий гвинт відповідає теодоліту</i>	
<u>Результати виконання перевірок 1 і 2 та юстування (виправлення) теодоліта</u>				
Порядковий номер та назва перевірки:	Результат перевірки	Юстування (виправлення)	Результат після юстування	
1 – вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта	<i>Потрібне юстування</i>	<i>Виконане юстування</i>	<i>Умова виконана</i>	
2 – горизонтальна нитка сітки ниток зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання теодоліта	<i>Умова виконана</i>	<i>Юстування не потрібне</i>	—	
Стор. 1 з 2				

<u>Результати виконання перевірки 3</u> – візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярна до осі обертання зорової труби (визначення колімаційної похибки), <u>та юстування (виправлення) теодоліта</u>	
Перевірка	
Відлік з горизонтального круга при $KП$ =	$248^{\circ}37'$
Відлік з горизонтального круга при $KЛ$ =	$68^{\circ}41'$
$c = (KЛ - KП \pm 180^{\circ})/2 =$	$2'$
Граничне значення колімаційної похибки: $c_{cp} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $c \leq c_{cp}$:	$2' > 1'$
Висновок:	<i>Потрібне юстування</i>
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік: $KЛ_0 = KЛ - c =$	$68^{\circ}39'$
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік з горизонтального круга при $KП$ =	$248^{\circ}37'$
Відлік з горизонтального круга при $KЛ$ =	$68^{\circ}39'$
$c = (KЛ - KП \pm 180^{\circ})/2 =$	$1'$
Граничне значення колімаційної похибки: $c_{cp} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $c \leq c_{cp}$:	$1' = 1'$
Висновок:	<i>Умова виконана: $c \leq c_{cp}$</i>
<u>Результати виконання перевірки 4</u> – горизонтальна вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі теодоліта	
Висновок:	<i>Умова виконана</i>
<u>Результати виконання перевірки 5</u> – місце нуля вертикального круга повинно бути постійним і близьким до нуля, <u>та юстування (виправлення) теодоліта</u>	
Перевірка	
Відлік з вертикального круга при $KП$ =	$-15^{\circ}25'$
Відлік з вертикального круга при $KЛ$ =	$15^{\circ}29'$
$M0 = (KП + KЛ) / 2 =$	$2'$
Граничне значення колімаційної похибки: $M0_{cp} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $M0 \leq M0_{cp}$:	$2' > 1'$
Висновок:	<i>Потрібне юстування</i>
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік: $\nu = KЛ - M0 =$	$15^{\circ}27'$
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік з вертикального круга при $KП$ =	$-15^{\circ}25'$
Відлік з вертикального круга при $KЛ$ =	$15^{\circ}27'$
$M0 = (KП + KЛ) / 2 =$	$1'$
Граничне значення колімаційної похибки: $M0_{cp} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $M0 \leq M0_{cp}$:	$1' = 1'$
Висновок:	<i>Умова виконана: $M0 \leq M0_{cp}$</i>
Стор. 2 з 2	

Примітка: *текст синього кольору, виділений курсивом* – результати перевірки та юстування (виправлення).

Таблиця Б.2 – Вихідні дані до лабораторної роботи № 2 з результатами огляду зовнішнього стану теодоліта, його комплектації, перевірок 1 та 2 (використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання)

Номер варіанта	Тип теодоліта, заводський номер та номер накладної бусолі
1	Тип теодоліта: <i>2Т30П</i> . Зав. № <i>31223</i> . Накладна бусоль №: <i>25</i> .
2	Тип теодоліта: <i>2Т30П</i> . Зав. № <i>32275</i> . Накладна бусоль №: <i>85</i> .
3	Тип теодоліта: <i>2Т30П</i> . Зав. № <i>40565</i> . Накладна бусоль №: <i>53</i> .
4	Тип теодоліта: <i>2Т30П</i> . Зав. № <i>40907</i> . Накладна бусоль №: <i>41</i> .
5	Тип теодоліта: <i>2Т30П</i> . Зав. № <i>40926</i> . Накладна бусоль №: <i>13</i> .

Результати перевірки та огляду зовнішнього стану теодоліта і його комплектності відповідно до паспорту приладу (однакове для всіх варіантів):

Перевірка та огляд зовнішнього стану:			Комплектність теодоліта відповідно до паспортом приладу (наявність запасних частин і приладдя)
чистота оптичних деталей зорової труби та мікроскопу	контрастність і чіткість зображення ниток сітки ниток в окулярі зорової труби та штрихів і чисел в окулярі мікроскопу	відсутність корозії та дефектів на теодоліті, які можуть ускладнити роботу з приладом, а також на футлярі	
<i>Чисті</i>	<i>Контрастні і чіткі</i>	<i>Відсутні</i>	<i>Відповідає паспорту (запасні частини зберігаються в лабораторії)</i>

Результати перевірки працездатності теодоліта та штатива, взаємодії їх рухомих вузлів і проведених виправлень (однакове для всіх варіантів):

Плавність обертання приладу	Відсутність помітних коливань окулярного коліна зорової труби	Справність рівнів, виправних та закріплених гвинтів	Справність, міцність і стійкість штатива, відповідність теодоліта та станового гвинта
<i>Обертання плавне</i>	<i>Коливання відсутні</i>	<i>Рівні та гвинти справні</i>	<i>Штатив справний, міцний і стійкий (гвинти та гайки штатива підтягнуті), становий гвинт відповідає теодоліту</i>

Результати виконання перевірок 1 і 2 та юстування (виправлення) теодоліта (однакове для всіх варіантів):

Порядковий номер та назва перевірки:	Результат перевірки	Юстування (виправлення)	Результат після юстування
1 – вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта	<i>Потрібне юстування</i>	<i>Виконане юстування</i>	<i>Умова виконана</i>
2 – горизонтальна нитка сітки ниток зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання теодоліта	<i>Умова виконана</i>	<i>Юстування не потрібне</i>	—

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Таблиця Б.3 – Вихідні дані до лабораторної роботи № 2 з результатами виконання перевірок 3, 4 та 5 **(використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання)**

Номер варіанта	1	2	3	4	5
<u>Результати виконання перевірки 3</u> – візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярна до осі обертання зорової труби (визначення колімаційної похибки):					
Перевірка					
Відлік з горизонтального круга при $KП$ =	75°10'	102°08'	74°55'	298°05'	273°33'
Відлік з горизонтального круга при KL =	255°07'	282°12'	254°52'	118°09'	93°30'
<u>Результати виконання перевірки 4</u> – горизонтальна вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі теодоліта (<u>однакове для всіх варіантів</u>):					
Висновок:	Умова виконана				
<u>Результати виконання перевірки 5</u> – місце нуля вертикального круга повинно бути постійним і близьким до нуля:					
Перевірка					
Відлік з вертикального круга при $KП$ =	-17°49'	-8°39'	-11°55'	-10°10'	-14°28'
Відлік з вертикального круга при KL =	17°53'	8°42'	11°59'	10°13'	14°32'

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток В.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 3

Таблиця В.1 – Зразок оформлення результатів перевірки та юстування (виправлення) нівелірів з циліндричним рівнем при зоровій трубі

Результати перевірки та юстування (виправлення) нівеліра Тип нівеліра: <u>Н-3</u> . Зав. № <u>19674</u> . Рік випуску: <u>1988</u> .			
<u>Результати перевірки та огляду зовнішнього стану нівеліра і його комплектності відповідно до паспорту приладу</u>			
Перевірка та огляд зовнішнього стану:			Комплектність нівеліра відповідно до паспортом приладу (наявність запасних частин і приладдя)
чистота оптичних деталей зорової труби	контрастність і чіткість одночасного зображення ниток сітки, кінців бульбашки контактного рівня	відсутність корозії та дефектів на нівелірі, які можуть ускладнити роботу з приладом, а також на футлярі	
<i>Чисті</i>	<i>Контрастні і чіткі</i>	<i>Відсутні</i>	
<u>Результати перевірки працездатності нівеліра та штатива, взаємодії їх рухомих вузлів і проведених виправлень</u>			
Плавність обертання приладу	Відсутність помітних коливань окулярного коліна зорової труби	Справність рівнів, виправних та закріпних гвинтів	Справність, міцність і стійкість штатива, відповідність нівеліра та станового гвинта
<i>Обертання плавне</i>	<i>Коливання відсутні</i>	<i>Рівні та гвинти справні</i>	<i>Штатив справний, міцний і стійкий (гвинти та гайки штатива підтягнуті), становий гвинт відповідає нівеліру</i>
<u>Результати виконання перевірок 1 і 2 та юстування (виправлення) нівеліра</u>			
Порядковий номер та назва перевірки:	Результат перевірки	Юстування (виправлення)	Результат після юстування
1 – перевірка правильності встановлення круглого рівня	<i>Потрібне юстування</i>	<i>Виконане юстування</i>	<i>Умова виконана</i>
2 – перевірка правильності встановлення сітки ниток	<i>Умова виконана</i>	<i>Юстування не потрібне</i>	—
Стор. 1 з 2			

Результати виконання перевірки 3 (перевірки головної умови)
та юстування (виправлення) нівеліра

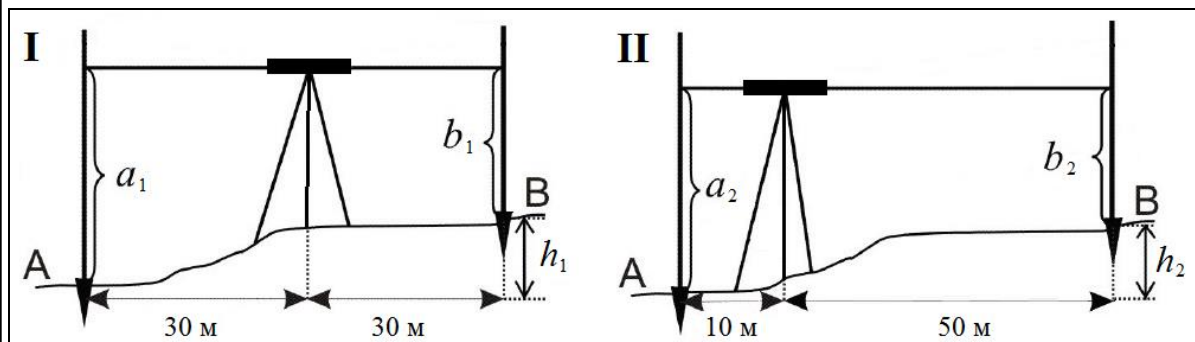


Схема перевірки головної умови нівеліра:

I – перший етап (нівелювання при рівності плечей);
II – другий етап (нівелювання при нерівності плечей)

Результати виконання:

**Перший етап перевірки
(нівелювання при рівності плечей)**

Відлік по рейці в точці A , мм: $a_1 =$	<i>1362</i>
Відлік по рейці в точці B , мм: $b_1 =$	<i>1377</i>
Перевищення між точками A та B , мм: $h_1 = a_1 - b_1 =$	<i>-15</i>

**Другий етап перевірки
(нівелювання при нерівності плечей)**

Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	<i>1399</i>
Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	<i>1419</i>
Перевищення між точками A та B , мм: $h_2 = a_2 - b_2 =$	<i>-20</i>
Похибка, мм: $x = h_1 - h_2 =$	<i>+5</i>

Висновок: *Потрібне юстування*

**Юстування
(виправлення)**

Виправлений відлік по рейці в точці B , мм: $b_{2-0} = b_2 - x =$	<i>1414</i>
--	-------------

**Результат виконання перевірки
після юстування**

Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	<i>1399</i>
Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	<i>1414</i>
Перевищення між точками A та B , мм: $h_2 = a_2 - b_2 =$	<i>-15</i>
Похибка, мм: $x = h_1 - h_2 =$	<i>0</i>

Висновок: *Умова виконана:
 $|x| = |0| \leq 4$ мм*

Примітка: *текст синього кольору, виділений курсивом* – результати перевірки та юстування (виправлення).

Таблиця В.2 – Вихідні дані до лабораторної роботи № 3 з результатами огляду зовнішнього стану нівеліру, його комплектації, перевірок 1 та 2 **(використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання)**

Номер варіанта	Тип нівеліра, заводський номер, рік випуску
1	Тип нівеліра: <i>H-3</i> . Зав. № <i>05109</i> . Рік випуску: <i>1986</i> .
2	Тип нівеліра: <i>H-3</i> . Зав. № <i>18770</i> . Рік випуску: <i>1986</i> .
3	Тип нівеліра: <i>H-3</i> . Зав. № <i>19313</i> . Рік випуску: <i>1988</i> .
4	Тип нівеліра: <i>H-3</i> . Зав. № <i>19747</i> . Рік випуску: <i>1988</i> .
5	Тип нівеліра: <i>H-3</i> . Зав. № <i>19935</i> . Рік випуску: <i>1988</i> .

