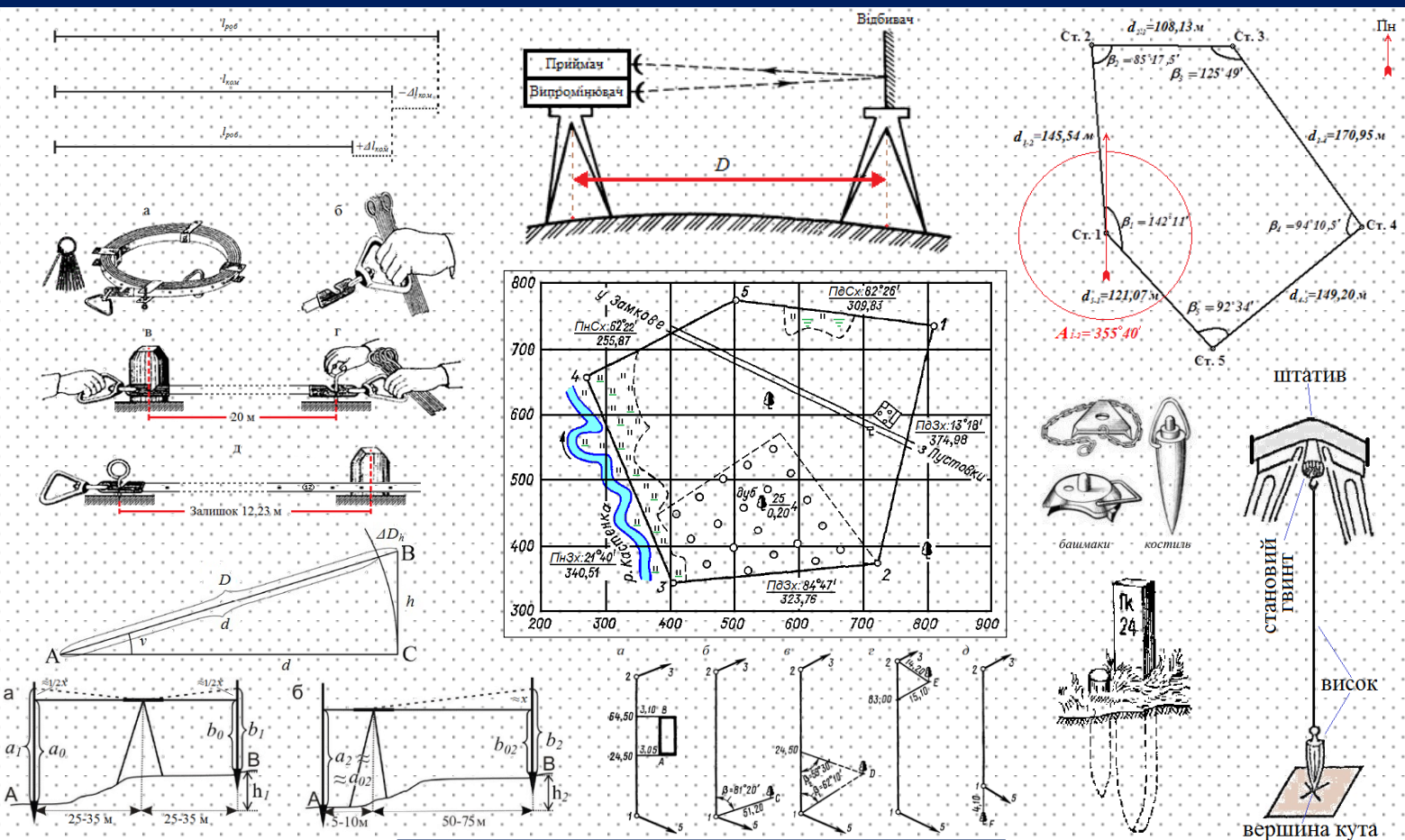
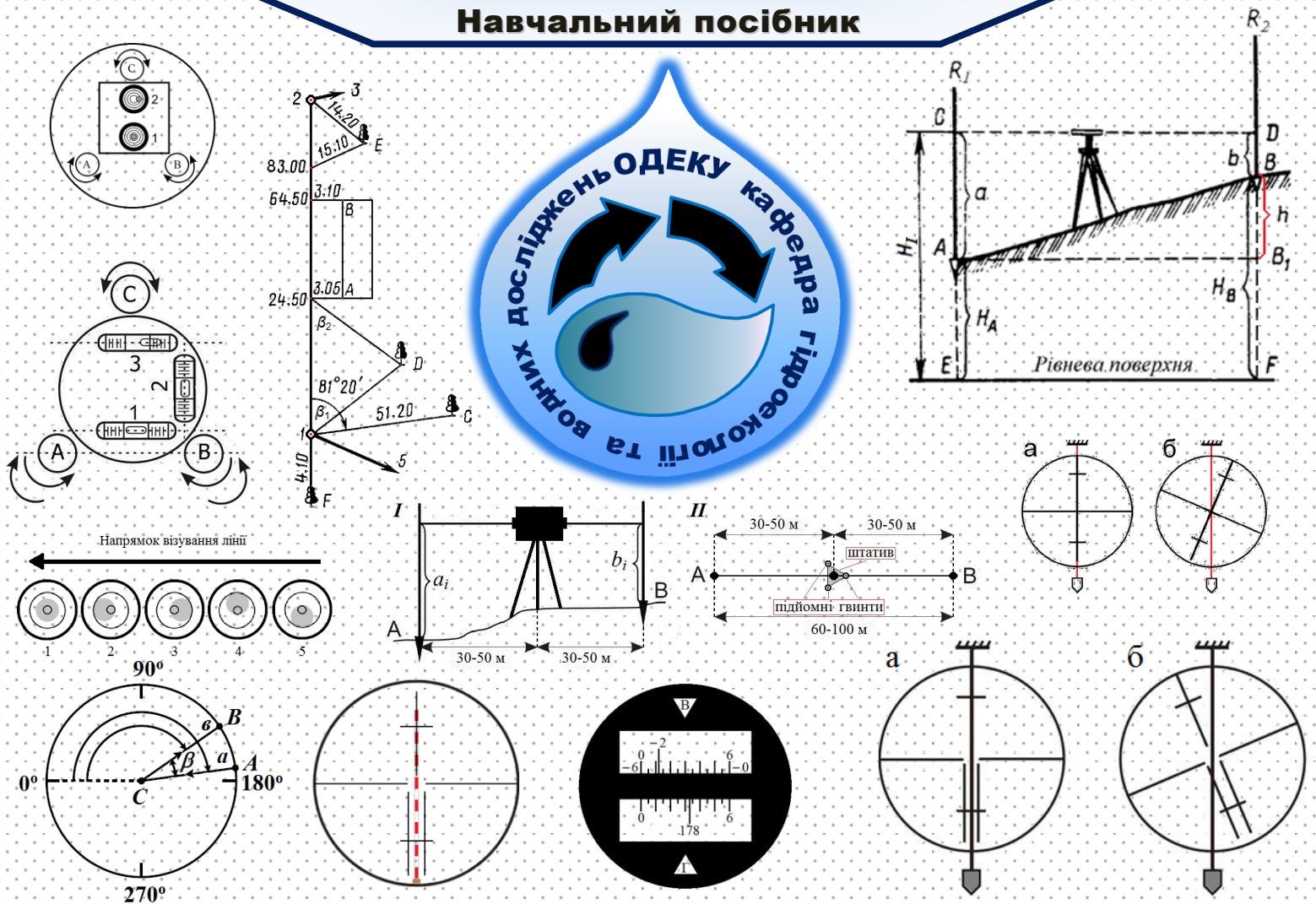




ГРИБ О. М., ГРАЩЕНКОВА Т. В.

ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ. НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА

Навчальний посібник



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О. М. ГРИБ, Т. В. ГРАЩЕНКОВА

ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ. НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА

Навчальний посібник

Одеса
Одеський державний екологічний університет
2022

УДК 528
Г 82

Гриб О. М., Гращенкова Т. В.

Г 82 Основи геодезії. Навчальна практика: навчальний посібник. Одеса, Одеський державний екологічний університет, 2022. 79 с.

ISBN 978-966-186-214-1

У навчальному посібнику викладені пояснення і рекомендації до польових і камеральних робіт, які пов'язані з: підготовчо-організаційними роботами й інструктажем з правил техніки безпеки та охорони праці; перевіркою мірних приладів, теодолітів, нівелірів і нівелірних рейок; рекогносцируванням ділянки виконання робіт; вимірюванням горизонтальних кутів і довжин сторін замкненого полігону, виконанням зйомки ситуації місцевості та створенням абрису, камеральною обробкою даних польових вимірювань і побудовою плану теодолітного ходу; виконанням геометричного нівелювання замкнутого полігону, обробкою журналу технічного нівелювання та визначенням перевищень і висот, побудовою схеми і профілю нівелірного ходу. Навчальний посібник призначений для розширення та поглиблення студентами знань і вмінь отриманих на лекційних та лабораторних заняттях і здобуття навичок самостійного виконання польових і камеральних робіт, які заплановані під час навчальної практики. Даний навчальний посібник рекомендується для практичної підготовки студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання (у тому числі, для іноземців) за спеціальностями 193 «Геодезія та землеустрій» та 103 «Науки про Землю» з дисципліни «Основи геодезії».

УДК 528

Р е ц е н з е н т и :

Кандидат географічних наук, доцент кафедри навігації та керування судном
Одеського національного морського університету

Васалатій Надія Василівна

Кандидат географічних наук, доцент кафедри агрометеорології та агроекології
Одеського державного екологічного університету

Барсукова Олена Анатоліївна

Кандидат технічних наук, доцент, т. в. о. зав. кафедри автоматизованих систем моніторингу
навколишнього середовища та інформатики Одеського державного екологічного університету

Перелигін Борис Вікторович

*Затверджено вченою радою Одеського державного екологічного університету
Міністерства освіти і науки України як навчальний посібник для здобувачів вищої освіти
за спеціальностями 193 «Геодезія та землеустрій» та 103 «Науки про Землю»
(протокол № 6 від 30.06.2022 р.)*

ISBN 978-966-186-214-1

© О. М. Гриб, Т. В. Гращенкова, 2022
© Одеський державний екологічний університет, 2022

ЗМІСТ

	С.
ВСТУП.....	4
1 ПОПЕРЕДНІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ	5
1.1 Інструктаж і залік з правил техніки безпеки	7
1.1.1 <i>Вимоги безпеки перед початком роботи та при виконанні камеральних робіт</i>	7
1.1.2 <i>Вимоги безпеки при виконанні польових геодезичних робіт</i>	8
1.2 Формування бригад і вибір бригадирів, форми та методи контролю ..	9
1.3 Одержання бланкових і навчально-методичних матеріалів, геодезичних приладів та обладнання (теодолітів, нівелірів, рейок, штативів, віх, рулеток тощо), їх огляд і перевірки	9
1.4 Складання та оформлення звіту з навчальної практики	11
2 ОГЛЯД І ПЕРЕВІРКИ ТЕОДОЛІТА І ПРИЛАДІВ ДЛЯ ЛІНІЙНИХ ВІМІРІВ ТА ВПРАВИ З ВІМІРЮВАННЯ КУТІВ І ВІДСТАНЕЙ.....	14
2.1 Будова та основні осі теодоліта 2Т30П.....	14
2.2 Виміри горизонтальних кутів	18
2.3 Перевірки та юстирування теодоліта	21
2.4 Огляд і перевірки мірних стрічок і геодезичних рулеток	30
2.5 Виміри відстаней на місцевості та обробка лінійних вимірів	32
2.6 Виміри відстаней лазерною рулеткою	36
3 ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА СИТУАЦІЇ МІСЦЕВОСТІ ТА ОБРОБКА ДАНИХ ЗАМКНЕНОГО ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ	39
3.1 Створення планового зйомочного обґрунтування.....	39
3.2 Зйомка ситуації місцевості та складання абрису	41
3.3 Обробка даних замкненого теодолітного ходу та побудова плану теодолітної зйомки	43
3.4 Обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу	48
4 ОГЛЯД І ПЕРЕВІРКИ НІВЕЛІРА ТА НІВЕЛІРНИХ РЕЙОК І ВПРАВИ З ВІМІРЮВАННЯ ПЕРЕВИЩЕНЬ МІЖ ТОЧКАМИ ТА ВІДСТАНЕЙ ЗА ВІДДАЛЕМІРНИМИ НИТКАМ СІТКИ НИТОК	50
4.1 Будова та основні осі нівеліра Н-10КЛ.....	50
4.2 Вимірювання перевищень між точками	51
4.3 Перевірки та юстирування нівеліра	55
4.4 Огляд та підготовка нівелірних рейок	63
5 ГЕОМЕТРИЧНЕ НІВЕЛЮВАННЯ ЗАМКНЕНОГО ХОДУ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНІЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ.....	67
5.1 Підготовка до технічного нівелювання	67
5.2 Заповнення та обробка журналу технічного нівелювання і побудова повздовжнього профілю замкненого нівелірного ходу	68
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	75
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	76
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	77
ДОДАТОК А. Зразок титульного листа до звіту з навчальної практики	78

ВСТУП

Навчальний посібник **«Основи геодезії. Навчальна практика»** присвячено питанням організації та проведення польової навчальної практики геодезичного напрямку, яка є невід'ємною складовою практичної підготовки і безпосереднім завершенням навчання студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання (зокрема для іноземців) за спеціальностями 193 «Геодезія та землеустрій» та 103 «Науки про Землю» з навчальної дисципліни «Основи геодезії».