Результати перевірки та огляду зовнішнього стану нівеліра і його комплектності відповідно до паспорту приладу (однакове для всіх варіантів):

Перевірка та огляд зовнішнього стану:			Комплектність нівеліра відповідно до паспортом приладу (наявність запасних частин і приладдя)
чистота оптичних деталей зорової труби	контрастність і чіткість одночасного зображення ниток сітки, кінців бульбашки контактного рівня	відсутність корозії та дефектів на нівелірі, які можуть ускладнити роботу з приладом, а також на футлярі	
<i>Чисті</i>	<i>Контрастні і чіткі</i>	<i>Відсутні</i>	<i>Відповідає паспорту (запасні частини зберігаються в лабораторії)</i>

Результати перевірки працездатності нівеліра та штатива, взаємодії їх рухомих вузлів і проведених виправлень (однакове для всіх варіантів):

Плавність обертання приладу	Відсутність помітних коливань окулярного коліна зорової труби	Справність рівнів, виправних та закріплених гвинтів	Справність, міцність і стійкість штатива, відповідність нівеліра та станового гвинта
<i>Обертання плавне</i>	<i>Коливання відсутні</i>	<i>Рівні та гвинти справні</i>	<i>Штатив справний, міцний і стійкий (гвинти та гайки штатива підтягнуті), становий гвинт відповідає нівеліру</i>

Результати виконання перевірок 1 і 2 та юстування (виправлення) нівеліра (однакове для всіх варіантів):

Порядковий номер та назва перевірки:	Результат перевірки	Юстування (виправлення)	Результат після юстування
1 – перевірка правильності встановлення круглого рівня	<i>Потрібне юстування</i>	<i>Виконане юстування</i>	<i>Умова виконана</i>
2 – перевірка правильності встановлення сітки ниток	<i>Умова виконана</i>	<i>Юстування не потрібне</i>	—

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Таблиця В.3 – Вихідні дані до лабораторної роботи № 3 з результатами виконання перевірки 3 **(використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання)**

Результати виконання перевірки 3
(перевірки головної умови)

Номер варіанта	Результати виконання перевірки 3:	
1	Перший етап перевірки (нівелювання при рівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_1 =$	1362
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_1 =$	1377
	Другий етап перевірки (нівелювання при нерівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	1399
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	1425
2	Перший етап перевірки (нівелювання при рівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_1 =$	1362
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_1 =$	1377
	Другий етап перевірки (нівелювання при нерівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	1398
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	1405
3	Перший етап перевірки (нівелювання при рівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_1 =$	1362
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_1 =$	1377
	Другий етап перевірки (нівелювання при нерівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	1360
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	1384
4	Перший етап перевірки (нівелювання при рівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_1 =$	1362
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_1 =$	1377
	Другий етап перевірки (нівелювання при нерівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	1402
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	1417
5	Перший етап перевірки (нівелювання при рівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_1 =$	1362
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_1 =$	1377
	Другий етап перевірки (нівелювання при нерівності плечей)	
	Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	1399
	Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	1419

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Г.

Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 4

(використовуються під час заочного та/або дистанційного навчання)



Рис. Г.1 – Вихідні дані до огляду маркування та виконання перевірки № 1: кріплення ручок (варіанти № 1, 3, 5)



Рис. Г.2 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1:
якість металевого кріплення п'ятки рейки
(варіанти № 1, 3, 5)

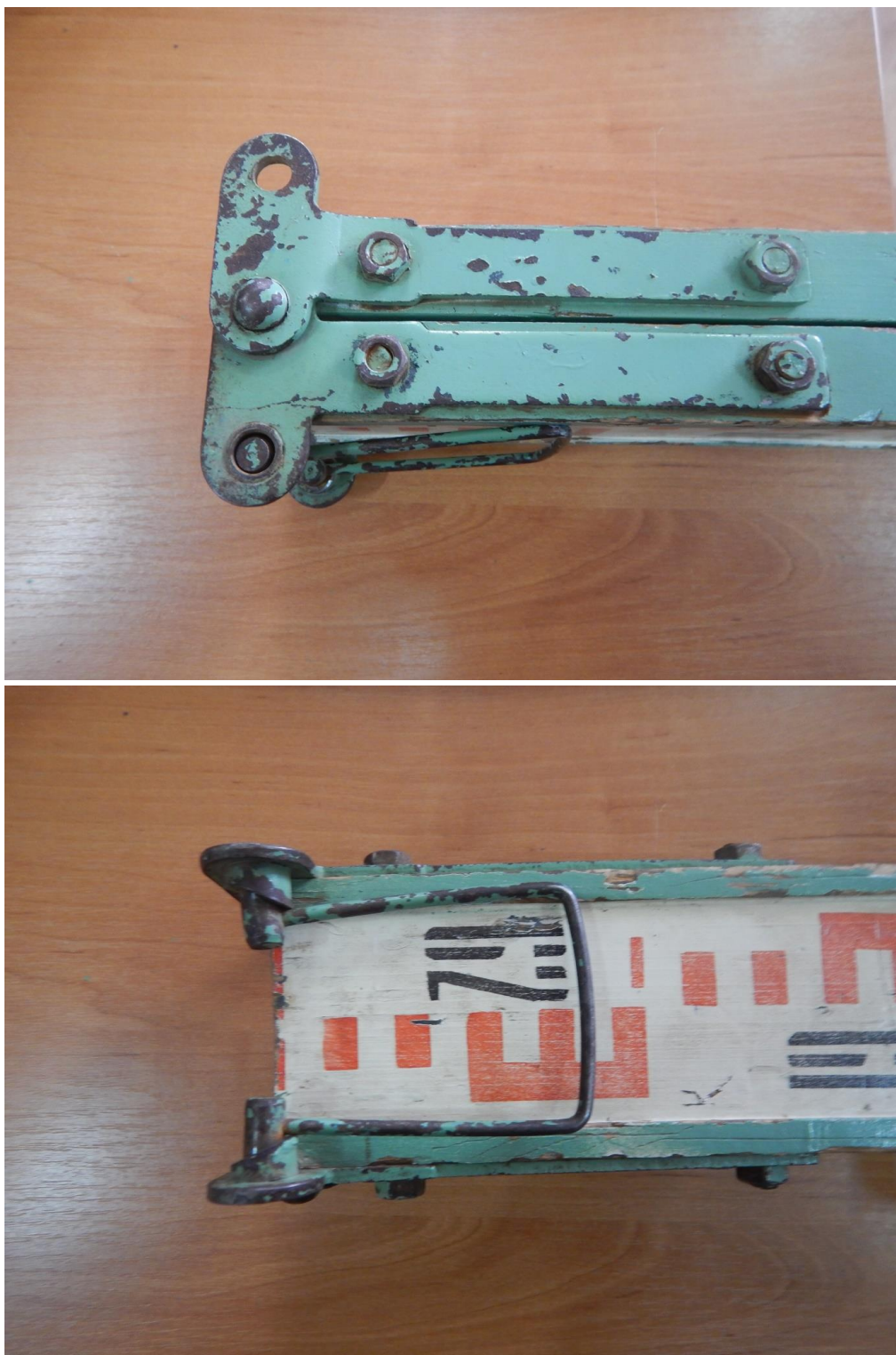


Рис. Г.3 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1:
якість шарнірного з'єднання (рейка у складеному стані)
(варіанти № 1, 3, 5)



Рис. Г.4 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1:
якість шарнірного з'єднання (рейка у розкладеному стані)
(варіанти № 1, 3, 5)



Рис. Г.5 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1 (**червона** сторона):
відповідність шкал і написів поділів типу рейки та інші етапи огляду
(**варіанти № 1, 3, 5**)



Рис. Г.6 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1 (**чорна** сторона):
відповідність шкал і написів поділів типу рейки та інші етапи огляду
(варіанти № 1, 3, 5)



Рис. Г.7 – Вихідні дані до огляду маркування та виконання перевірки № 1:
кріплення ручок (варіанти № 2, 4)

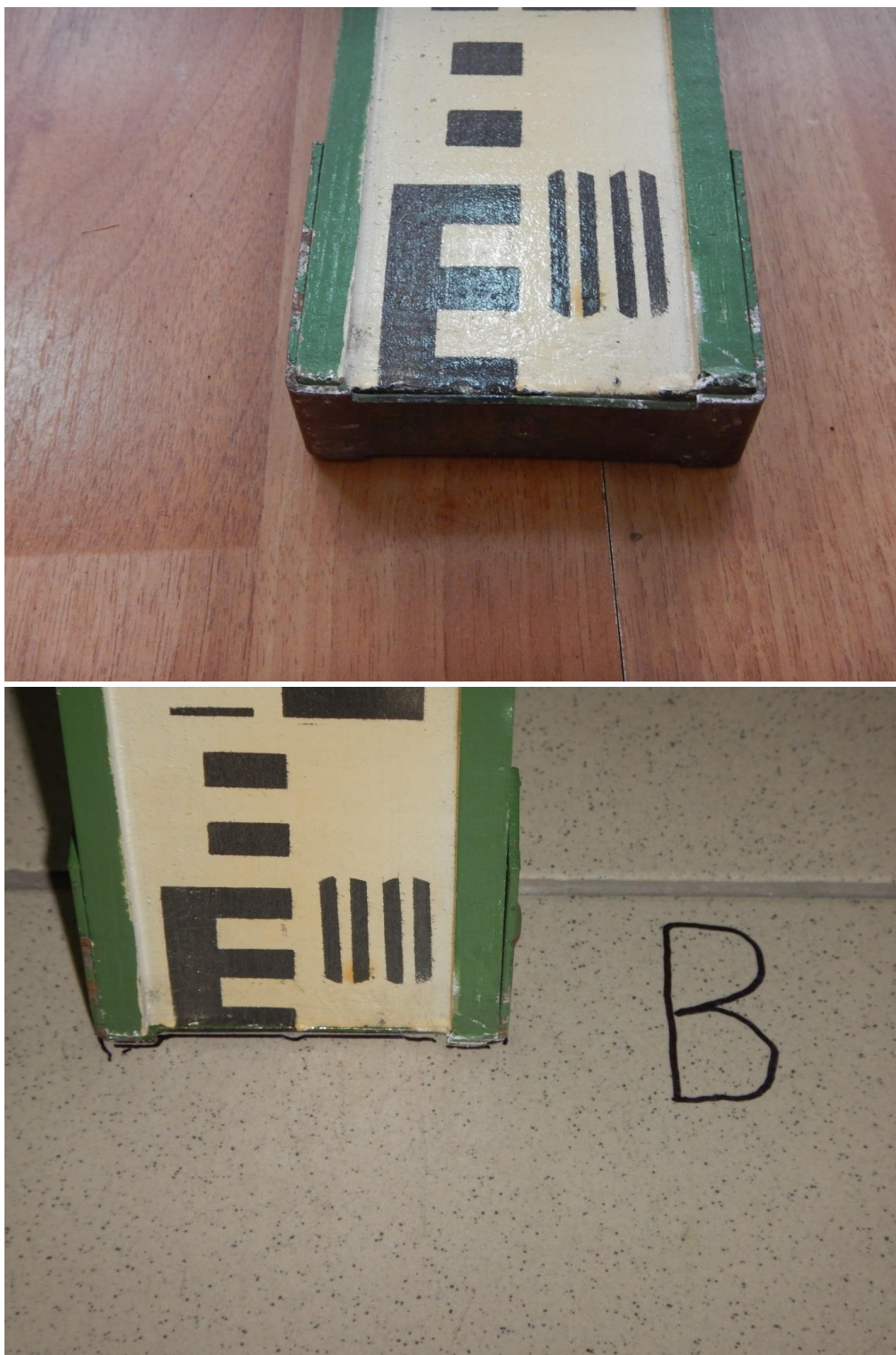


Рис. Г.8 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1:
якість металевого кріплення п'ятки рейки
(варіанти № 2, 4)

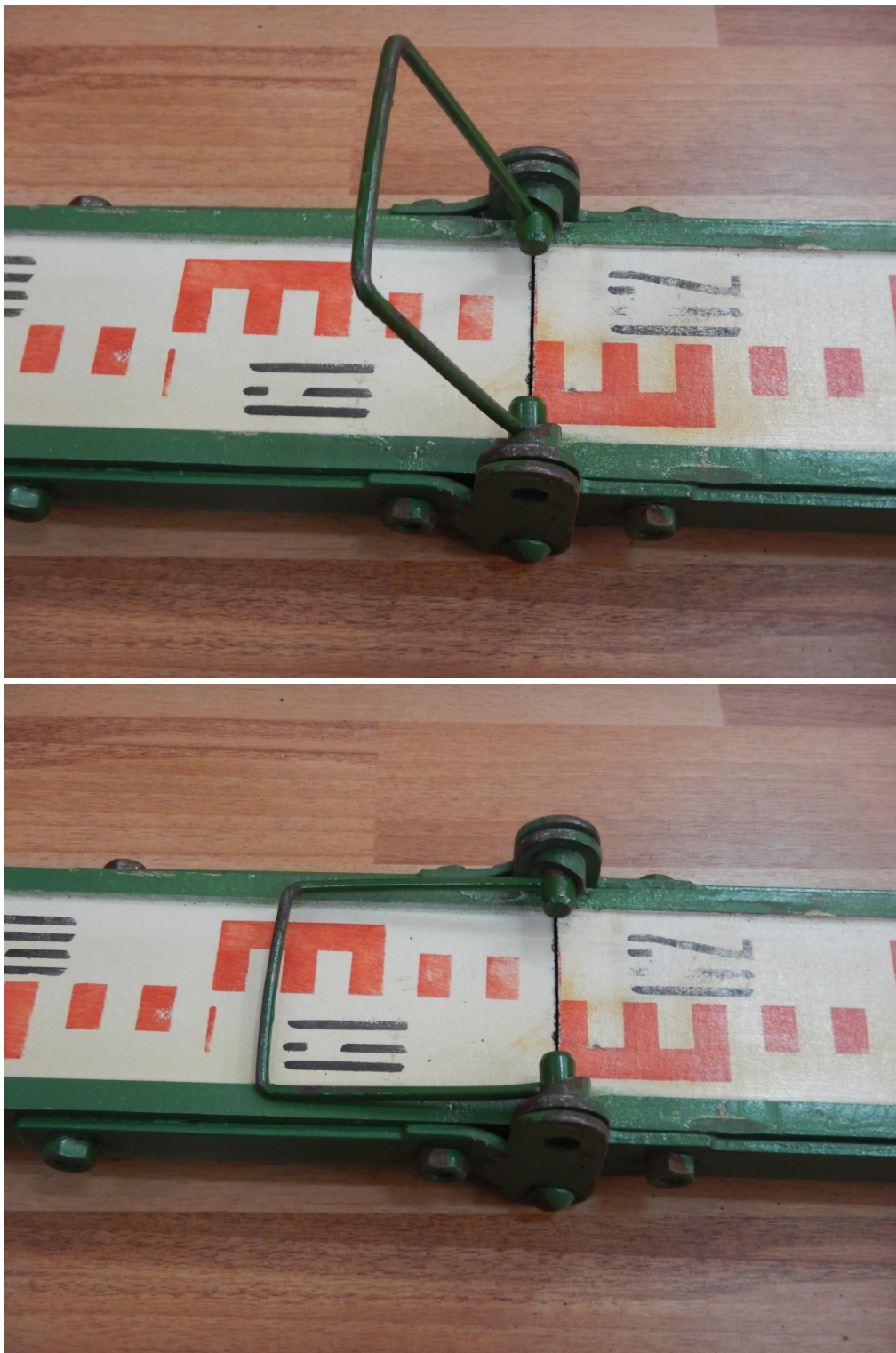


Рис. Г.9 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1:
якість шарнірного з'єднання (рейка у розкладеному стані)
(варіанти № 2, 4)



Рис. Г.10 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1 (**червона** сторона):
відповідність шкал і написів поділів типу рейки та інші етапи огляду
(**варіанти № 2, 4**)



Рис. Г.11 – Вихідні дані до виконання перевірки № 1 (**чорна** сторона):
відповідність шкал і написів поділів типу рейки та інші етапи огляду
(варіанти № 2, 4)

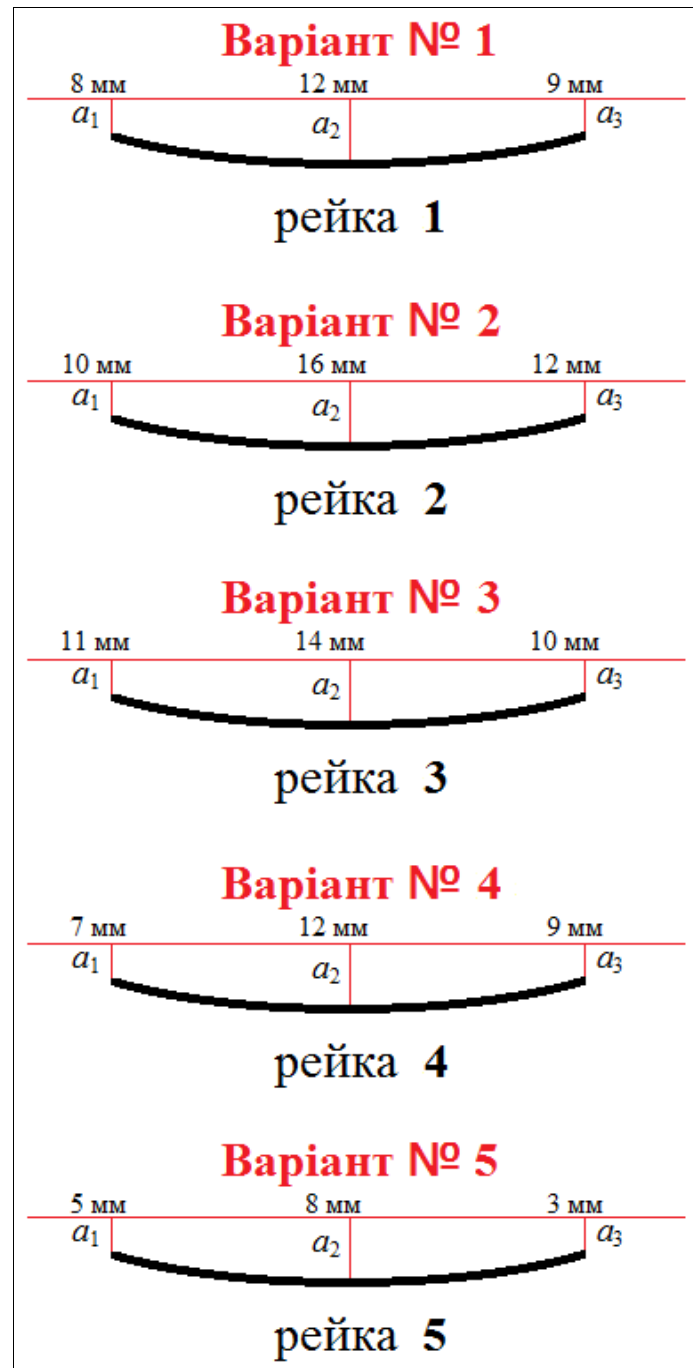


Рис. Г.12 – Вихідні дані до виконання перевірки № 2
(визначення стрілки прогину рейки)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.



Рис. Г.13 – Вихідні дані до виконання перевірки № 3:
установка круглого рівня (варіанти № 1, 3, 5)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

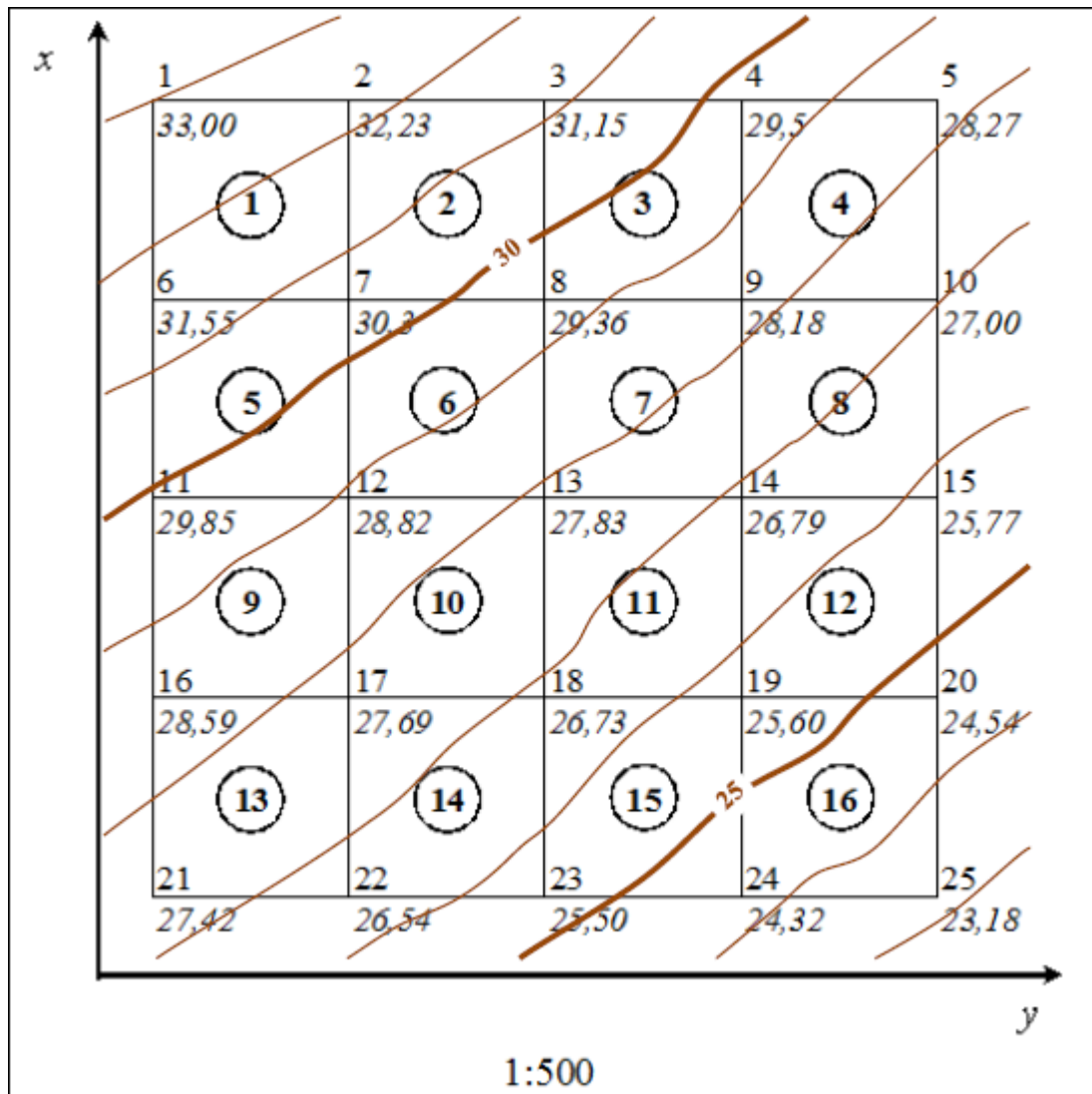


Рис. Г.14 – Вихідні дані до виконання перевірки № 3:
установка круглого рівня (варіанти № 2, 4)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Д.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 5