У навчальному посібнику викладені пояснення і рекомендації до польових і камеральних робіт, які пов'язані з: підготовчо-організаційними роботами й інструктажем з правил техніки безпеки та охорони праці; оглядом і перевіркою мірних стрічок, рулеток, теодолітів, нівелірів та нівелірних рейок; рекогносцируванням ділянки робіт; вимірюванням горизонтальних кутів і довжин сторін замкненого полігону, виконанням зйомки ситуації місцевості та створенням абрису, камеральною обробкою результатів польових вимірювань і побудовою плану теодолітного ходу; виконанням геометричного нівелювання замкнутого полігону, обробкою журналу технічного нівелювання та визначенням перевищень і висот, побудовою схеми і профілю нівелірного ходу.

Навчальний посібник призначений для розширення та поглиблення знань і вмінь, отриманих студентами під час лекційних та лабораторних занять, здобуття навичок самостійного виконання польових і камеральних робіт, які заплановані у силабусах дисципліни «Основи геодезії» [1, 2] та робочих програмах навчальної практики [3, 4].

Перед початком робіт студенти повинні вивчити і добре засвоїти правила техніки безпеки під час виконання геодезичних робіт [5].

Даний навчальний посібник є логічним доповненням надрукованої раніше навчально-методичної літератури з навчальної дисципліни «Основи геодезії», посилання на яку наведені наприкінці даного посібника [6-10].

Для поглибленого вивчення матеріалу в переліку рекомендованої літератури до навчального посібника представлені посилання на діючі в Україні основні нормативні документи з геодезії та топографії [1-9].

За своїм змістом та формою подання матеріалу навчальний посібник охоплює тематику дисципліни «Основи геодезії», а головне – дає змогу студентам здійснювати підготовку до польових і камеральних робіт від їх організації до форми підготовки звітної матеріалу. Тому його поява є дуже корисним кроком в допомозі студентам під час даної навчальної практики.

Навчальний посібник **«Основи геодезії. Навчальна практика»** підготовлений з урахуванням власного багаторічного досвіду керування навчальними практиками, викладання даної дисципліни, організації та виконання геодезичних досліджень під час багатьох науково-дослідних робіт в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ).

1 ПОПЕРЕДНІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ

Навчальна практика «Основи геодезії» є невід'ємною частиною дисципліни «Основи геодезії» для студентів 1-го курсу денної та 2-го курсу заочної форм навчання (включно з іноземцями) за спеціальностями 193 «Геодезія та землеустрій» та 103 «Науки про Землю» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Тривалість практики: 2 тижня ($60 + 15 = 75$ год. або 2,5 кр. ЄКТС) для студентів, які навчаються за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», 1 тиждень ($30 + 15 = 45$ год. або 1,5 кр. ЄКТС) – 103 «Науки про Землю».

Навчальна практика проводиться на базах практики, які відповідають необхідним вимогам для виконання комплексу геодезичних робіт згідно з робочою програмою та вибираються викладачами – керівниками практики.

Можливі бази практики: сквер «Дубовий гай» поблизу НЛК № 2 ОДЕКУ (м. Одеса), метеорологічний польовий центр ОДЕКУ (м. Одеса), морський польовий центр ОДЕКУ (м. Одеса), науково-експертний центр моніторингу навколишнього середовища у складі науково-дослідної частини ОДЕКУ (м. Одеса), навчальна лабораторія геофізики, геодезії та водних досліджень і спеціалізовані аудиторії ОДЕКУ (м. Одеса).

Здобувачі вищої освіти (студенти) можуть самостійно пропонувати місце проходження практики з метою реалізації їх права на вільний вибір не менш ніж 25 % від всього обсягу їхньої освітньої програми.

На протязі навчальної практики студенти зобов'язані знаходитися на робочому місці (в полі або аудиторії) та приймати участь у виконанні робіт згідно з програмами навчальної практики [1-4], обережно поводитися з геодезичними приладами та обладнанням у відповідності з правилами експлуатації, додержуватись правил техніки безпеки та охорони праці.

Камеральні роботи виконуються в основному одночасно з польовими роботами чи на наступний день і повністю завершуються в кінці практики.

Всі методичні вимоги повинні бути відображені в вимірювальному процесі, формі запису польових журналів та креслень і в матеріалах обчислювальної та графічної обробки.

У результаті проходження навчальної практики студент повинен знати як виконувати комплекс польових і камеральних робіт, які пов'язані з: підготовчо-організаційними роботами, правилами техніки безпеки та охорони праці; оглядом і перевіркою мірних стрічок, рулеток, оптичних теодолітів і нівелірів та нівелірних рейок; рекогносцируванням ділянки робіт; вимірюванням горизонтальних кутів і довжин сторін замкненого полігону, виконанням зйомки ситуації місцевості та створенням абрису, камеральною обробкою результатів польових вимірювань і побудовою плану теодолітного ходу; виконанням геометричного нівелювання замкненого полігону, обробкою журналу технічного нівелювання та визначенням перевищень і висот, побудовою схеми і профілю нівелірного ходу.

Завершення навчальної практики закінчується складанням бригадою заліку в останній день практики і включає усне опитування кожного студента за матеріалами бригадного звіту. Звіт з практики захищається студентами безпосередньо керівнику практики (закріпленому за бригадою викладачу) та відповідальному керівнику практики.

До обов'язків керівника практики віднесені: бригадна організація праці, методичне керівництво роботами відповідно до робочої програми, контроль за їх виконанням. Керівник контролює виконання студентами правил техніки безпеки, хід польових і камеральних робіт, складання бригадних звітів та приймання заліку.

Оцінювання виконаної роботи студента під час навчальної практики завершується заліком, а студент отримує якісну оцінку «зараховано» або «не зараховано» (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Шкала відповідності інтегральних оцінок для заліку

Інтегральна сума балів	Оцінка
<60 % від максимальної суми балів	не зараховано
60-100 % від максимальної суми балів	зараховано

Максимальна сума балів за навчальну практику становить 100 балів і складається з двох частин:

1 – присутність на навчальній практиці, виконання робіт та участь в оформленні звіту студентом на протязі всієї практики згідно з робочою програмою практики (60 балів);

2 – захист бригадного звіту (40 балів).

Оформлений звіт з навчальної практики і позитивна робота студента під час практики оцінюється у 60 % від загальної суми балів за навчальну практику, а захист звіту – у 40 % (табл. 1.2).

Звіт приймається після виконання всіх видів робіт, оформлення необхідних матеріалів, здачі приладів, обладнання, навчально-методичної літератури та отримання відповідної позначки про їх здачу в щоденнику.

Таблиця 1.2 – Прийняті в ОДЕКУ шкали оцінювання (для заліку)

За шкалою ЄКТС	За національною системою	За системою ОДЕКУ, %
A	зараховано	90-100
B		82-89,9
C		74-81,9
D		64-73,9
E		60-63,9
FX	не зараховано	35-59,9
F		1-34,9

Залік з практики приймається у студентів, які повністю виконали робочу програму навчальної практики та виводиться кожному студентові індивідуально, виходячи з відповідей на запитання під час захисту звіту, оцінок при проміжному контролі якості виконаних польових і камеральних робіт, ініціативи та трудової дисципліни за час проходження практики. Прийняття заліку відбувається у присутності всіх членів бригади.

Залік з середньою оцінкою за кожен вид завдань виставляється у інтегральну відомість, вноситься у заліково-екзаменаційну відомість і в залікову книжку студента (індивідуальний навчальний план студента).

Студенту, який не виконав програму практики, за рішенням декану може бути надано право проходження практики повторно, наприклад, під час канікул до початку наступного семестру.

Студентам, які не виконали програму практики без поважних причин, дозволяється її повторне проходження виключно за власні кошти.

Після заліку керівники практики складають звіти про її результати – успішність та якість, які розглядаються на кафедрі. За результатами звіту кафедра робить висновки про успішність та якість проведення практики.

1.1 Інструктаж і залік з правил техніки безпеки

Перед початком проходження навчальної практики кожен студент проходить вступний інструктаж з правил техніки безпеки (ТБ) і охорони праці (ОП), яких необхідно дотримуватися під час всього періоду навчальної практики, а також скласти залік з правил ТБ і ОП.

Інструктаж з правил ТБ і ОП здійснюється за допомогою даного навчального посібника та галузевих правил з техніки безпеки [5].

1.1.1 Вимоги безпеки перед початком роботи та при виконанні камеральних робіт

Перед початком окремих видів роботи треба пройти вступний інструктаж, а також проходити інструктажі на робочому місці при зміні виду роботи. Для виконання польових видів робіт треба мати відповідні для цього одяг і взуття, які повинні бути легкими та зручними.

Забороняється працювати без взуття і головного убору, засобів індивідуального захисту і аптечки.

При виконанні камеральних робіт з використанням спеціального електричного обладнання (наприклад, персонального комп'ютеру, принтера) необхідно перевірити наявність надійного захисного устаткування, стан електричних шнурів та вилок, вимикачів та засобів управління. У разі виявлення порушень електричного устаткування або інших несправностей, негайно повідомити про це керівництво.

1.1.2 Вимоги безпеки при виконанні польових геодезичних робіт

Нижче наведені основні вимоги безпеки при виконанні польових геодезичних робіт:

- перед початком робіт потрібно ретельно оглянути геодезичні прилади та обладнання;
- рейки і штативи повинні мати справні гвинти кріплення;
- переносити вішки, штативи або інші прилади, що мають гострі кінці, дозволяється тільки тримаючи їх гострими кінцями вперед;
- при ходьбі по вулицях забороняється носити рейки на плечах, їх треба переносити в руках у вертикальному положенні і неодмінно складеними, з закріпленими гвинтами;
- не дозволяється залишати без нагляду геодезичні прилади на штативах або у зібраному виді в межах дорожнього полотна;
- геодезичні прилади, встановлені на штативах, необхідно міцно закріплювати, вдавляючи гострі кінці ніжок у землю;
- не дозволяється складати рейки, вішки і штативи у козли, притуляти до дерев, стінок та до інших предметів;
- забороняється кидати шпильки мірних приладів, рейки та вішки, їх треба передавати з рук у руки;
- при роботі біля доріг треба виконувати правила дорожнього руху;
- забороняється піднімати рейки, віхи та інші предмети до проводів ліній електропередачі і тому подібних предметів ближче ніж на 2 м;
- забороняється працювати на крутих схилах;
- при зйомках поблизу будівель необхідно заздалегідь впевнитися в тому, що в будинку закриті всі вікна та фіранки на 1-2 поверхах, при сильному і поривчастому вітрі забороняється працювати поблизу будинків;
- необхідно дотримуватися заходів захисту від електротравматизму, не підходити до обірваних електричних проводів, про обрив електричних проводів необхідно сповістити керівництво і відповідні служби, а поблизу обриву виставити охорону до моменту прибуття відповідних служб;
- при наближенні грози роботи слід припинити і негайно перейти до закритого приміщення;
- під час грози не дозволяється стояти під деревами та притулятися до стовбурів, знаходитись біля громовідводів, високих предметів, стовпів, каменів, дерев, що стоять окремо, контактної мережі високовольтних ліній і на підвищеннях;
- під час роботи категорично забороняється палити.

У разі виникнення нещасного випадку треба негайно повідомити керівництво і викликати швидку медичну допомогу за телефоном «103».

Надавати потерпілому першу медичну допомогу треба до моменту прибуття медичних працівників.

Не допускати у небезпечну зону сторонніх осіб.

1.2 Формування бригад і вибір бригадирів, форми та методи контролю

Для проходження навчальної практики формуються студентські бригади чисельністю 4-6 осіб на чолі з бригадиром.

Для керівництва практикою за бригадами закріплюються викладачі – керівники навчальної практики. Загальне керівництво практикою здійснює відповідальний керівник навчальної практики.

Керівник здійснює загальний контроль за присутністю студентів, додержуванням методичних вимог, виконанням необхідних обсягів робіт, вмісту звітних матеріалів та підготовкою звіту, дотриманням студентами правил техніки безпеки і поведінки на практиці.

Бригадир розподіляє роботу серед членів бригади, веде щоденник практики, в якому відображає присутність студентів на практиці, стежить за виконанням правил техніки безпеки і участю студентів в усіх роботах.

Прилади та обладнання, бланковий матеріал і навчально-методична література видаються бригадиру під його підпис. Прилади й обладнання видаються студентам після проведення інструктажу з правил техніки безпеки і поведінки під час практики.

Матеріальну відповідальність за втрату або псування геодезичних приладів і обладнання несуть усі студенти бригади.

Перелік отриманих приладів і обладнання, бланкового матеріалу та навчально-методичної літератури бригадир заносить у свій щоденник.

Кожна бригада, разом з викладачем, після отримання приладів і обладнання та бланкового матеріалу здійснює їх огляд і перевірку.

1.3 Одержання бланкових і навчально-методичних матеріалів, геодезичних приладів та обладнання (теодолітів, нівелірів, рейок, штативів, віх, рулеток тощо), їх огляд і перевірки

Для виконання геодезичних вимірювань і робіт одержують необхідні геодезичні прилади (засоби вимірювальної техніки), випробувальне і допоміжне обладнання, бланковий матеріал для запису результатів вимірів, навчально-методичну літературу тощо.

Перед початком вимірювань і робіт обов'язково здійснюється огляд, підготовка та перевірка приладів і обладнання, а також, за необхідністю, їхня заміна (при виявленні несправностей).

Огляд, підготовку та перевірку приладів і обладнання необхідно виконувати згідно з методами, наведених у відповідній літературі [6-10] та викладених нижче у тексті даного навчального посібника. При виявленні несправних приладів і обладнання та неможливості їх швидко і самостійно виправити, треба несправні прилади і обладнання замінити на справні.

Нижче представлений загальний перелік приладів і обладнання та бланкових матеріалів, необхідних для виконання геодезичних вимірювань і робіт під час навчальної практики (на одну бригаду), який може дещо змінюватися та/або доповнюватися.

Транспортер геодезичний – 1 од.

Циркуль-вимірювач – 1 од.

Рулетка геодезична – 1 од.

Лазерна рулетка DM-120 (або DM-90) з відбивачем – 1 од.

Теодоліт 2Т30П – 1 од.

Штатив для теодоліту – 1 од.

Віхи геодезичні – 6 од.

Нівелір Н-10КЛ – 1 од.

Штатив для нівеліру – 1 од.

Рейка нівелірна РН-3-3000С – 1 од.

Інженерний калькулятор – 1 од.

Планшет-тримач для паперу та бланкового матеріалу – 1 шт.

Лінійка – 1 шт. (на кожну людину).

Олівець простий – 1 шт. (на кожну людину).

Комплект різнокольорових олівців – 1 комплект.

Стиранка – 1 шт. (на кожну людину).

Ручка з чорною пастою – 1 шт. (на кожну людину).

Зошит (12-24 арк.) – 1 шт.

Папір міліметровий (формат А-4) – 5 арк.

Папір білий (формат А-4) – 50 арк.

Папір білий (формат А-3) – 2 арк.

Бланк для оформлення перевірок та юстування теодоліта – 1 шт.

Бланк для оформлення перевірок та юстування нівеліра – 1 шт.

Журнал теодолітної зйомки – 1 шт.

Журнал визначення відстаней – 1 шт.

Відомість обробки замкнутого теодолітного ходу – 1 шт.

Журнал технічного нівелювання – 1 шт.

Папка картонна (або пластикова) для зшивання звіту – 1 шт.

Перевіркою приладу (зокрема, геодезичного) називають сукупність експериментальних операцій, які направлені на здійснення контролю його метрологічної справності. Інакше кажучи, під перевірками геодезичних приладів слід розуміти їх відповідність щодо виконання необхідних геометричних умов без дотримання яких, точність вимірювання кутів, довжин, перевищень не буде відповідати тій точності, яка передбачена конструкцією цього геодезичного приладу.

Перевірки виконують лише за певних умов зовнішнього середовища та в суворій послідовності.

Використання неперевіраних геодезичних приладів для вимірювань суворо заборонено.

Перевірка приладу складається з трьох основних складових:

1 – власне геометричної умови, при дотриманні якої, забезпечується належна точність вимірювань;

2 – перевірки відповідності приладу цій умові;

3 – юстування (виправлення) приладу з метою усунення існуючих технічних невідповідностей геометричній умові.

Результати перевірки приладів подають у наступній послідовності:

1 – назва перевірки;

2 – геометрична умова, що перевіряється;

3 – виконання перевірки;

4 – виправлення (юстування) приладу.

Умови проведення огляду та перевірок представлені нижче.

1. Прилади, які перевіряються і засоби перевірки повинні бути завчасно підготовлені до проведення перевірок. Перед початком перевірок необхідно перевірити зовнішній стан і комплектність приладу, а також працездатність всіх його частин.

2. Перед початком перевірки геодезичні прилади повинні бути приведені в робочий стан у відповідності до інструкцій з їх експлуатації.

3. При виконанні перевірок в приміщенні або в польових умовах повинні виконуватись наступні вимоги:

а) температура повітря повинна бути в межах температурного діапазону роботи приладу;

б) зміна температури повітря повинна бути не більше 3°C за годину;

в) відносна вологість повітря повинна бути не більше 90 %;

г) швидкість вітру не повинна перевищувати 4 м/с;

д) у польових умовах на прилад не повинні попадати прямі сонячні промені.

4. При проведенні перевірок повинні виконуватись правила роботи з вимірними приладами, а також правила з техніки безпеки.

1.4 Складання та оформлення звіту з навчальної практики

За матеріалами виконаних робіт кожна бригада оформлює звіт, до складу якого входять журнали польових вимірювань і заповнені бланкові матеріали, креслення, відомості обчислень тощо. Крім того, додані до звіту матеріали мають супроводжуватись пояснювальною запискою, яка коротко відображає методичні вимоги виконання робіт (з посиланням на відповідну літературу, зокрема і на даний навчальний посібник) та фактичні умови й особливості проведення конкретних видів робіт і вимірювань.

Всі матеріали звіту нумерують і зшивають в одну папку згідно з змістом звіту, який розміщується на його початку після титульного листа (див. Додаток А).

До звіту прикладається щоденник бригади, в якому повинні бути відображені відомості про склад бригади, інструктаж і залік з правил техніки безпеки, участь студентів бригади у всіх видах робіт, зміст і обсяг робіт, виконаних бригадою кожного робочого дня.

Нижче наведені правила оформлення звіту з навчальної практики.

1. Текст звіту оформлюють на аркушах формату А4 (210×297 мм), книжкова орієнтація, поля: зверху та знизу – 20 мм, ліворуч – 30 мм, праворуч – 15 мм. Кожне креслення оформлюється згідно з методичними вимогами до них на аркушах білого або міліметрового паперу форматів: А3 (297×420 мм) та А4 (210×297 мм).

2. Заголовки структурних елементів звіту та заголовки розділів розташовують у середині рядків без крапок наприкінці, не підкреслюють. Заголовки підрозділів починають з абзаців, не підкреслюють, без крапки у кінці. Відстань між заголовком і текстом повинна бути у два рядки.

3. Не слід розміщувати назву розділу або підрозділу наприкінці сторінки, якщо після неї залишається один-два рядки тексту.

4. Сторінки слід нумерувати арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці. Титульний лист вводять до загальної нумерації сторінок звіту, але номер сторінки на цьому аркуші не ставлять.

5. Ілюстрації (у тому числі, креслення) та таблиці розміщують на окремих сторінках, вводячи їх до загальної нумерації. Вони розміщуються безпосередньо після тексту, в якому вперше йдеться про них. На всі ілюстрації та таблиці повинні бути посилання в тексті звіту.

6. Під час оформлення посилань слід писати: «...у розділі 1...», «...див. підрозділ 1.2...», «...на рис. 2.2» або «...на рис. 7.1-7.3...», «...у табл. 5.2», «...за формулою (6.2)...» або «...за формулами (7.3)-(7.5)...», «...у рівняннях (3.1)-(3.5)...», «...у додатку А...», «...згідно з вимогами п. 2 методичних вказівок [11]...», «...була використана література [3]-[8]...».

7. Журнали польових вимірювань, відомості обчислень і заповнені бланкові матеріали розміщуються безпосередньо після сторінки, в тексті якої вперше йдеться про них. Вони не вводяться до загальної нумерації. На всі журнали польових вимірювань, відомості обчислень і заповнені бланкові матеріали повинні бути посилання в тексті звіту.

8. Перелік посилань на літературу чи інші джерела інформації та/або даних наводять у кінці тексту звіту з нової сторінки в тому порядку, в якому вони вперше згадуються в тексті з оформленням згідно з вимогами ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання» та ДСТУ 3582:2013 «Інформація та документація. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила».

Звітний матеріал до розділу 1:

1) титульний лист звіту з навчальної практики встановленого зразка (див. **Додаток А**);

2) «**Зміст**» до звіту з навчальної практики, який розміщується після титульного листа;

3) «**Вступ**» до звіту з навчальної практики, який розміщується після змісту звіту з наступною інформацією:

– мета і головні завдання навчальної практики (згідно з силлабусом дисципліни [1, 2] та робочою програмою навчальної практики [3, 4]);

– перелік запланованих на практиці видів польових і камеральних робіт та комплексу геодезичних вимірювань;

– місце проведення (база) навчальної практики (наприклад, навчальні лабораторії, спеціалізовані аудиторії та навчальний полігон на території ОДЕКУ (рис. 1.1); науково-експертний центр моніторингу навколишнього середовища у складі науково-дослідної частини ОДЕКУ (м. Одеса) тощо);

– тривалість та строки навчальної практики;

4) розділ звіту з навчальної практики «**1 Попередні організаційно-підготовчі роботи**» з наступними матеріалами:

– коротка пояснювальна записка;

– контрольний лист інструктажу і заліку з правил техніки безпеки та охорони праці;

– контрольний лист одержання приладів, обладнання, бланкових та інших матеріалів;

5) щоденник навчальної практики, з зазначенням виконаних видів робіт і вимірювань, присутності та участі студентів бригади у їх виконанні.



Рисунок 1.1 – Положення навчального полігону для проведення навчальної практики з дисципліни «Основи геодезії» на території ОДЕКУ (м. Одеса):

1, 2, 3, 4, 5 – номери вершин полігону; РП2 – репер для прив'язки ходу

2 ОГЛЯД І ПЕРЕВІРКИ ТЕОДОЛІТА І ПРИЛАДІВ ДЛЯ ЛІНІЙНИХ ВИМІРІВ ТА ВПРАВИ З ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ І ВІДСТАНЕЙ

Перед початком вимірів горизонтальних кутів потрібно закріпити знання з наступних питань: 1) будова теодоліта 2ТЗ0П; 2) приведення теодоліта в робочий стан та його встановлення у вершині вимірюваного кута (центрування); 3) вимірювання горизонтальних кутів.

2.1 Будова та основні осі теодоліта 2ТЗ0П

Оптичний теодоліт 2ТЗ0П за точністю вимірювання кутів належить до технічних (більше 10"). Літерою «Т» позначають теодоліт, цифра «2» означає друге покоління, цифра «30» – середня квадратична похибка виміру кута одним прийомом (30"), а літера «П» – пряме зображення.

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

Звіряючи прилад з рисунком, наведеним нижче (рис. 2.1), знайдіть горизонтальний і вертикальний круги, їх алідади, зорову трубу, всі закріпні і навідні гвинти, рівні, відлікові пристосування та інші частини. З'ясуйте суть літер і числових індексів в шифрі (назві, марці) приладу. Особливу увагу треба звернути на те, що всі частини приладу не можна обертати один щодо одного з великими зусиллями – це призведе до поломки деталей теодоліта. Якщо потрібно навести зорову трубу на об'єкт, то потрібно: 1) ослабити закріпні гвинти алідади і труби; 2) наближено (рукою), спостерігаючи через оптичний візир, навести трубу на об'єкт візування; 3) коли він опиниться у полі зору труби, затиснути закріпні гвинти; 4) діючи навідними гвинтами алідади і труби, візуючи в неї, точно сумістити центр сітки ниток з об'єктом візування.