Варіант 1

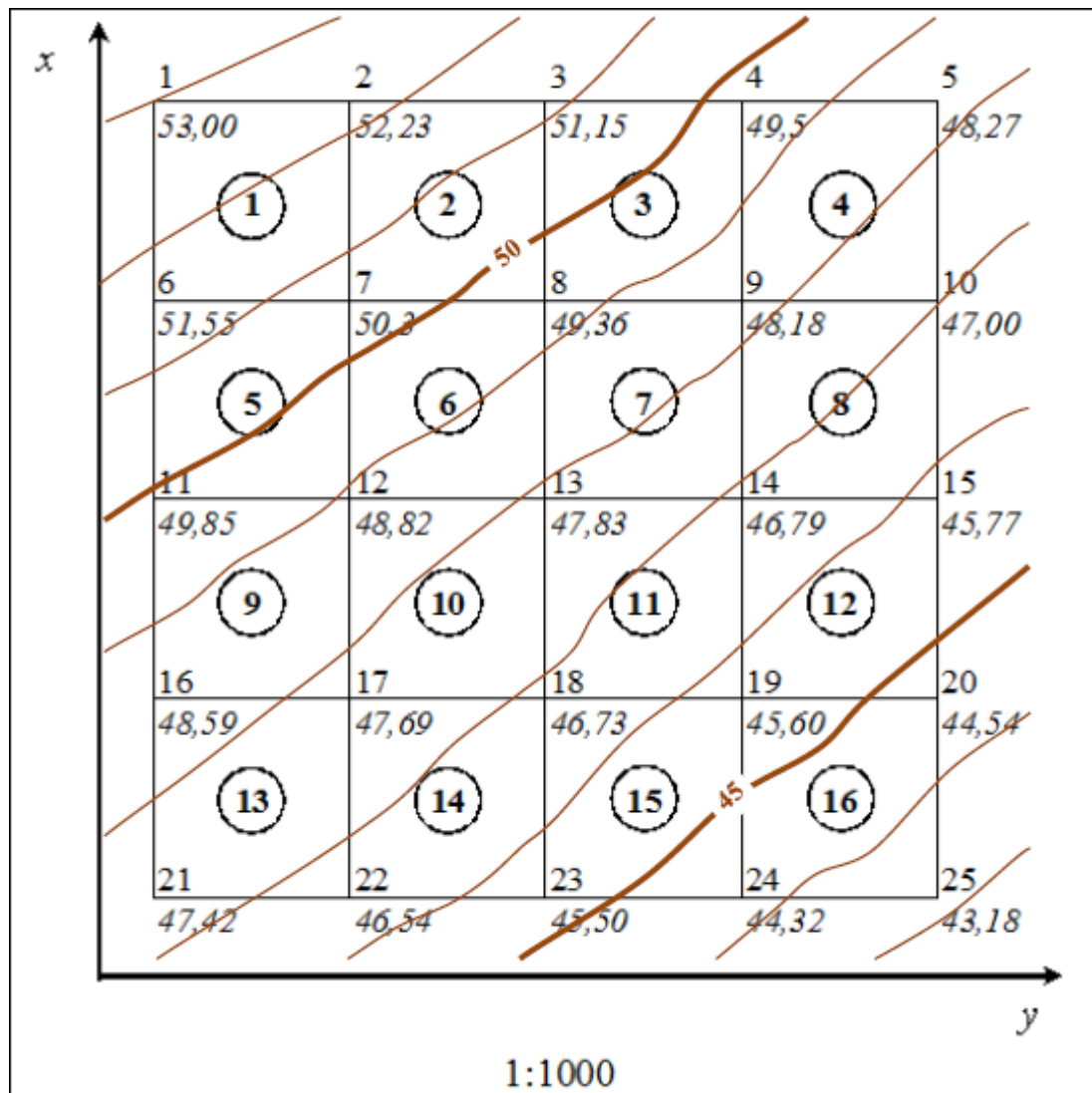


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Д.1 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування горизонтальної площини та обчислення об'ємів земляних робіт (довжина сторони квадрата $d = 10$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 2

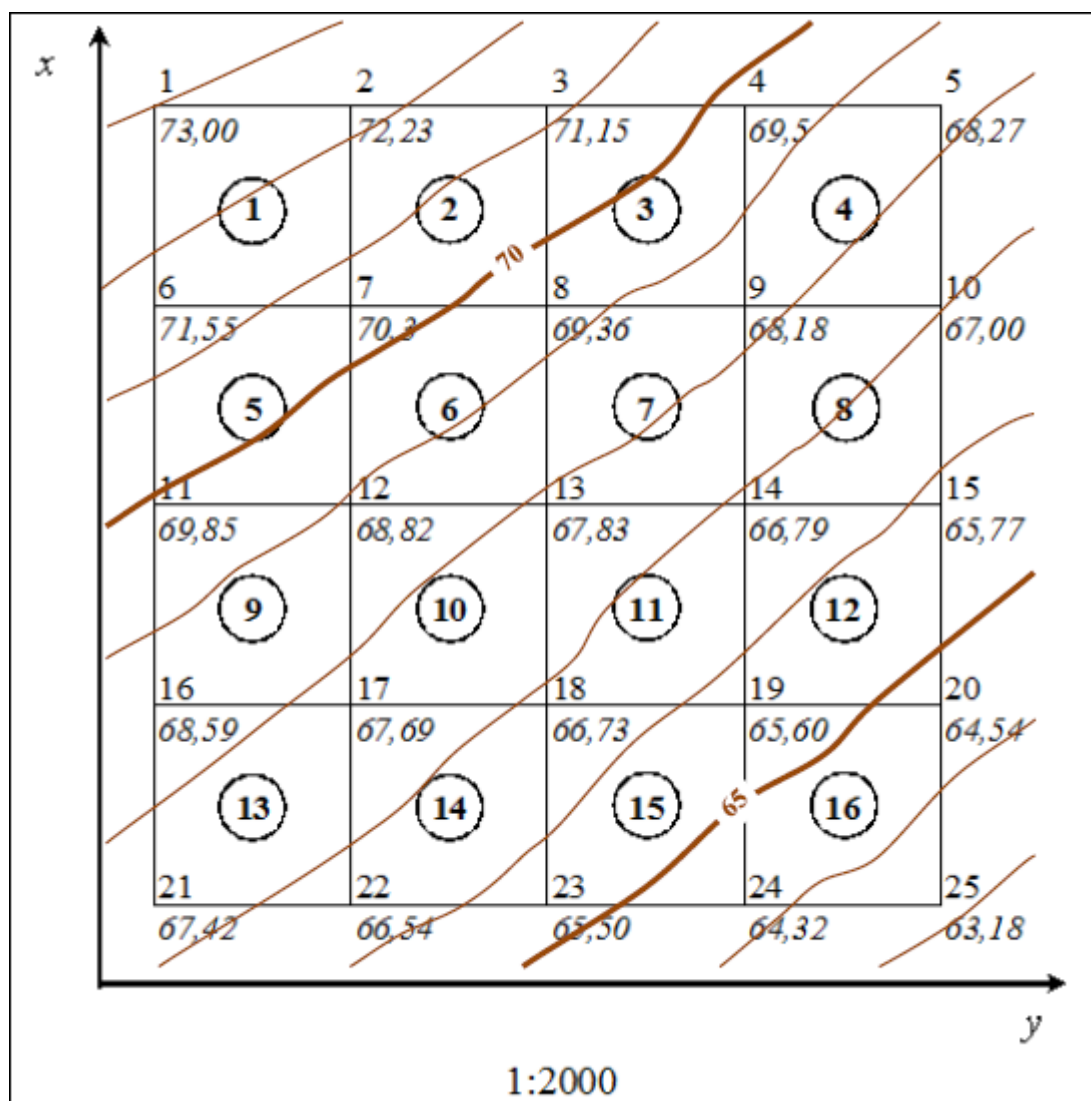


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Д.2 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування горизонтальної площини та обчислення об'ємів земляних робіт (довжина сторони квадрата $d = 20$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 3

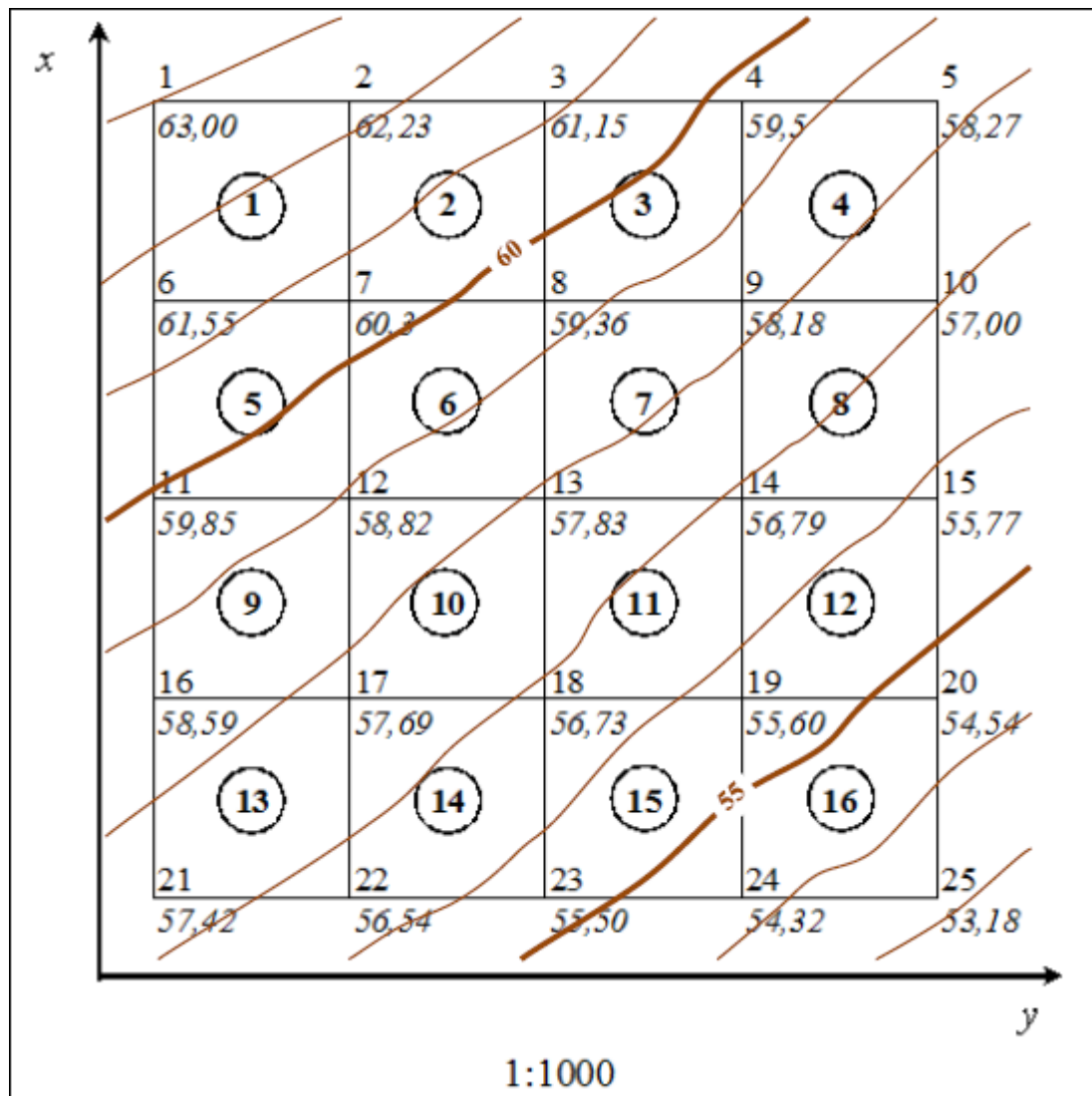


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Д.3 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування горизонтальної площини та обчислення об'ємів земляних робіт (довжина сторони квадрата $d = 40$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 4