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

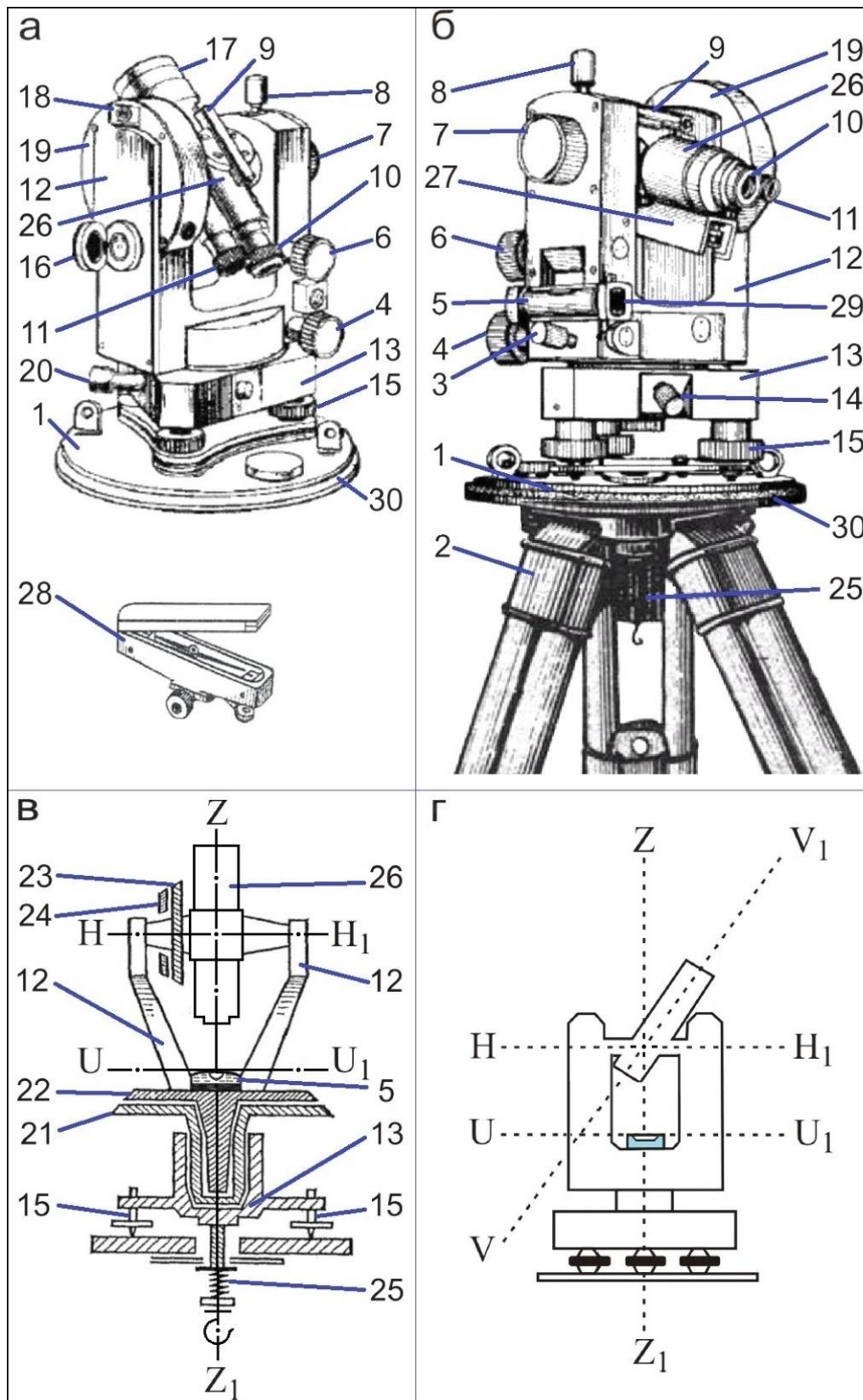


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд і будова теодоліта 2Т30П
(а – вигляд при КЛ; б – вигляд при КП; в – схема розрізу; г – осі теодоліта):

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

Щоб поділки у відліковому мікроскопі теодоліту були добре видні та зчитувалися, необхідно встановити по своєму оку окуляр відлікового мікроскопа, обертаючи його діоптрійне кільце. Рівномірне і яскраве освітлення шкал забезпечується поворотами дзеркала підсвічування на колонці під вертикальним колом. Відлік за шкалами (горизонтальною або вертикальною) формується з відліку по градусній рисці та хвилинного значення (відрізка на шкалі від нуля алідади до градусної риски). На протилежних кінцях шкали вертикального круга є два нулі – додатний і від’ємний, що відповідають початкам відліків минут для додатних і від’ємних кутів (рис. 2.2). Тому, якщо труба направлена вище за горизонт, кут додатний, а якщо нижче за горизонт – від’ємний. У градусних поділках знак від’ємного кута вказаний у вигляді знаку мінусу «-», а у додатного кута може бути опущений, тобто знак «+» не ставиться.

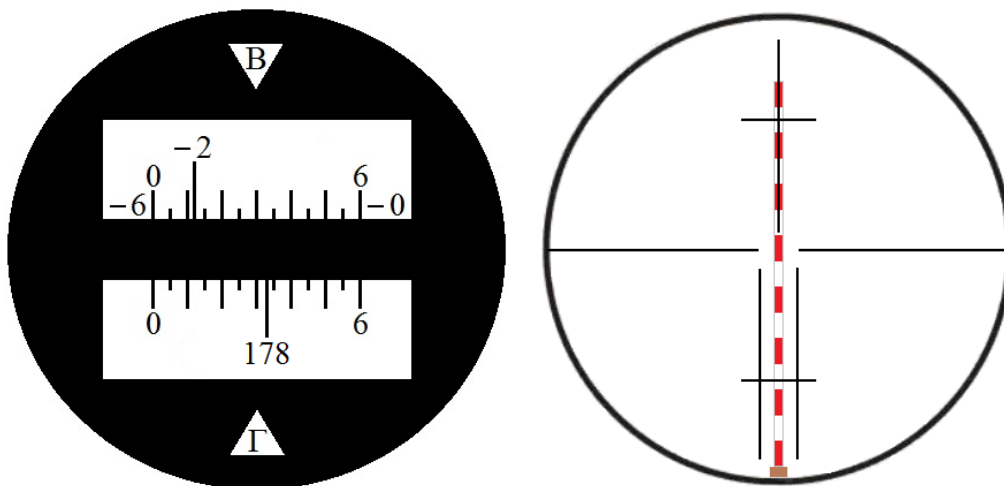


Рисунок 2.2 – Приклади поля зору зорової труби (з права) та відлікового мікроскопу (з ліва) теодоліту 2Т30П (відлік за горизонтальною шкалою (Г) складає $178^{\circ}33'$; відлік по вертикальній шкалі (В) дорівнює $-2^{\circ}12'$)

Якщо необхідно встановити у відліковому мікроскопі теодоліта заданий відлік на горизонтальному крузі, то потрібно виконати наступне: 1) ослабити закріпний гвинт алідади горизонтального круга; 2) навести її так, щоб відліковий штрих мікроскопа розташувався поблизу заданого відліку; 3) закріпити алідаду; 4) діючи її навідним (мікрометричним) гвинтом точної наводки, встановити заданий відлік.

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

2.2 Виміри горизонтальних кутів

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

У ряді випадків для суміщення кутових вимірювань по декількох станціях потрібно виконати *орієнтування теодоліта по магнітному меридіану* (магнітній стрілці). Для цього: 1) витягніть з футляра теодоліта накладну орієнтир-бусоль (рис. 2.1); 2) закріпіть її на вертикальному крузі теодоліта; 3) встановіть, при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ), відлік на горизонтальному крузі, який буде дорівнювати $0^{\circ}00'$; 4) при такому поєднанні алідади з лімбом потрібно при закріпленій алідаді і відкріпленому лімбі обертати інструмент навколо вертикальної осі до тих пір, поки північний кінець магнітної стрілки бусолі не опиниться поблизу її нульової поділки, тобто розвернути трубу на північ і зорієнтувати інструмент по магнітному меридіану; 5) закріпивши лімб та використовуючи його навідний гвинт, здійснити поєднання північного кінця стрілки бусолі з її нульовою поділкою.

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

1) приводять теодоліт у робочий стан, у тому числі здійснюють встановлення теодоліта у вершині вимірюваного кута (*центрування*) за допомогою штативу та виску (рис. 2.3) або оптичного центриру;

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

Вимірювання теодолітом горизонтального кута (рис. 2.4) способом «*прийомів*» виконують двома півприйомами – при ВК з ліва (КЛ) та з права (КП). Приклад запису вимірів та обчислення окремого горизонтального кута теодолітом 2Т30П способом «*прийомів*» наведено в табл. 2.1, де у дужках вказаний порядковий номер запису за етапами вимірювань і обчислень на одній станції. Нижче описано ці етапи відповідно до порядкових номерів, які наведено в табл. 2.1.

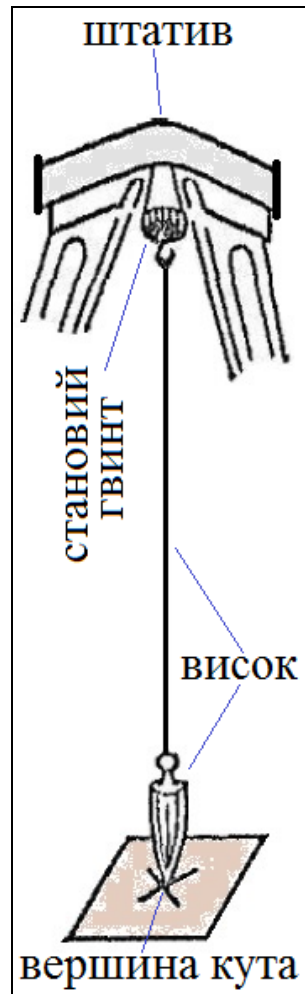


Рисунок 2.3 – Схема центрування або встановлення теодоліта у вершині вимірюваного кута (позначено хрестом) за допомогою штативу та виску

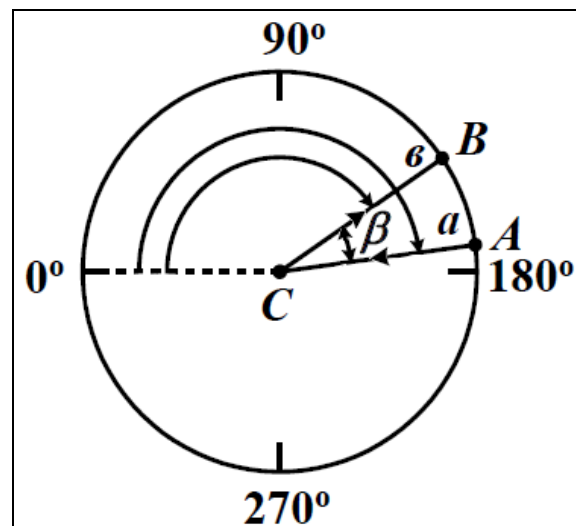


Рисунок 2.4 – Схема вимірювання правого за ходом горизонтального кута ACB способом «приймів» (теодоліт 2Т30П – лімб від цифровано за ходом годинникової стрілки)

Таблиця 2.1 – Журнал вимірювань та обчислень правих за ходом горизонтальних кутів способом «прийомів»

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

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

У першому півприйомі виконують наступні дії:

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

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

- 8) не змінюючи місця положення теодоліта на станції, змістивши лімб на 5-10°, закріплюють його при **КП**;
- 9) відкріпивши алідаду, знову візують теодоліт на задню точку (**А**);
- 10) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік $a_{КП} = 0^\circ 08'$;
- 11) відкріплюють алідаду і візують теодоліт при тому ж **КП** на передню точку (**В**);
- 12) закріпивши алідаду, знімають з лімба відлік $b_{КП} = 322^\circ 10'$;

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

14) для контролю якості визначення кута визначають розбіжність результатів вимірювання цього кута в двох півприйомах (при КЛ та КП) $|\Delta\beta_{вим}| = |\beta_{КЛ} - \beta_{КП}| = |37^{\circ}57' - 37^{\circ}58'| = |-1'| = 1'$, яка не має перевищувати подвійну точність відлікового пристрою ($\Delta\beta_{зр} = 2 \cdot t$), тобто $|\Delta\beta_{вим}| \leq \Delta\beta_{зр}$ (для теодоліта 2Т30П точність відлікового пристрою $t = 30''$, таким чином гранична похибка для повного прийому складає $\Delta\beta_{зр} = 2 \cdot 30'' = 1'$), отже, у наведеному прикладі (табл. 2.1), розбіжність результатів вимірювання кута $|\Delta\beta_{вим}| = 1'$ є в межах граничної похибки $\Delta\beta_{зр} = 1'$ (якщо розбіжність більше граничної похибки, то вимірювання виконують заново);

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

2.3 Перевірки та юстирування теодоліта

Перед виконанням вимірів теодоліт необхідно перевірити. Спочатку перевіряють комплектацію, справність роботи всіх гвинтів та виявляють механічні й 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. Під час проведення перевірок використовують паспорт теодоліта, який входить до комплекту приладу. Точність відліку кутів теодолітом 2Т30П становить $30''$. Для даного теодоліту проводять перевірки, які викладені нижче.

Перевірка 1. Вісь циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта (рис. 2.5). Встановлюють теодоліт на штатив і розташовують циліндричний рівень за напрямком двох піднімальних гвинтів «А» і «В» та приводять бульбашку рівня в нуль-пункт (рис. 2.6, положення 1). Далі повертають прилад на 90° і поворотом третього піднімального гвинта «С» знову виводять бульбашку рівня у нуль-пункт (рис. 2.6, положення 2). Потім повертають алідаду теодоліта ще на 90° (рис. 2.6, положення 3). Якщо бульбашка рівня змістилась від нуль-пункту не більш ніж на одну поділку, то перевірка виконана, а інакше – виконують юстування приладу.

Для цього у положенні 3 (рис. 2.6) виправними гвинтами рівня за допомогою шпильки (рис. 2.7) 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».

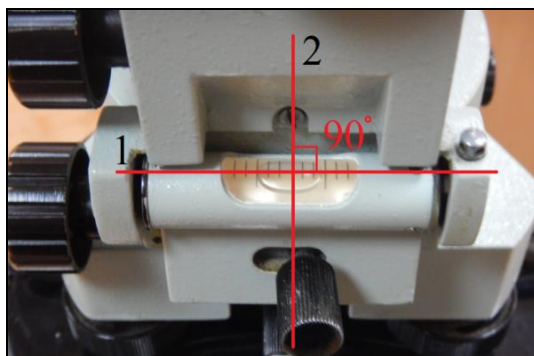


Рисунок 2.5 – Перевірка перпендикулярності осі циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга (1) до вертикальної осі обертання теодоліта (2)

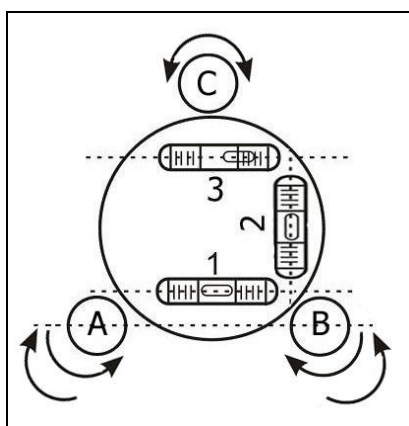


Рисунок 2.6 – Перевірка циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга теодоліта: 1, 2, 3 – положення циліндричного рівня між піднімальними гвинтами А, В та С; стрілки – напрямки обертання гвинтів

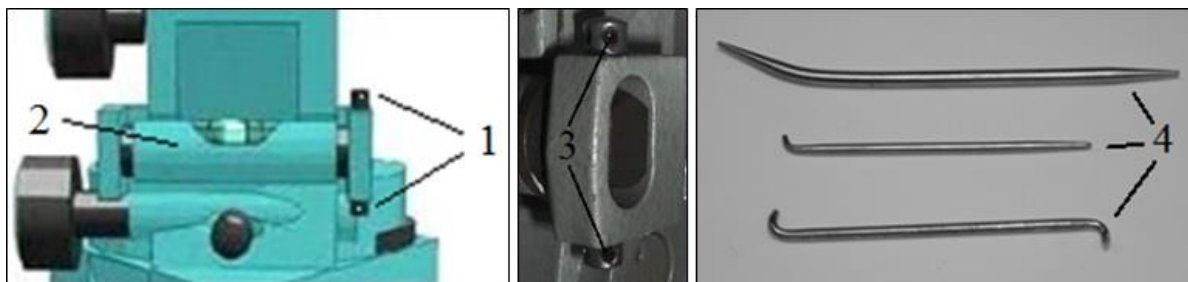


Рисунок 2.7 – Виправні гвинти циліндричного рівня при алідаді теодоліта: 1 – циліндричний рівень; 2 – виправні (юстувальні) гвинти; 3 – отвори для шпильок; 4 – шпильки для юстування

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.

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. 2.8, а). Якщо вертикальна нитка сітки не співпадає з ниткою виска (рис. 2.8, б), то перевірка не виконана, тому далі виконують виправлення (юстування).

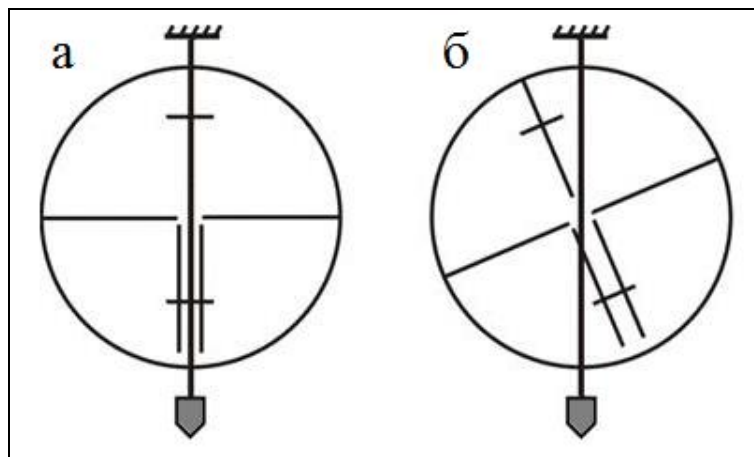


Рисунок 2.8 – Перевірка сітки ниток:
а – перевірка виконана; б – перевірка не виконана

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 ціль (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. 2.9). Після цього повертають сітку ниток так, щоб вертикальна нитка співпадала з лінією виска (рис. 2.8, 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.

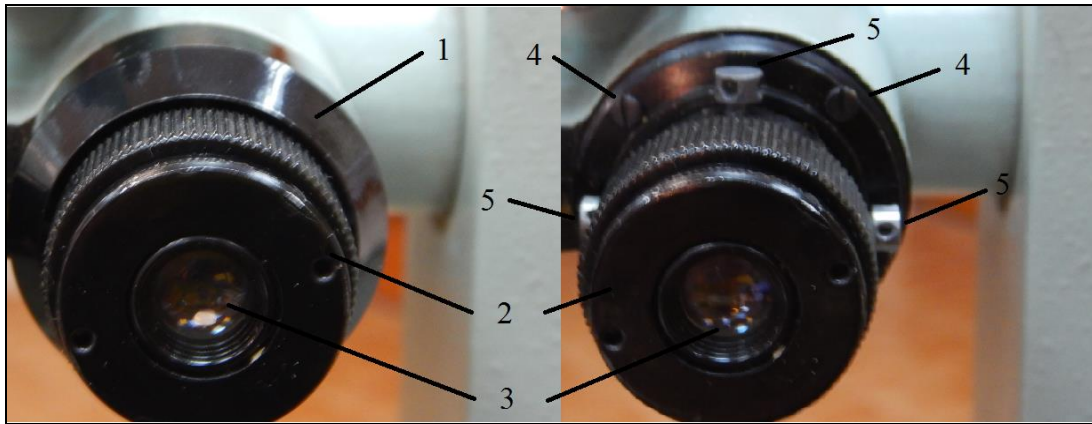


Рисунок 2.9 – Юстування сітки ниток шляхом повороту діафрагми сітки ниток:
 1 – ковпачок в окулярній частині зорової труби; 2 – діоптрійне кільце;
 3 – окуляр зорової труби; 4 – закріпні гвинти діафрагми сітки ниток;
 5 – вертикальні та горизонтальні виправні гвинти сітки ниток

Перевірка 3. Візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярна до осі обертання зорової труби або визначення колімаційної похибки (рис. 2.10).

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 теодоліта 2Т30П з метою виключення ексцентриситету алідади (неспівпадіння осей обертання лімба і алідади), необхідно повернути лімб приблизно на 180°. На практиці цей етап перевірки 3 можна не виконувати.

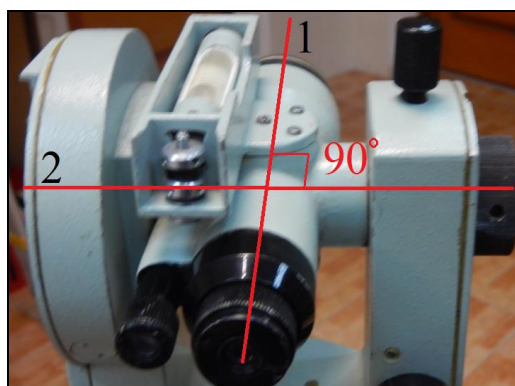


Рисунок 2.10 – Перевірка перпендикулярності візирної осі зорової труби до осі обертання зорової труби (або визначення колімаційної похибки):
 1 – візирна вісь зорової труби; 2 – вісь обертання зорової труби

Дана операція виконується за допомогою закріпного гвинта лімба. Відкріплення та обертання лімба проводять після взяття відліків КП₁ і КЛ₁.

Після зміщення і закріплення лімба повторюють наведення на цю ж точку і знімають відліки $КП_2$ і $КЛ_2$.

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 2Т30П та інших вітчизняних теодоліті серії Т30.

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 алідади 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 .

Після цього знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби, який закриває доступ до виправних гвинтів сітки ниток (рис. 2.9). 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. 2.11).*

Виконання даної перевірки гарантується виробником теодолітів, але її виконання є обов'язковим. Встановлюють теодоліт на відстані 2-3 м від стіни будинку (рис. 2.12). 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).

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

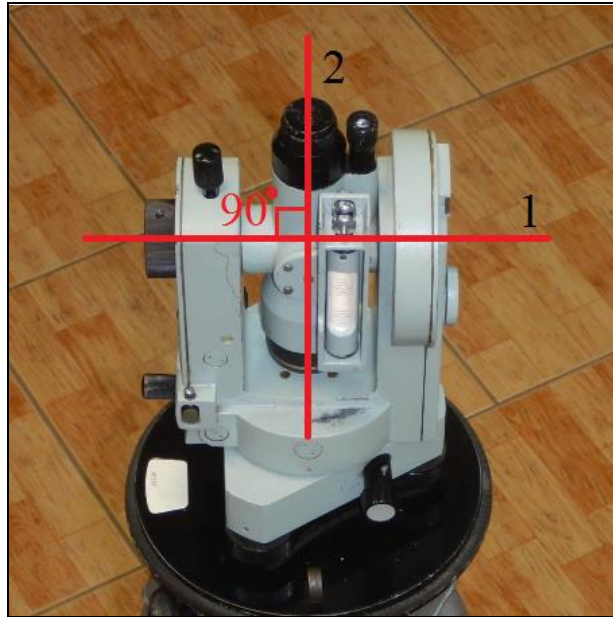


Рисунок 2.11 – Перевірка перпендикулярності горизонтальної осі обертання зорової труби до вертикальної осі теодоліта: 1 – горизонтальна вісь обертання зорової труби теодоліта; 2 – вертикальна вісь теодоліта

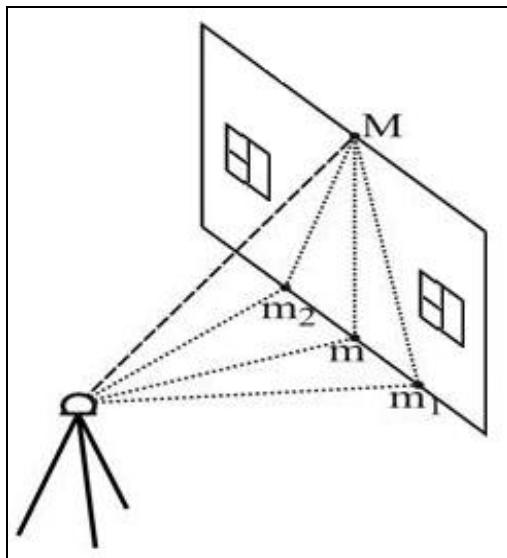


Рисунок 2.12 – Схема виконання перевірки перпендикулярності горизонтальної осі обертання зорової труби до вертикальної осі теодоліта

Після цього повертають алідаду на 180° і знову наводять центр сітки ниток на верхню точку М, 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 буде більшим ніж ширина бісектору, то потрібне виправлення (юстування).

Для теодоліту 2Т30П 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 допускають до 1'.

Перевірка 5. Місце нуля вертикального круга повинно бути постійним і близьким до нуля. Місце нуля (М0) – 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. У теодоліті 2Т30П нулі алідади вертикального круга фіксуються за допомогою циліндричного рівня при ВК.

Маючи два відліки з ВК, а саме КЛ і КП, в залежності від конструкції теодоліта і оцифрування вертикального круга, обчислюють значення М0.

Для теодоліта 2Т30П обчислюють за формулою:

$$M_0 = (КЛ + КП) / 2. \quad (2.3)$$

При незначних значеннях М0 (до 1' – для теодолітів серії Т30) – він враховується в обчисленнях вертикальних кутів:

$$\nu = КЛ - M_0 \quad \text{та/або} \quad \nu = M_0 - КП. \quad (2.4)$$

При великих значеннях М0 (більше 1' – для теодоліту 2Т30П) 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. 2.9), 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 М0 і колімаційної похибки. Допустимі значення М0 вказуються в паспорті теодоліту. При визначенні М0 для теодолітів з рівнем при вертикальному крузі його бульбашку виводять на середину перед зняттям відліку.