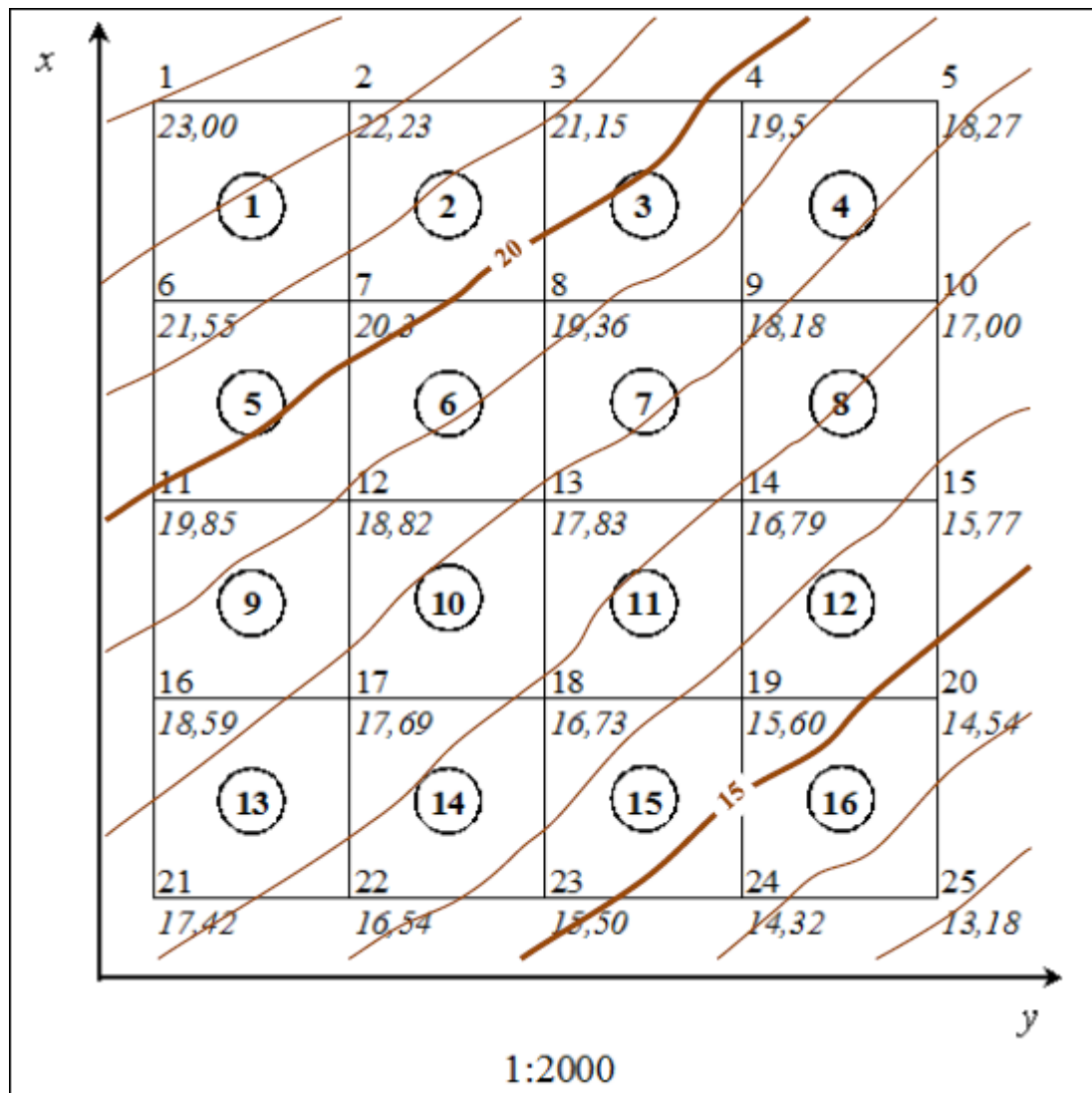


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Д.4 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування горизонтальної площини та обчислення об'ємів земляних робіт (довжина сторони квадрата $d = 20$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 5



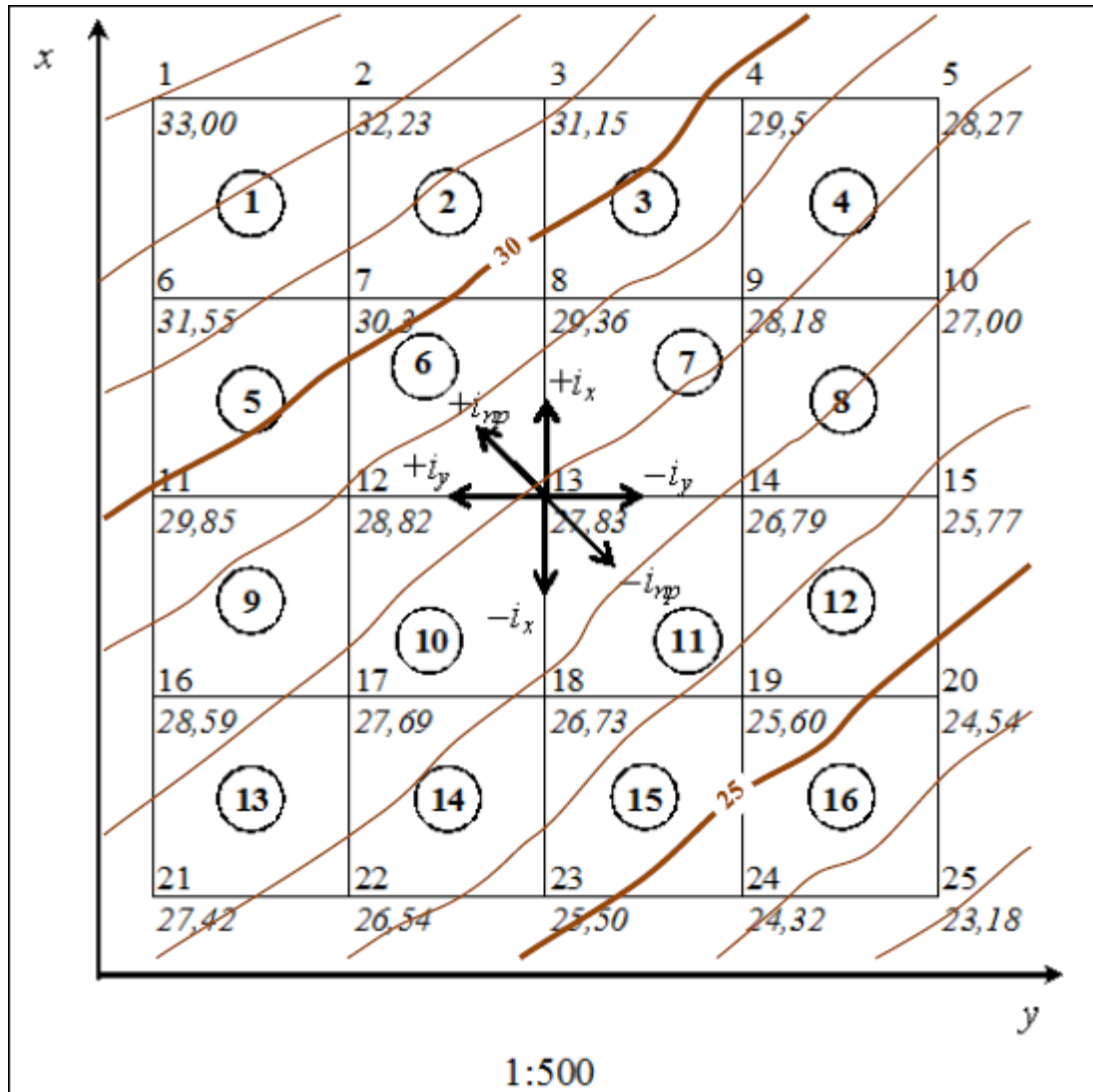
Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Д.5 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування горизонтальної площини та обчислення об'ємів земляних робіт (довжина сторони квадрата $d = 40$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Е.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 6

Варіант 1

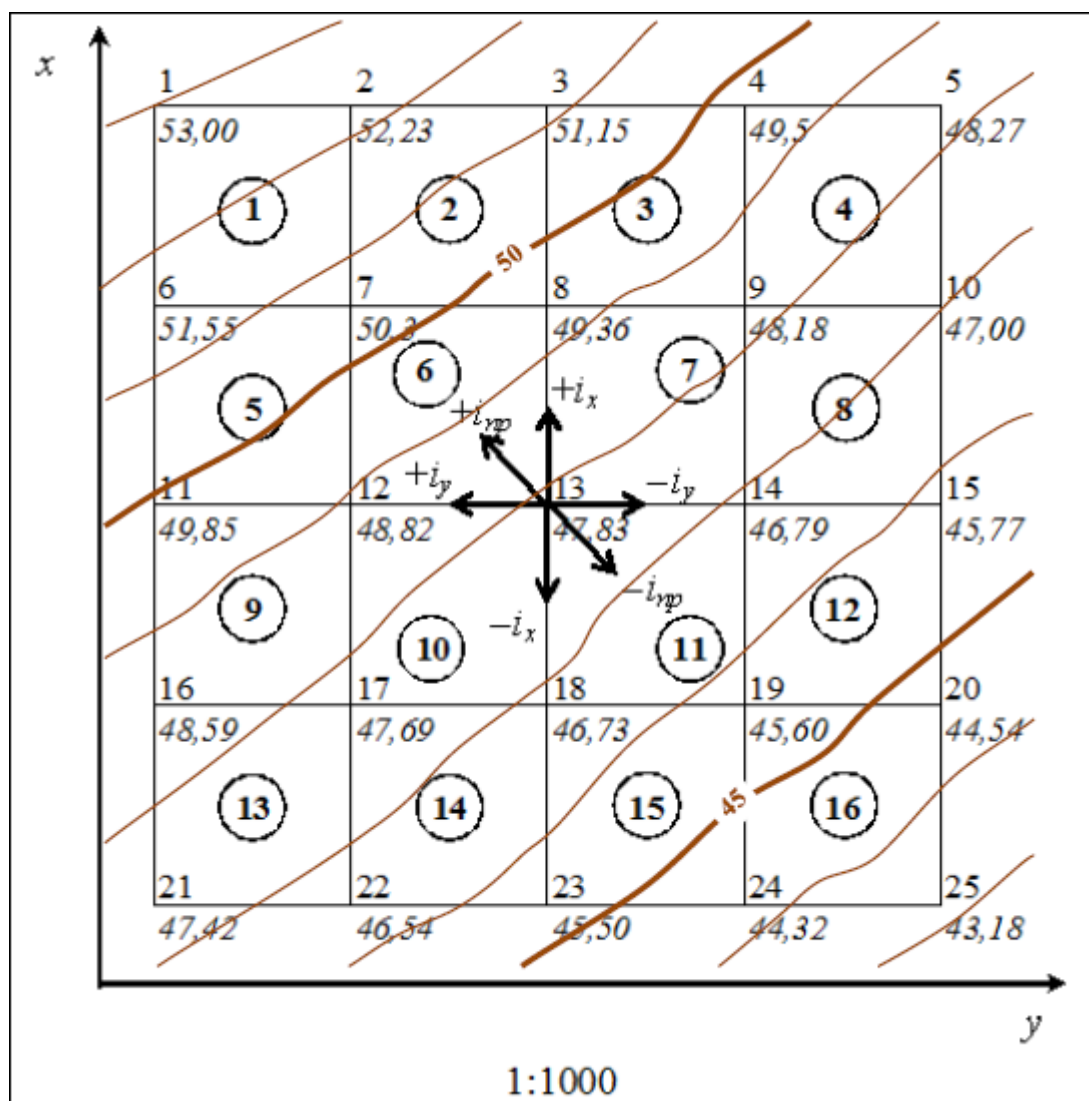


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Е.1 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування похилої площини та обчислення об'ємів земляних робіт (проектний ухил похилої площини $i_{np} = 0,078$, дирекційний кут напрямку проектного ухилу $\alpha_{np} = 145^\circ$, довжина сторони квадрата $d = 10$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 2

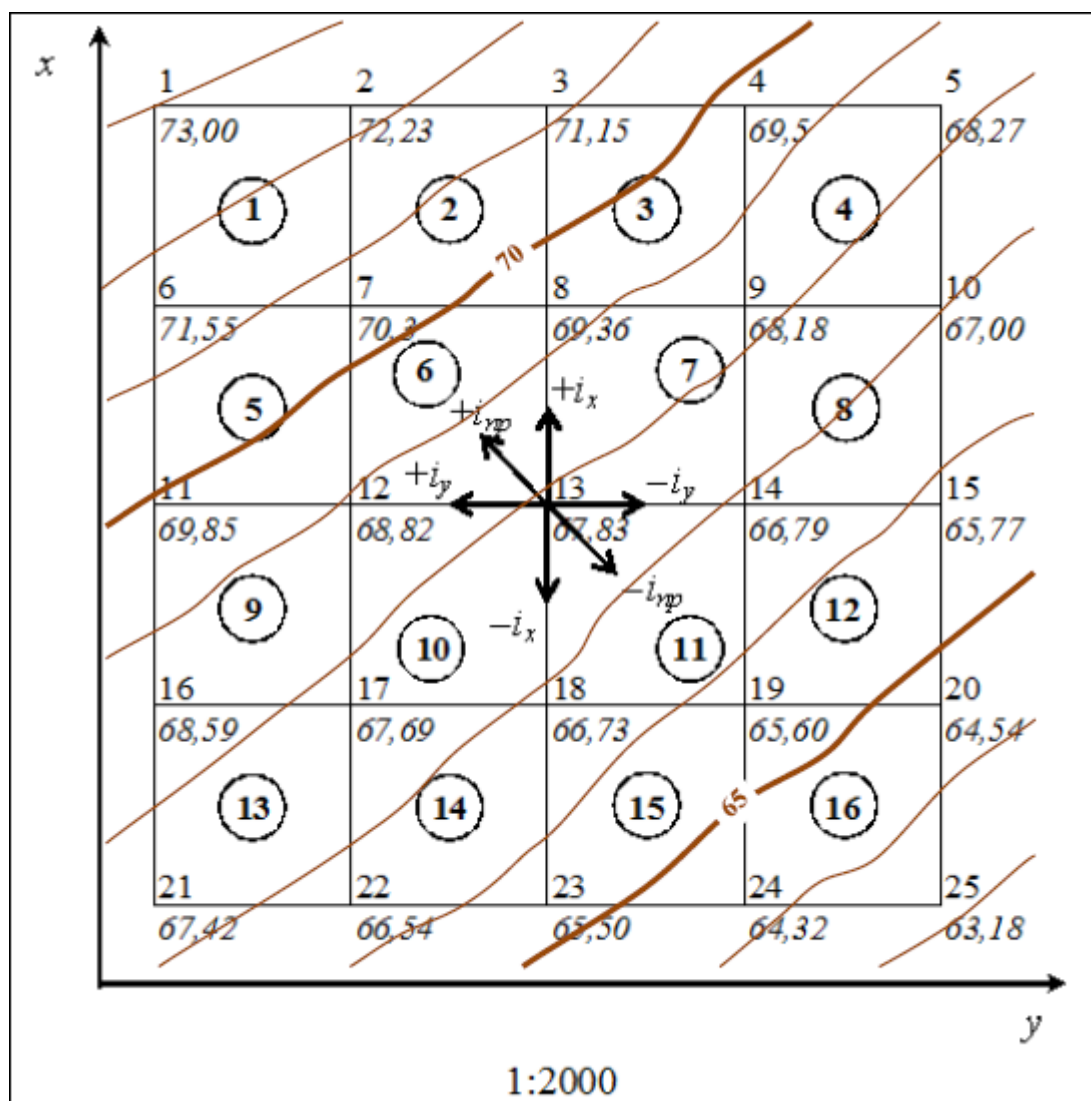


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Е.2 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування похилої площини та обчислення об'ємів земляних робіт (проектний ухил похилої площини $i_{np} = 0,081$, дирекційний кут напрямку проектного ухилу $\alpha_{np} = 147^\circ$, довжина сторони квадрата $d = 20$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 3