Всі результати перевірки та юстування (виправлення) теодоліта заносять у таблицю встановленого зразка (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Зразок бланку для 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			

Продовження табл. 2.2

Результати виконання перевірки 3 – візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярна до осі обертання зорової труби (визначення колімаційної похибки), та юстування (виправлення) теодоліта	
Перевірка	
Відлік з горизонтального круга при $KП$ =	248°37'
Відлік з горизонтального круга при $КЛ$ =	68°41'
$c = (КЛ - КП \pm 180^\circ)/2 =$	2'
Граничне значення колімаційної похибки: $c_{гр} = 30'' \times 2 =$	1'
Перевірка умови $c \leq c_{гр}$:	2' > 1'
Висновок:	Потрібне юстування
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік: $КЛ_0 = КЛ - c =$	68°39'
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік з горизонтального круга при $KП$ =	248°37'
Відлік з горизонтального круга при $КЛ$ =	68°39'
$c = (КЛ - КП \pm 180^\circ)/2 =$	1'
Граничне значення колімаційної похибки: $c_{гр} = 30'' \times 2 =$	1'
Перевірка умови $c \leq c_{гр}$:	1' = 1'
Висновок:	Умова виконана: $c \leq c_{гр}$
Результати виконання перевірки 4 – горизонтальна вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі теодоліта	
Висновок:	Умова виконана
Результати виконання перевірки 5 – місце нуля вертикального круга повинно бути постійним і близьким до нуля, та юстування (виправлення) теодоліта	
Перевірка	
Відлік з вертикального круга при $KП$ =	-15°25'
Відлік з вертикального круга при $КЛ$ =	15°29'
$МО = (КП + КЛ) / 2 =$	2'
Граничне значення колімаційної похибки: $МО_{гр} = 30'' \times 2 =$	1'
Перевірка умови $МО \leq МО_{гр}$:	2' > 1'
Висновок:	Потрібне юстування
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік: $\nu = КЛ - МО =$	15°27'
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік з вертикального круга при $KП$ =	-15°25'
Відлік з вертикального круга при $КЛ$ =	15°27'
$МО = (КП + КЛ) / 2 =$	1'
Граничне значення колімаційної похибки: $МО_{гр} = 30'' \times 2 =$	1'
Перевірка умови $МО \leq МО_{гр}$:	1' = 1'
Висновок:	Умова виконана: $МО \leq МО_{гр}$

Стор. 2 з 2

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

Під час навчальної практики огляд та виконання перевірок теодоліта студенти здійснюють самостійно, а юстування (виправлення) – лише за участі керівників або замінюють несправний прилад на справний з обов'язковим повторним виконанням необхідних перевірок і юстувань.

2.4 Огляд і перевірки мірних стрічок і геодезичних рулеток

Під впливом часу, температури, механічних ушкоджень довжина мірного приладу для лінійних вимірів (геодезичної стрічки та/або рулетки) в процесі його експлуатації змінюється. Тому перед початком вимірювань геодезичної стрічки та/або рулетки *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.

Для компарування мірних стрічок, рулеток та інших мірних приладів на виробництвах метрологічні служби мають у своєму відомстві польовий компаратор, який представляє собою базис, розміщений на рівній, твердій і відкритій поверхні, довжиною 60-120 м та/або 150-300 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 кілька разів вищою ніж точність приладів, які на ньому перевіряються.

Крім того, у польових умовах компарування мірної стрічки (рулетки) можна виконати шляхом порівняння її довжини із довжиною взірцевої (повіреної) стрічки або рулетки (однакового чи вищого класу точності). Компарування мірного приладу виконується 4-10 прийомами залежно від необхідної точності.

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

$$\Delta l_{\text{ком}} = (D_{\text{ком}} - D_{\text{роб}}) / n, \quad (2.5)$$

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:

$$n = D_{\text{роб}} / l_0, \quad (2.6)$$

l_0 – номінальна довжина мірного приладу, м.

Поправка за компарування мірного приладу $\Delta l_{\text{ком}}$ може бути як додатною, так і від'ємною (див. рис. 2.13).

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:

$$l = l_0 - \Delta l_{\text{ком}}. \quad (2.7)$$

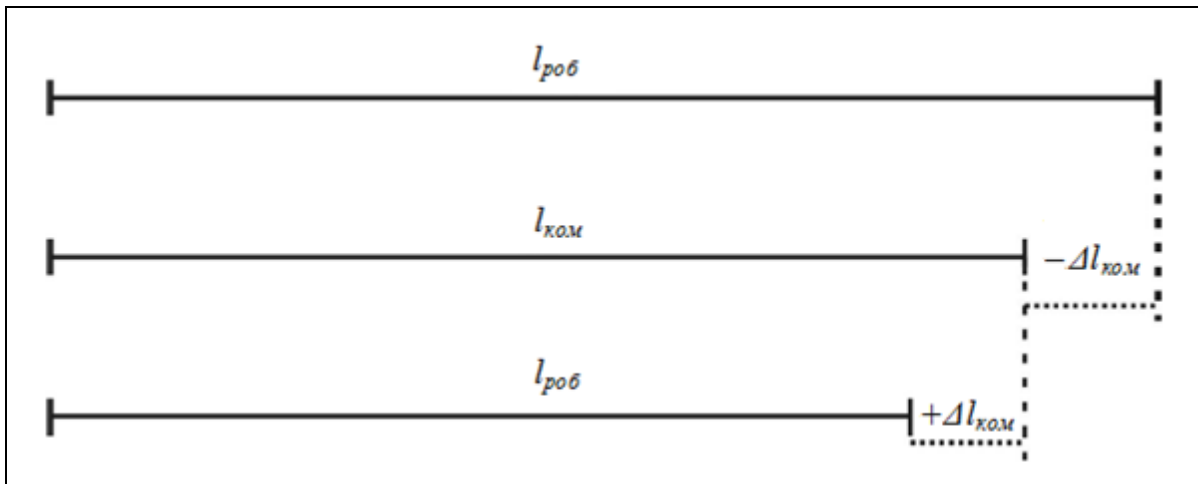


Рисунок 2.13 – Схема визначення поправки за компарування
(пояснення позначень наведені у тексті)

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.

Для компарування в ОДЕКУ підготовлено бази з віддалями між першою та наступними марками 10, 20, 30, 40, 50, 60 м.

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

Нижче, як приклад, представлені результати огляду та компарування робочої рулетки фіберглассової Stanley 34-296 (фірма Stanley), III класу точності, заводський номер 0126, номінальною довжиною $l_0 = 20$ м.

За результатами огляду встановлено, що рулетка в робочому стані.

Під час компарування температура повітря дорівнювала $21,6^{\circ}\text{C}$, 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: $n = D_{\text{ком}} / l_0 = 60 \text{ м} / 20 \text{ м} = 3$ 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:

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

Під час практики студентам видаються вже повірені (компаровані) мірні прилади для лінійних вимірів та результати огляду і компарування.

2.5 Виміри відстаней на місцевості та обробка лінійних вимірів

Нижче на прикладі стрічки землемірної ЛЗ-20 наведені пояснення щодо виконання вимірів довжини ліній на місцевості (рис. 2.14).

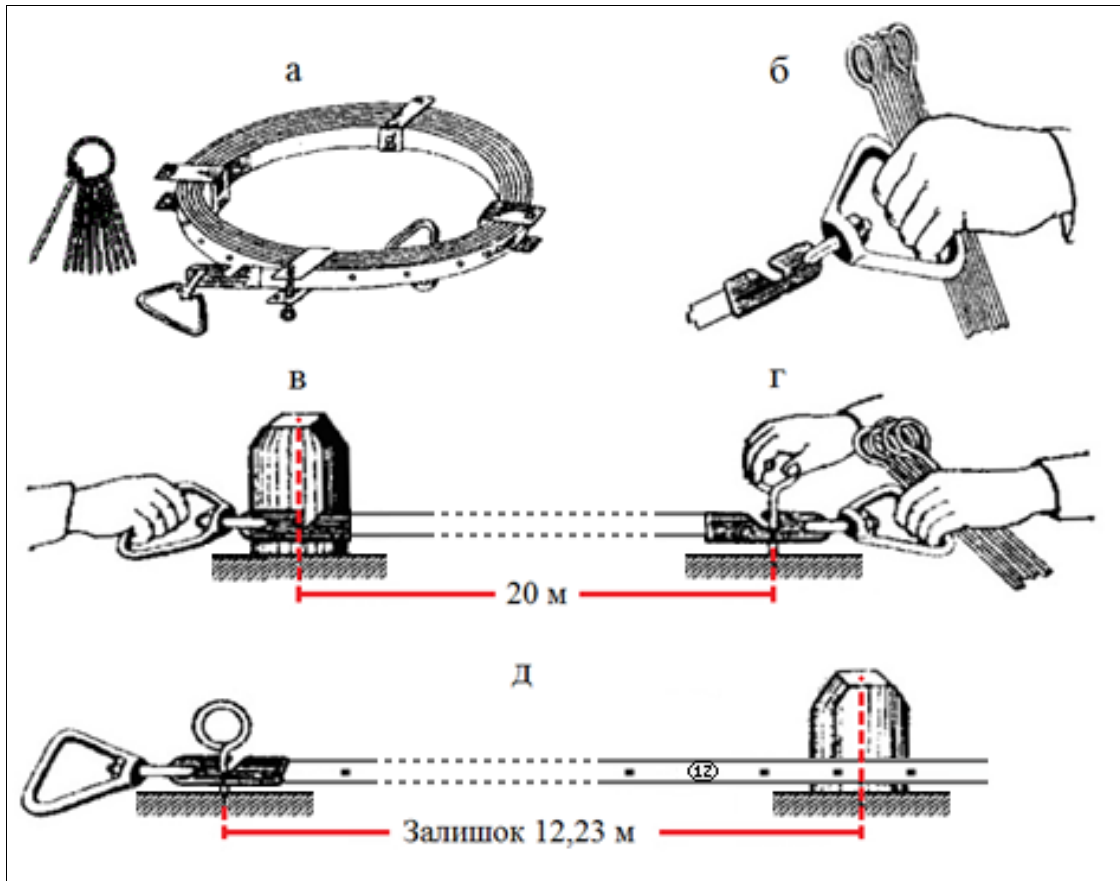


Рисунок 2.14 – Вимірюванні дожини лінії стрічкою землемірною ЛЗ-20 (пояснення позначень а, б, в, г, д надані у тексті)

Зазвичай, при вимірюванні дожини лінії стрічкою землемірною або рулеткою використовують 6 чи 11 металевих шпильок (рис. 2.14, а). Лінію вимірюють два вимірник (робітника) у послідовності, описаній нижче.

Передній бере 5 (10) шпильок і витягує стрічку вздовж вимірюваної лінії (рис. 2.14, б). Задній вимірник утримує початковий штрих стрічки над початком лінії (рис. 2.14, в) і спрямовує переднього так, щоб той вкладав стрічку вздовж створу лінії. Передній вимірник, за сигналом заднього, створює натяг стрічки із силою 10 кг та через виріз-гачок у стрічці вставляє шпильку в землю (рис. 2.14, г). Далі, задній вимірник висмикує шпильку, а передній – протягує стрічку вперед. Задній вимірник зачіплює проріз стрічки в залишену переднім шпильку, а передній – знову натягує стрічку і вставляє шпильку.

Потім задній вимірник висмикує шпильку та підходить до наступної, в той час як передній знову протягує стрічку вперед і т. д.

За кількістю шпильок у заднього мірника, визначають кількість повних вкладень мірної стрічки. Якщо у заднього робітника опиняться всі 6 чи 11 шпильок, а віддасть ще не виміряна до кінця, то він передає другому робітникові 5 чи 10 шпильок і після цього вимірювання лінії продовжують. Кожну передачу шпильок фіксують (записують) у журналі вимірювань. Довжину залишку (*домір*) від останньої шпильки до кінця лінії, меншу від довжини стрічки, встановлюють з точністю до 1 см (рис. 2.14, д).

При вимірюванні ліній необхідно дотримуватись наступних вимог:

- 1) лінія має бути розчищена і ретельно підготовлена до вимірювання;
- 2) відхилення переднього закінчення стрічки від створу не повинно бути більшим 12 см;
- 3) шпильки повинні бути прямі, встромлювати їх у землю потрібно вертикально на достатню глибину, щоб при створенні натягу стрічки шпилька не нахилилась і не зрушувалась з місця;
- 4) при вимірюваннях з точністю до 1:2000 натяг стрічки можна виконувати рукою без динамометра, а температуру не враховують;
- 5) при вимірюваннях кутів нахилу ліній, які мають переломи, потрібно їх розбивати на ділянки з однаковим ухилом і визначати нахил лінії та довжину кожної ділянки окремо;
- 6) при кутах нахилу менших $1,5^\circ$, поправка за нахил не вводиться;
- 7) відлік на стрічці слід знімати уважно і не допускати прорахунків;
- 8) для контролю виконують вимірювання у прямому і зворотному напрямках.

Загальна довжина лінії, яка обчислена за номінальною довжиною стрічки (або рулетки), визначається за формулою:

$$D_{np} = n_{np} \cdot l_0 + r_{np} \quad \text{та} \quad D_{зв} = n_{зв} \cdot l_0 + r_{зв}, \quad (2.9)$$

де D_{np} , $D_{зв}$ – загальна довжина лінії, відповідно, у прямому і зворотному напрямках, м;

n_{np} , $n_{зв}$ – число цілих відкладень стрічки (або рулетки) у виміряній лінії, відповідно, у прямому і зворотному напрямках;

r_{np} , $r_{зв}$ – величина доміру (залишку), відповідно, у прямому і зворотному напрямках, м;

l_0 – номінальна довжина мірної стрічки (або рулетки), м.

За кінцевий результат приймають середнє значення її довжини у прямому і зворотному напрямках:

$$D_{сер} = (D_{np} + D_{зв}) / 2. \quad (2.10)$$

де $D_{сер}$ – середня довжина лінії, м;

D_{np} – довжина лінії, виміряна в прямому напрямку, м;

$D_{зв}$ – довжина лінії, виміряна в зворотному напрямку, м.

Відносну похибку вимірювання лінії ($f_{відн}$) визначають за величиною абсолютної похибки ($f_{абс}$) та середньої довжини лінії ($D_{сер}$) за формулою:

$$f_{відн} = f_{абс} / D_{сер} = (D_{пр} - D_{зв}) / D_{сер} \leq 1/2000 \text{ (або } \leq 0,0005). \quad (2.11)$$

Щоб отримати фактичну довжину лінії (D , м), необхідно у виміряну довжину лінії ($D_{сер}$, м) увести поправки за компарування мірного приладу ($\Delta D_{ком}$, м) і температури (ΔD_t , м).

Поправка за компарування $\Delta D_{ком}$ визначається наступним чином:

$$\Delta D_{ком} = D_{сер} \cdot (\Delta l_{ком} / l_0), \quad (2.12)$$

де $\Delta l_{ком}$ – різниця довжин робочої та взірцевої стрічки (компаратора), м;

l_0 – номінальна довжина стрічки, м.

При підвищенні (зниженні) температури металеві й інші (наприклад, фіберглассові) мірні прилади змінюють свою довжину, тому під час вимірювань враховують поправку за температуру ΔD_t :

$$\Delta D_t = a \cdot (t_{вим} - t_{ком}) \cdot D_{сер}, \quad (2.13)$$

де a – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу мірного приладу (для сталі він дорівнює $1,25 \cdot 10^{-5}$, а для фіберглассу – $1,26 \cdot 10^{-5}$);

$t_{вим}$ – температура мірного приладу (повітря) під час вимірювання, °С;

$t_{ком}$ – температура мірного приладу (повітря) під час компарування, °С.

Поправка за температуру мірного приладу (повітря) ΔD_t може бути як додатною, так і від'ємною. Якщо $t_{вим} > t_{ком}$, то поправка буде додатною, а при $t_{вим} < t_{ком}$ – від'ємною.

Якщо вимірювання довжини лінії виконують з відносною похибкою в межах 1/1000-1/5000, то при різниці температур ($t_{вим} - t_{ком}$) менше абсолютної величини 8°, поправку за температуру ΔD_t не вводять, тому що вона має дуже мале значення. В остаточному вигляді фактичне значення довжини лінії (D , м) буде дорівнювати:

$$D = D_{сер} + \Delta D_{ком} + \Delta D_t. \quad (2.14)$$

Однак, складання планів, карт і проектних креслень здійснюється на горизонтальній площині, тому є необхідність переходу від виміряних на місцевості похилих віддалей $AB = D$ (рис. 2.15) до їх проєкцій $AC = d$ (горизонтальних прокладань) на горизонтальну площину. Для цього в результати вимірювань довжини вводять поправку на нахил лінії (ΔD_h , м) до горизонту (рис. 2.15):

$$\Delta D_h = D - d. \quad (2.15)$$

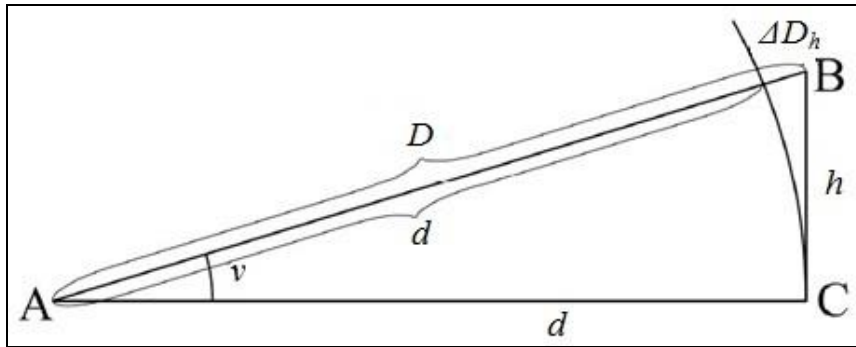


Рисунок 2.15 – Схема визначення поправки за нахил лінії до горизонту

Для отримання горизонтальної проекції d лінії АВ довжиною D необхідно знати кут нахилу v (рис. 2.15).

Враховуючи, що

$$d = D \cdot \cos v, \quad (2.16)$$

одержимо:

$$\Delta D_h = D - D \cdot \cos v. \quad (2.17)$$

Тоді

$$\Delta D_h = D \cdot (1 - \cos v). \quad (2.18)$$

Оскільки

$$1 - \cos v = 2 \cdot \sin^2(v/2), \quad (2.19)$$

то

$$\Delta D_h = 2 \cdot D \cdot \sin^2(v/2). \quad (2.20)$$

Поправку за нахил поверхні можна обчислити також, якщо відоме перевищення h або відстань ВС (рис. 2.15).

З теореми Піфагора маємо:

$$h^2 = D^2 - d^2 \quad \text{та} \quad h = (D^2 - d^2)^{0,5} \quad (2.21)$$

або

$$h^2 = (D - d) \cdot (D + d) = \Delta D_h \cdot (D + d). \quad (2.22)$$

Звідки

$$\Delta D_h = h^2 / (D + d). \quad (2.23)$$

Якщо врахувати, що h^2 набагато менша від D , то можна прийняти:

$$D + d \approx 2 \cdot D. \quad (2.24)$$

Остаточного отримаємо:

$$\Delta D_h = h^2 / (2 \cdot D). \quad (2.25)$$

В остаточному вигляді *горизонтальне прокладання лінії* (d , м) повинне враховувати поправки за компарування, температуру та нахил поверхні (поправка за нахил поверхні завжди від'ємна або дорівнює нулю):

$$d = (D_{сер} + \Delta D_{ком} + \Delta D_t) - \Delta D_h = D - \Delta D_h. \quad (2.26)$$

Якщо вимірювана лінія має відрізки з різними кутами нахилу, то вимірюють довжину і кут нахилу кожного відрізка та кожний з них приводять до горизонту, а загальне горизонтальне прокладення лінії, що вимірюється, одержують, як суму горизонтальних прокладень окремих відрізків. Кути нахилу ліній до горизонту більше 6° зазвичай вимірюють теодолітом, а при кутах нахилу окремих відрізків лінії до 6° – екліметром (спрощений ручний геодезичний прилад для вимірювання кутів нахилу ліній з точністю від $0,25^\circ$ до $0,5^\circ$).

Результати вимірювань і обчислень заносять у журнал визначення відстаней, виміряних стрічкою землемірною та/або рулеткою (табл. 2.3).

2.6 Виміри відстаней лазерною рулеткою

Останнім часом все більше застосування в практиці геодезичного виробництва знаходять лазерні рулетки, принцип вимірювання віддалей якими той же, що і при використанні світловіддалемірів (рис. 2.16).

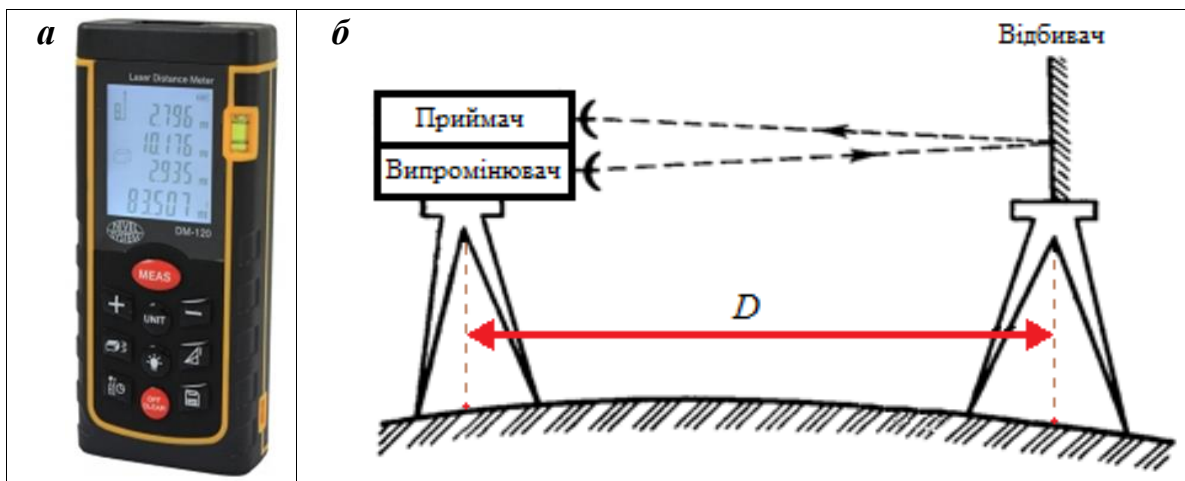


Рисунок 2.16 – Лазерна рулетка DM-120 (а) та схема виміру віддалі (б)

Вимірювання віддалі лазерною рулеткою виконується з точністю до декількох міліметрів, діапазон вимірювань – від декількох сантиметрів до сотень метрів, причому відстані можна вимірювати як з відбивачем, так і без нього. Лазерні рулетки значно полегшують і пришвидшують виміри віддалей (особливо до об'єктів, важкодоступних для традиційних методів). Результати вимірів можуть накопичуватися в пам'яті приладу, їх можна підсумовувати, множити, виконувати обчислення площ і об'ємів тощо.

Таблиця 2.3 – Журнал визначення відстаней, виміряних стрічкою землемірною ЛЗ-20

Лінія	Результати вимірювань											Результати обчислень					
	Прямий напрям			Зворотній напрям			Середні										
	Число цілих відкладень стрічки, n_{np}	Величина доміру (залишку), r_{np} , м	Довжина, за номінальною довжиною стрічки (l_0 , м), $D_{np} = n_{np} \cdot l_0 + r_{np}$, м	Число цілих відкладень стрічки, n_{zg}	Величина доміру (залишку), r_{zg} , м	Довжина, за номінальною довжиною стрічки (l_0 , м), $D_{zg} = n_{zg} \cdot l_0 + r_{zg}$, м											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1-2	11	14,640	234,640	11	14,690	234,690	234,665	-0,050	-0,00021	2° 26'	+25,0	-0,023	+0,010	234,652	0,212	234,440	
2-3	12	14,540	254,540	12	14,520	254,500	254,520	0,040	0,00016	5,10 м	+10,5	-0,025	-0,035	254,460	0,051	254,409	
3-4	16	12,106	332,106	16	12,109	332,112	332,109	-0,006	-0,00002	3° 06'	+5,5	-0,033	-0,067	332,009	0,485	331,524	
4-5	7	15,240	155,240	7	15,180	155,180	155,210	0,060	0,00039	5,40 м	-5,0	-0,016	-0,052	155,142	0,094	155,048	

Примітки: $a = 1,25 \cdot 10^{-5} = 0,0000125$; $t_{комп} = 21,6$ °С; $l_0 = 20$ м; $\Delta l_{ком} = -0,002$ м.

Звітний матеріал до розділу 2:

1) розділ звіту з навчальної практики «2 Огляд і перевірки теодоліта і приладів для лінійних вимірів та вправи з вимірювання кутів і відстаней» з наступними матеріалами:

- коротка пояснювальна записка;
- результати огляду та перевірки теодоліта;
- результати огляду та підготовки стрічки землемірної (або рулетки геодезичної) і лазерної рулетки;
- результати огляду та підготовки іншого обладнання з висновками щодо їх готовності до вимірів;
- журнал вимірювань та обчислень горизонтальних кутів;
- журнал визначення відстаней, виміряних рулеткою геодезичною або стрічкою землемірною ЛЗ-20 (при визначенні відстаней прийняти, що кути нахилу всіх ліній до горизонту є менші $1,5^\circ$, тому поправки за нахил ліній дорівнюють $\Delta D_h = 0,000$ м);
- журнал вимірювання відстаней за допомогою рулетки лазерної DM-120 або DM-90 (виконують лише студенти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»);

2) щоденник навчальної практики, з зазначенням виконаних видів робіт і вимірювань, присутності та участі студентів бригади у їх виконанні.

3 ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА СИТУАЦІЇ МІСЦЕВОСТІ ТА ОБРОБКА ДАНИХ ЗАМКНЕНОГО ТЕОДОЛІТНОГО ХОДУ

Теодолітна зйомка місцевості – це планова зйомка, яка виконується за допомогою теодоліту та складається з кутових і лінійних вимірювань на місцевості, які дають можливість побудувати план або карту ділянки з точним зображенням на ньому ситуації місцевості, але без рельєфу.