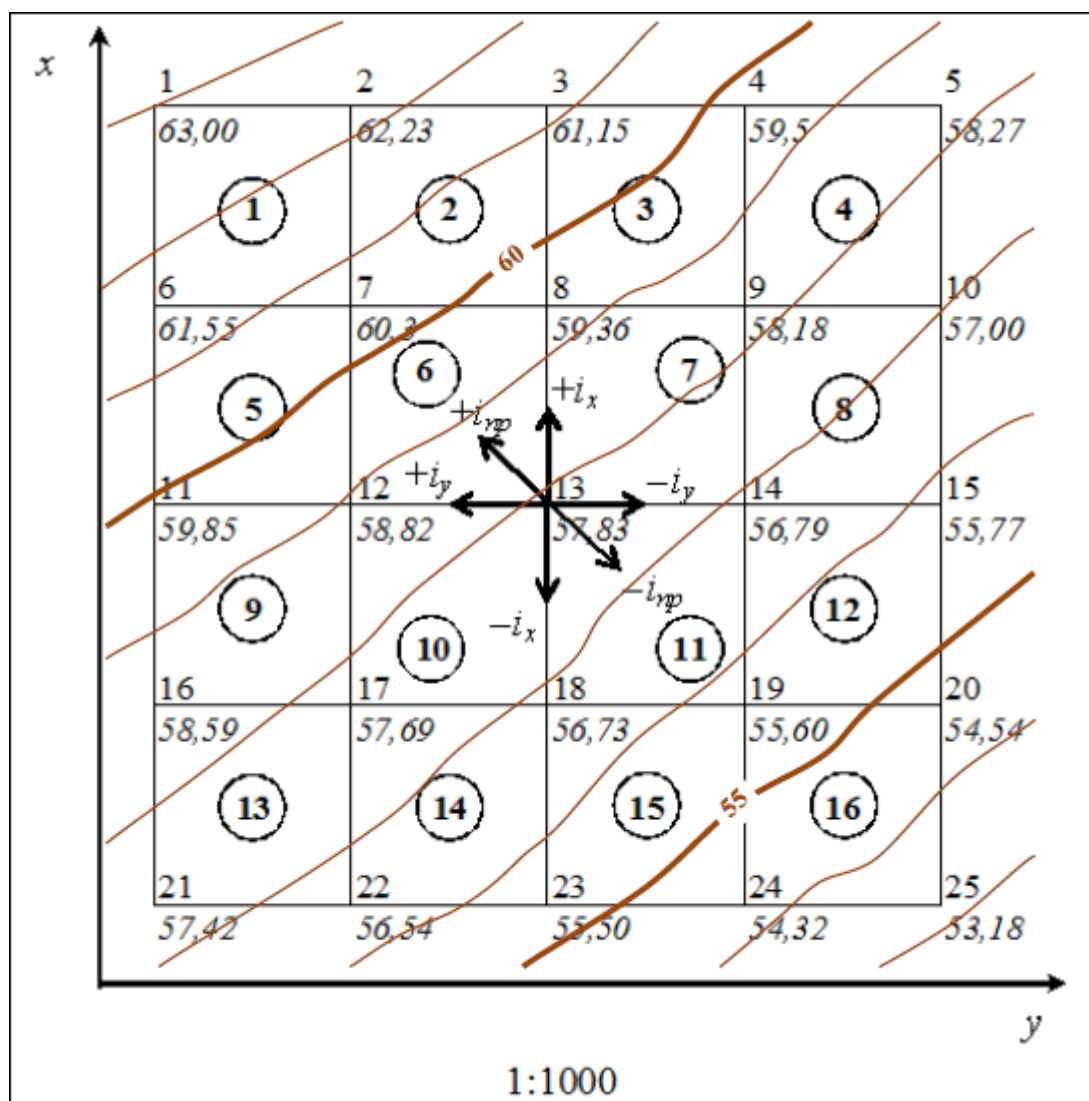


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Е.3 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування похилої площини та обчислення об'ємів земляних робіт (проектний ухил похилої площини $i_{np} = 0,083$, дирекційний кут напрямку проектного ухилу $\alpha_{np} = 146^\circ$, довжина сторони квадрата $d = 40$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 4

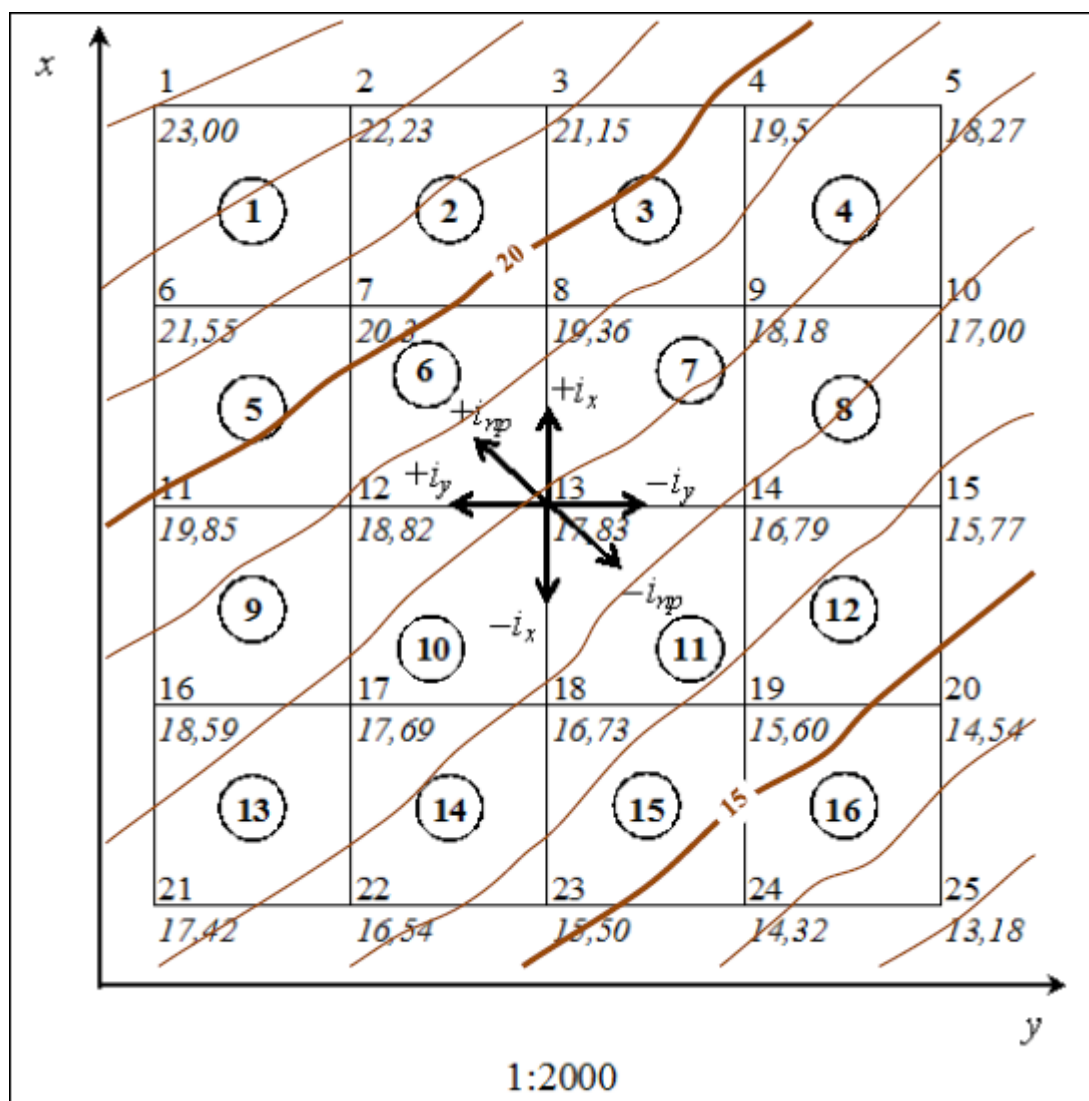


Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Е.4 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування похилої площини та обчислення об'ємів земляних робіт (проектний ухил похилої площини $i_{np} = 0,085$, дирекційний кут напрямку проектного ухилу $\alpha_{np} = 144^\circ$, довжина сторони квадрата $d = 20$ м)

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Варіант 5



Висота перерізу рельєфу 1 м

Рис. Е.5 – Результати нівелювання поверхні місцевості за квадратами (з номерами та позначками (м) вершин квадратів і номерами квадратів) для проектування похилої площини та обчислення об'ємів земляних робіт (проектний ухил похилої площини $i_{np} = 0,084$, дирекційний кут напрямку проектного ухилу $\alpha_{np} = 142^\circ$, довжина сторони квадрата $d = 40$ м)

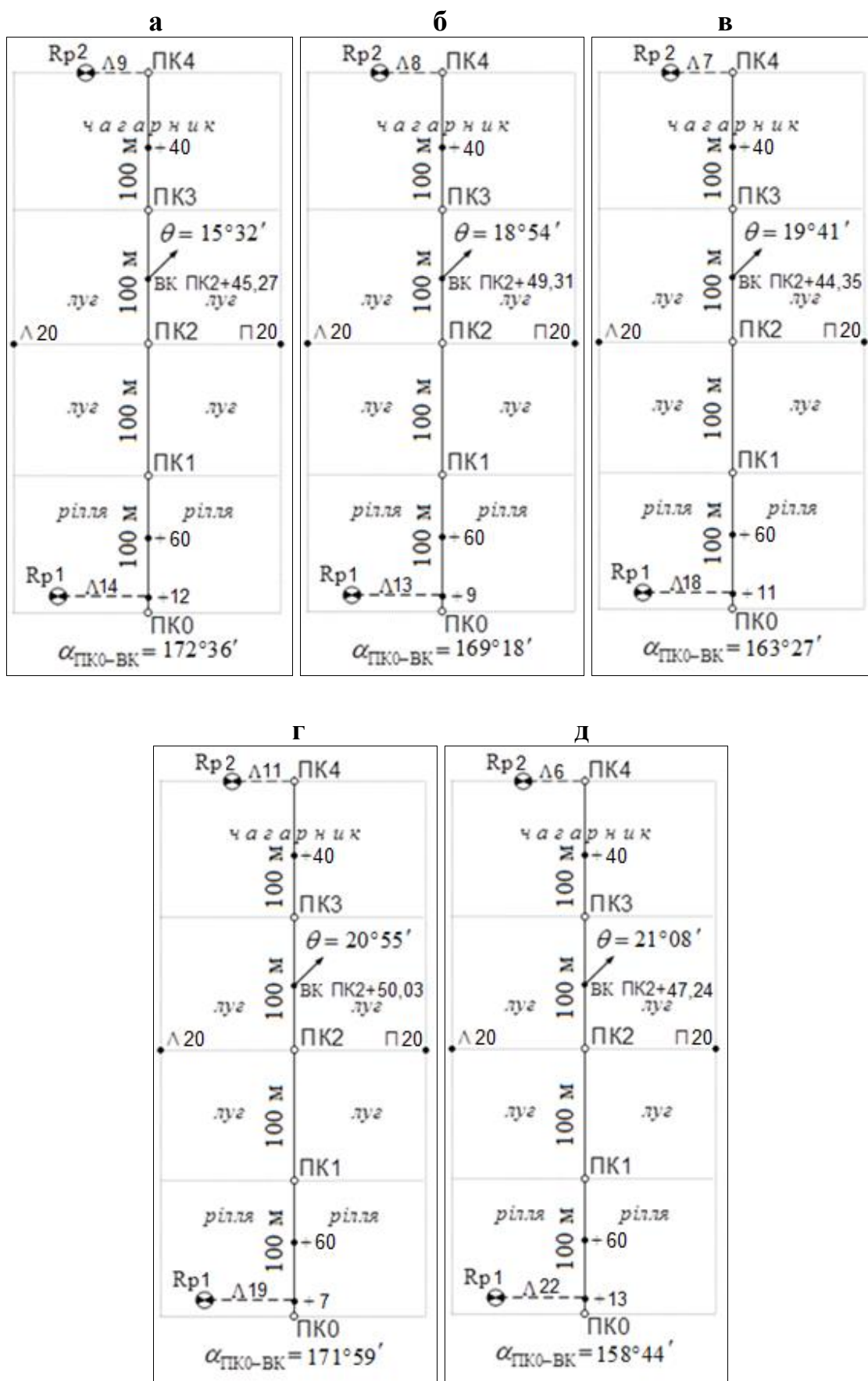
Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Ж.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 7

Таблиця Ж.1 – Варіанти вихідних даних для проектування профілю траси автодороги

Номер варіанту	Позначки вихідних реперів:		Пікетажний журнал	Журнал технічного нівелювання траси	Дирекційний кут ділянки траси автодороги до її повороту, $\alpha_{\text{ПК0-ВК}}, ^\circ '$	Положення вершини кута (ВК) повороту траси	Елементи повороту траси:	
	початкового, $H_{\text{Rp1}}, \text{м}$	кінцевого, $H_{\text{Rp2}}, \text{м}$					кут повороту, $\theta, ^\circ '$	радіус кривої (закруглення) $R, \text{м}$
1	135,597	135,329	рис. Ж.1, а	табл. 7.1	172°36'	ПК 2+45,27	15°32'	80
2			рис. Ж.1, б		169°18'	ПК 2+49,31	18°54'	75
3			рис. Ж.1, в		163°27'	ПК 2+44,35	19°41'	85
4			рис. Ж.1, г		171°59'	ПК 2+50,03	20°55'	90
5			рис. Ж.1, д		158°44'	ПК 2+47,24	21°08'	95

Примітка: номер варіанту – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.



Додаток И.

Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 8

Таблиця И.1 – Варіанти вихідних даних для проектування профілю пальового водомірного поста

Номер варіанту	Позначення репера, точок і екстремальних рівнів води	Рп2	1	2	3	4	5 (УВ)	6	7	8	9	РВВ	РНВ
1	Відстань від ПП, м	0,00	25,31	42,53	58,69	67,52	71,23	80,16	88,21	97,32	106,22	–	–
	Позначка, м БС	48,12	47,00	44,56	43,26	42,56	42,11	41,89	41,09	40,00	39,29	46,25	40,30
2	Відстань від ПП, м	0,00	12,35	35,63	41,04	47,22	49,81	56,06	61,69	68,06	74,28	–	–
	Позначка, м БС	46,80	46,00	42,02	41,94	41,24	40,79	40,57	39,77	38,26	37,97	45,15	39,30
3	Відстань від ПП, м	0,00	11,12	32,07	36,94	42,50	44,83	50,45	55,52	61,25	66,85	–	–
	Позначка, м БС	51,48	50,60	46,23	46,13	45,37	44,87	44,63	43,75	42,09	41,77	49,55	43,80
4	Відстань від ПП, м	0,00	25,31	42,53	58,69	67,52	71,23	80,16	88,21	97,32	106,22	–	–
	Позначка, м БС	46,80	46,00	42,02	41,94	41,24	40,79	40,57	39,77	38,26	37,97	44,15	38,90
5	Відстань від ПП, м	0,00	16,87	28,35	39,13	45,01	47,49	53,44	58,81	64,88	70,81	–	–
	Позначка, м БС	40,90	38,05	37,88	36,77	36,18	35,79	35,61	34,93	34,00	33,40	39,25	34,60

Примітки: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем;
УВ – уріз води; **РВВ** – рівень високих вод; **РНВ** – рівень низьких вод; **ПП** – постійний початок.

Додаток К.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 9

Таблиця К.1 – Варіанти вихідних даних для визначення площі водного перерізу та змоченого периметру за результатами промірів глибин (дата вимірювань: 24 листопада 2018 р., водний об'єкт: річка Курудорова, пункт: місто Біляївка, позначка поверхні води: -0,20 м БС, ґрунт дна: намул)

Варіант № 1			Варіант № 2			Варіант № 3			Варіант № 4			Варіант № 5		
створ № <u>1</u>			створ № <u>2</u>			створ № <u>3</u>			створ № <u>4</u>			створ № <u>5</u>		
Коди урізів, номера вертикалі	Відстань від постійного початку до урізів води і вертикалі, м	Глибина на вертикалі, м	Коди урізів, номера вертикалі	Відстань від постійного початку до урізів води і вертикалі, м	Глибина на вертикалі, м	Коди урізів, номера вертикалі	Відстань від постійного початку до урізів води і вертикалі, м	Глибина на вертикалі, м	Коди урізів, номера вертикалі	Відстань від постійного початку до урізів води і вертикалі, м	Глибина на вертикалі, м	Коди урізів, номера вертикалі	Відстань від постійного початку до урізів води і вертикалі, м	Глибина на вертикалі, м
УЛБ	6,5	0,10	УЛБ	4,0	0,00	УЛБ	7,5	0,11	УЛБ	2,0	0,10	УЛБ	1,5	0,00
1	7,5	0,12	1	5,0	0,13	1	8,5	0,12	1	3,0	0,16	1	2,5	0,08
2	8,5	0,30	2	6,0	0,20	2	9,5	0,30	2	4,0	0,20	2	3,5	0,12
3	9,5	0,35	3	7,0	0,29	3	10,5	0,35	3	5,0	0,27	3	4,5	0,17
4	10,5	0,43	4	8,0	0,36	4	11,5	0,39	4	6,0	0,34	4	5,5	0,20
5	11,5	0,51	5	9,0	0,45	5	12,5	0,44	5	7,0	0,42	5	6,5	0,26
6	12,5	0,63	6	10,0	0,52	6	13,5	0,49	6	8,0	0,49	6	7,5	0,33
7	13,5	0,80	7	11,0	0,67	7	14,5	0,58	7	9,0	0,56	7	8,5	0,44
8	14,5	1,05	8	12,0	0,95	8	15,5	0,73	8	10,0	0,63	8	9,5	0,54
9	15,5	1,12	9	13,0	1,06	9	16,5	1,00	9	11,0	0,68	9	10,5	0,62
10	16,5	1,15	10	14,0	1,14	10	17,5	1,13	10	12,0	0,84	10	11,5	0,70
11	17,5	1,00	11	15,0	1,09	11	18,5	1,20	11	13,0	0,95	11	12,5	0,83
12	18,5	0,75	12	16,0	0,79	12	19,5	1,10	12	14,0	1,10	12	13,5	0,89
13	19,5	0,55	13	17,0	0,50	13	20,5	0,91	13	15,0	1,12	13	14,5	0,91
14	20,5	0,40	14	18,0	0,50	14	21,5	0,67	14	16,0	0,95	14	15,5	0,80
15	21,5	0,30	15	19,0	0,40	15	22,5	0,48	15	17,0	0,75	15	16,5	0,58
16	22,5	0,28	16	20,0	0,38	16	23,5	0,33	16	18,0	0,59	16	17,5	0,45
17	23,5	0,19	17	21,0	0,38	17	24,5	0,31	17	19,0	0,51	17	18,5	0,38
18	24,5	0,16	18	22,0	0,35	18	25,5	0,28	18	20,0	0,49	18	19,5	0,30
19	25,5	0,12	19	23,0	0,30	19	26,5	0,20	19	21,0	0,40	19	20,5	0,24
20	26,5	0,10	20	24,0	0,25	20	27,5	0,15	20	22,0	0,34	20	21,5	0,15
УПБ	27,5	0,00	УПБ	25,0	0,20	УПБ	28,5	0,00	УПБ	23,0	0,00	УПБ	22,5	0,14

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Л.
Вихідні дані до виконання лабораторної роботи № 10

Таблиця Л.1 – Варіанти вихідних даних для визначення ширини, меж та положення ПЗС річки

Номер варіанту	Назва річки	Площа водозбору річки, тис. км ²	Фрагмент карти	Позначення відрізка на фрагменті карти
1	Крива	1,460	рис. Л.1	АВВ'
2	Сом	59,7	рис. Л.2	
3	Куболта	22,8	рис. Л.3	
4	Ож	64,2	рис. Л.4	
5	Чиста	0,734	рис. Л.5	

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

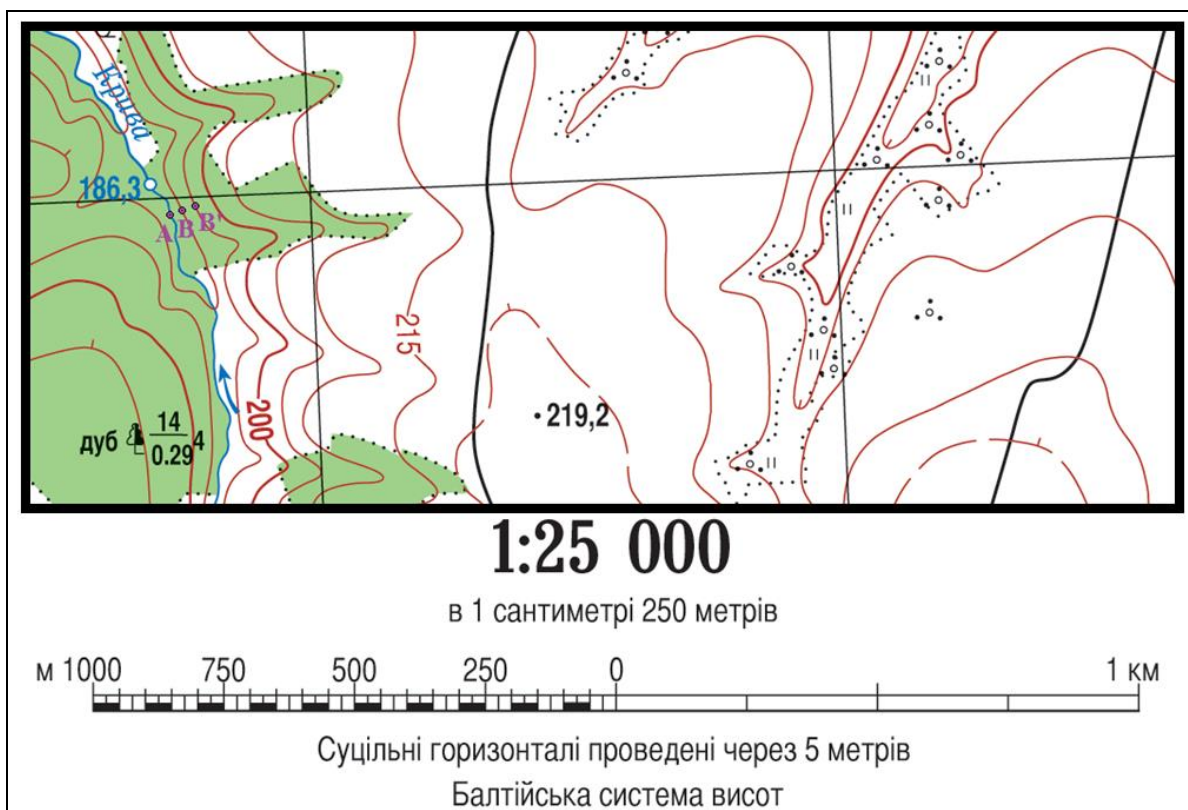


Рис. Л.1 – Збільшений фрагмент карти для визначення ширини, меж та положення ПЗС р. Крива (**ABB'** див. – табл. Л.1)

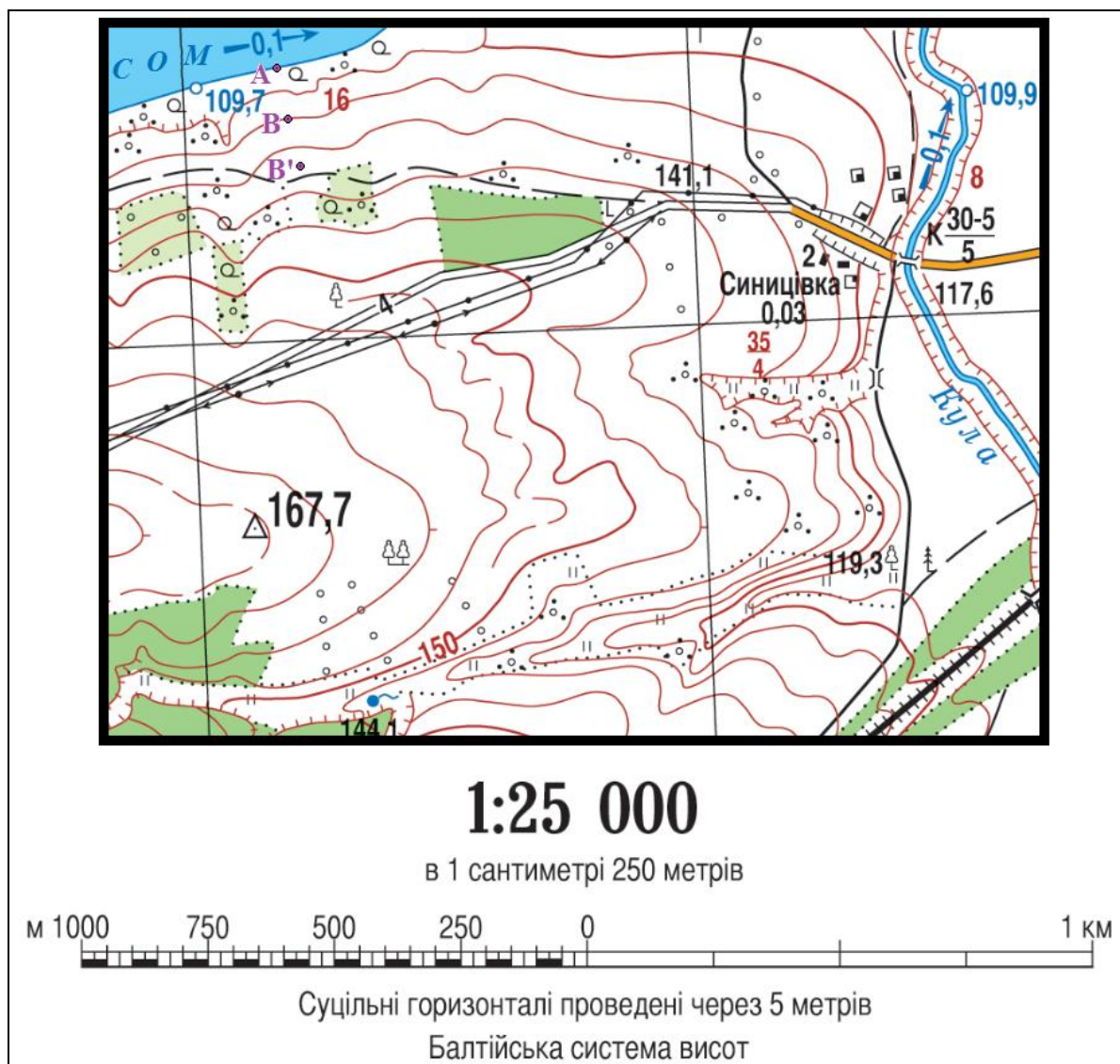


Рис. Л.2 – Збільшений фрагмент карти для визначення ширини, меж та положення ПЗС р. Сом (АВВ' див. – табл. Л.1)

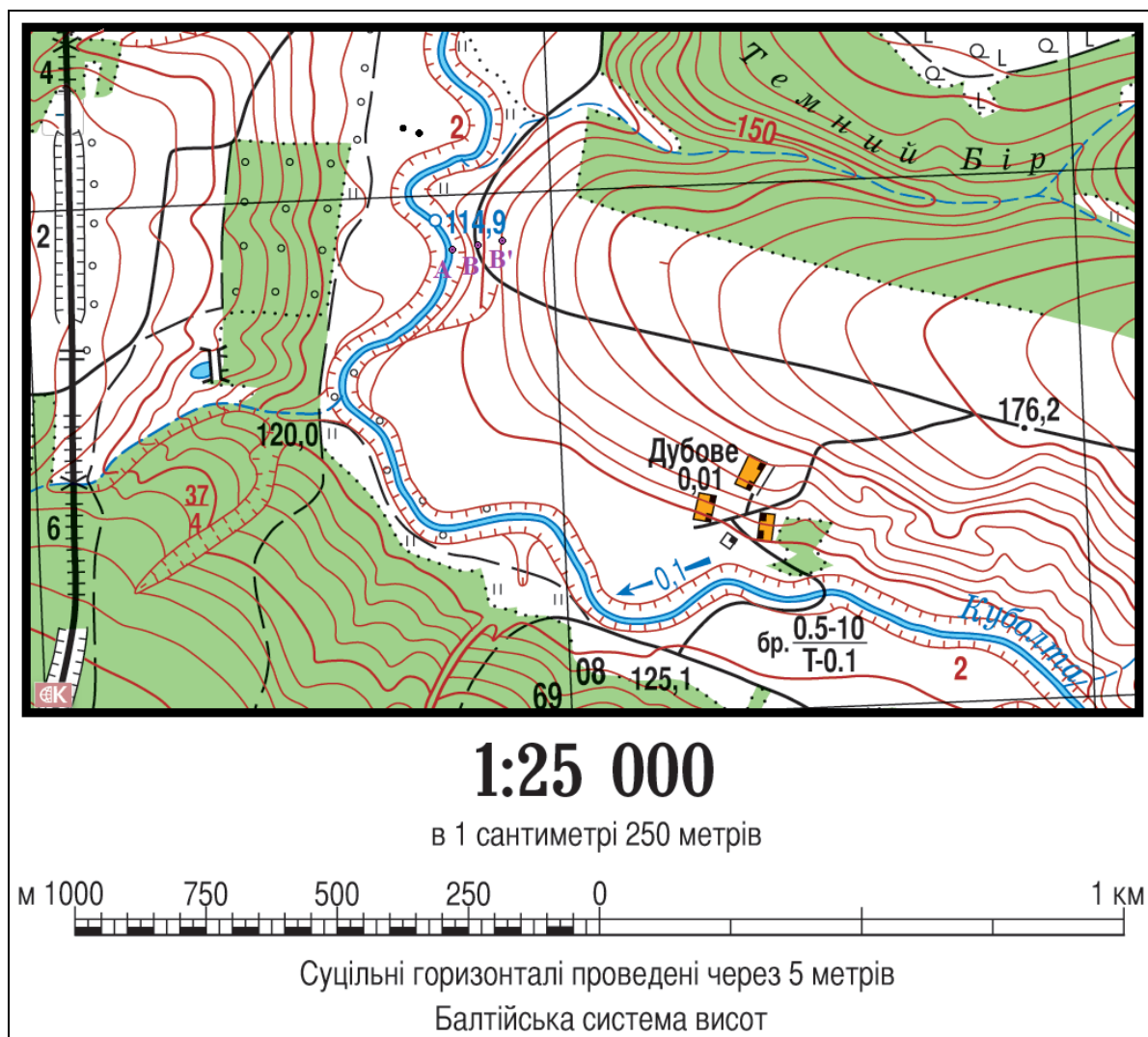


Рис. Л.3 – Збільшений фрагмент карти для визначення ширини, меж та положення ПЗС р. Куболта (**АВВ'** див. – табл. Л.1)

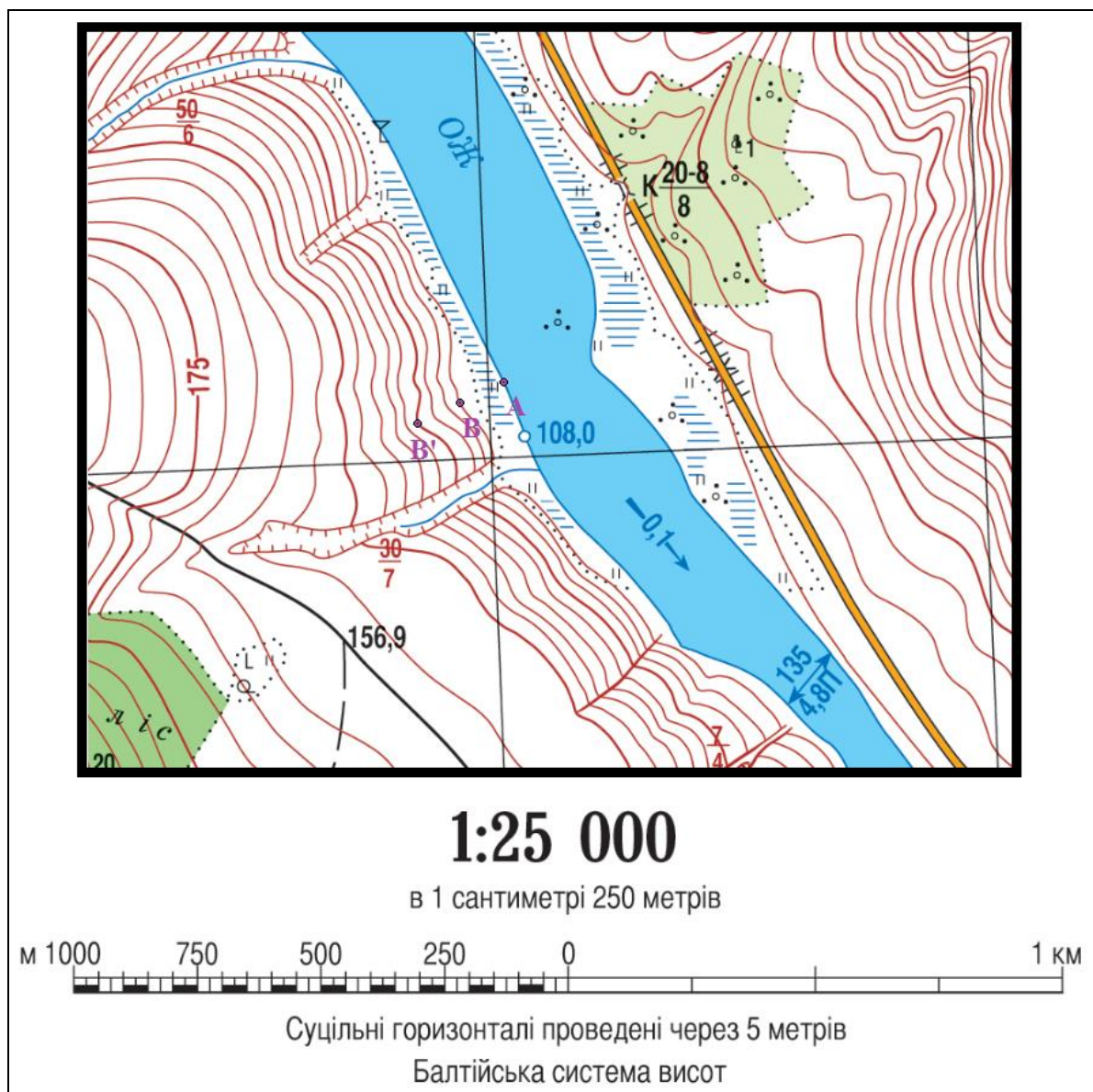


Рис. Л.4 – Збільшений фрагмент карти для визначення ширини, меж та положення ПЗС р. Ож (**АВВ'** див. – табл. Л.1)



Рис. Л.5 – Збільшений фрагмент карти для визначення ширини, меж та положення ПЗС р. Чиста (**АВВ'** див. – табл. Л.1)

Навчальне електронне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт
з навчальної дисципліни «**Геодезія**»
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Укладачі: **Гриб Олег Миколайович**, канд. геогр. наук, доц.,
Гращенкова Тетяна Валеріївна, ас.

Видавець і виготовлювач
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016
тел./факс: (0482) 32-67-35
E-mail: info@odeku.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5242 від 08.11.2016 р.