Теодолітні ходи планової зйомки виконують у вигляді замкненого полігону, розімкненого одиночного ходу або системи ходів.

3.1 Створення планового зйомочного обґрунтування

Прокладання теодолітного ходу замкненого полігону включає рекогносцировку ділянки місцевості, закріплення точок, вимірювання горизонтальних кутів і довжин сторін ходу, камеральну обробку даних.

В ході рекогносцировки обстежують ділянку місцевості, що підлягає зйомці, і намічають точки теодолітного ходу. При їх виборі прагнуть того, щоб навколо них були горизонтальні майданчики з твердим ґрунтом, забезпечувалися взаємна видимість між суміжними точками ходу і добрі умови для вимірювання довжин ліній ходу, а також видимість з точок для зйомки ситуації місцевості. В залежності від умов на місцевості точки закріплюють кілками з сторожками, цвяхами, фарбами і т. д.

Всі теодолітні ходи поділяють на два розряди: I-го розряду – з відносною похибкою не більше 0,0005, II-го розряду – з відносною похибкою не більше 0,001. Довжини сторін теодолітного ходу не повинні перевищувати 350 м і бути менше ніж 20 м.

Після цього виконують кутові та лінійні вимірювання. Результати вимірювань записують у відповідні журнали.

Горизонтальні кути ходу вимірюють одним прийомом і записують у журнал вимірювань та обчислень правих за ходом горизонтальних кутів способом прийомів (див. табл. 2.1). Розбіжність у значенні кутів виміряних у півприйомах на станції не повинна перевищувати подвійної точності відлікового пристрою теодоліту (для теодоліту 2Т30П вона дорівнює 1').

Довжини сторін вимірюють в прямому і зворотному напрямках і записують у журнал визначення відстаней (див. табл. 2.3), контролюючи результати вимірювань по відносній похибці прийнятого розряду точності (0,0005 або 0,001).

Далі з використанням середніх значень виміряних горизонтальних кутів (табл. 3.1) та довжин сторін ходу (табл. 3.2) викреслюють схему теодолітного ходу, на якій проставляють номери станцій, значення кутів і довжин сторін (рис. 3.1). На схемі для початкової сторони ходу позначають дирекційний кут a_{1-2} або магнітний азимут A_{1-2} (його вимір див. у пп. 2.2).

Таблиця 3.1 – Дані вимірювання горизонтальних кутів ходу $\beta_{i \text{ вим}}$

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

Таблиця 3.2 – Дані визначення довжин (горизонтальних прокладень) сторін ходу d_j (м) на місцевості та у масштабі схеми l_j (см)

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

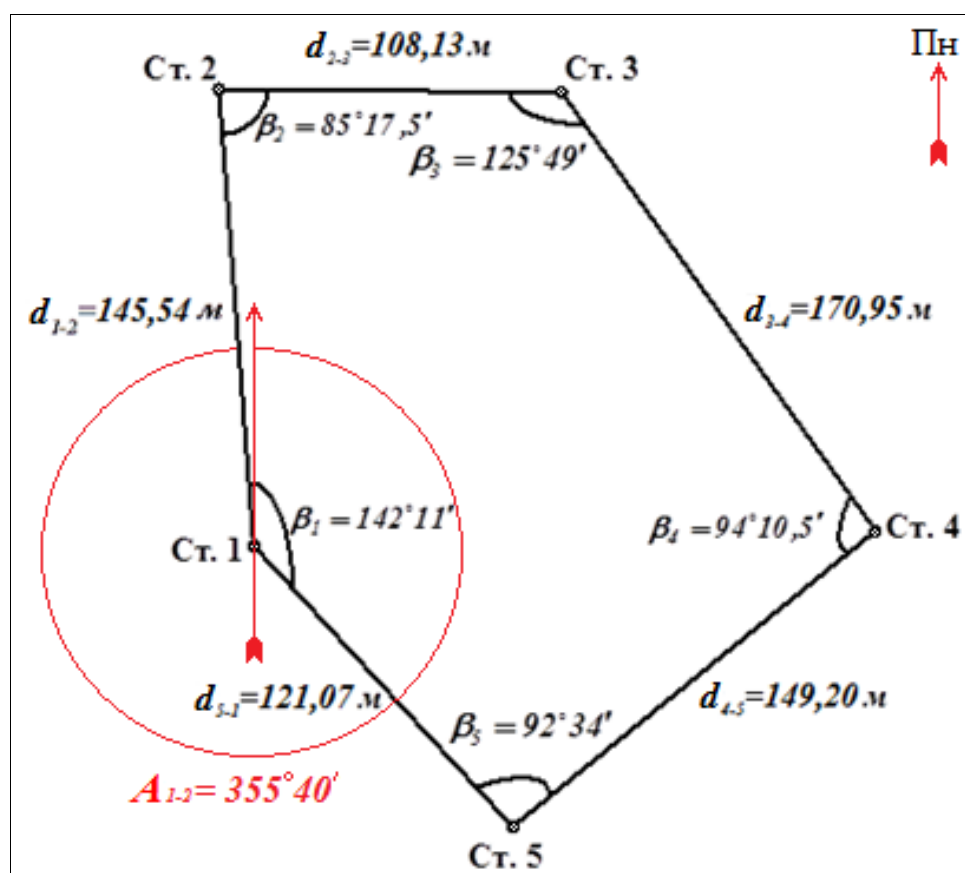


Рисунок 3.1 – Схема замкнутого теодолітного ходу (масштаб: М 1:2000)

3.2 Зйомка ситуації місцевості та складання абрису

Зйомка ситуації місцевості вздовж теодолітного ходу може бути виконана різними способами (рис. 3.2): прямокутних координат, полярних координат, кутових засічок, лінійних засічок, створів.

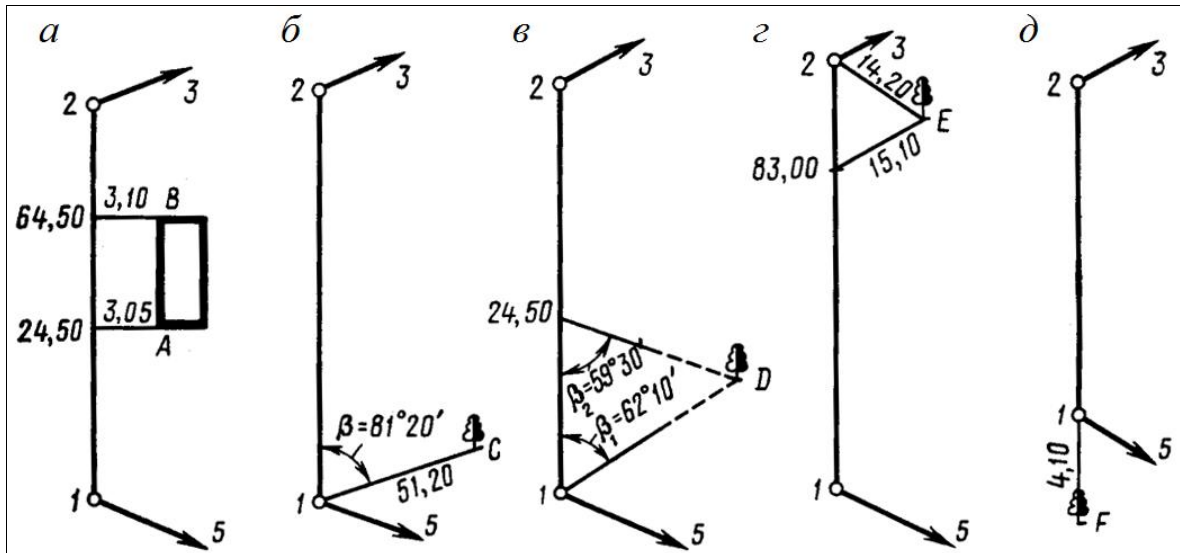


Рисунок 3.2 – Способи зйомки ситуації місцевості та записів даних вимірів (пояснення позначень у тексті)

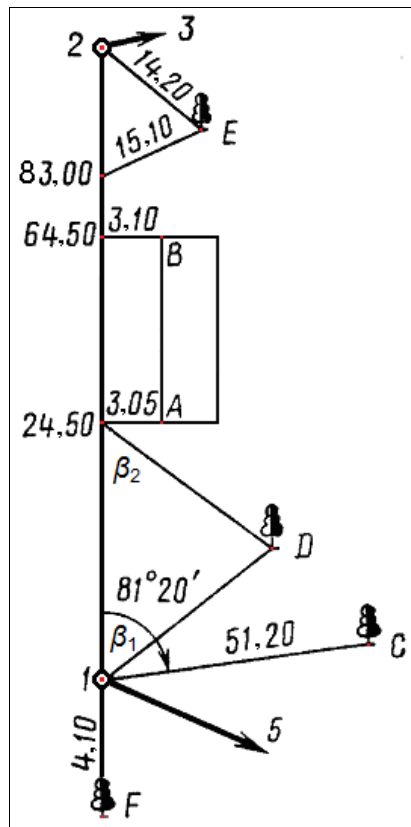
Спосіб прямокутних координат застосовують при горизонтальній зйомці контурів, що лежать поблизу теодолітних ходів. З точок A і B контуру (рис. 3.2, a), опускають на сторону теодолітного ходу 1-2 перпендикуляри. Відлік по мірній стрічці (24,50) від задньої точки 1 до основи перпендикуляра, опущеного з точки A , є абсцисою (X_A), а довжина перпендикуляра (3,05) – ординатою (Y_A). Такі ж вимірювання виконують для точки B .

Спосіб полярних координат застосовують для зйомки відкритих контурів і характерних точок місцевості. Приймавши точку 1 за полюс, а сторону 1-2 за полярну вісь (рис. 3.2, $б$) можна знімати полярний кут $81^{\circ}20'$ і відстань 51,20 м. Точку C наносять на план за допомогою транспортира і циркуля-вимірника.

Спосіб кутових засічок застосовують в основному при зйомці важкодоступних точок місцевості. Приймаючи сторону 1-2 (рис. 3.2, $в$) за базис, на точці 1 виміряють кут β_1 , а на точці 24,50 – β_2 . За допомогою транспортира отримуємо положення точки D на плані.

Спосіб лінійних засічок застосовують в тому разі коли точки, що знімаються, розташовані близько до пунктів планового обґрунтування. Для цього достатньо виміряти на місцевості відстані ліній 2- E (14,20) і 83,00- E (15,70), щоб отримати розташування точки E на плані (рис. 3.2, $г$).

Під час виконання теодолітної зйомки ситуації місцевості будується абрис зйомки (рис. 3.3).



Абрис є схематичним кресленням, складеним від руки у довільному масштабі, на якому показують опорні пункти і лінії, з яких здійснювалася зйомка, взаємне розташування місцевих предметів і контурів та результати вимірювань, отримані під час зйомці. На абрисі роблять необхідні надписи та пояснення умовних скорочень. Абрис є документом, за допомогою якого складається план. Тому він повинен бути складений акуратно і чітко. Процес нанесення ситуації на план зворотний процесу зйомки. План оформляється умовними знаками даного масштабу.

3.3 Обробка даних замкненого теодолітного ходу та побудова плану теодолітної зйомки

Виконання обробки даних замкненого теодолітного ходу належить до камеральних геодезичних робіт. Основна мета таких робіт полягає в отриманні планових координат точок теодолітного ходу для побудова плану теодолітної зйомки та/або обчислення площі замкненого полігона.

Обробку даних замкненого теодолітного ходу виконують у відомості відповідного зразка (див. табл. 3.3). Етапи обчислень описані нижче.

1. У відомості, складеній за формою табл. 3.3, яка показана нижче, в стовпчику **1** вказують номери станцій **i** в порядку їх зростання (від 1 до 5), у стовпчику **7** – позначення напрямку сторін **j** (1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-1), а у стовпчику **13** – довжину сторін **D_j** (в метрах).

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

3. Знаходять та записують внизу відомості (табл. 3.3) нев'язку виміряних кутів f_β , яка дорівнює різниці між виміряною сумою кутів $\Sigma\beta_{i \text{ вим}}$ та теоретичною $\Sigma\beta_{i \text{ теор}}$, які також записують внизу відомості (табл. 3.3):

$$f_\beta = \Sigma\beta_{i \text{ вим}} - \Sigma\beta_{i \text{ теор}} = 540^\circ 2,0' - 540^\circ 0,0' = 2,0', \quad (3.1)$$

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

$$\Sigma\beta_{i \text{ теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180^\circ \cdot (5 - 2) = 180^\circ \cdot 3 = 540^\circ 0,0', \quad (3.2)$$

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

4. Обчислюють та записують внизу відомості (табл. 3.3) граничну кутову нев'язку теодолітного ходу $f_{\beta \text{ гр}}$:

$$f_{\beta \text{ гр}} = 1' \cdot m^{0,5} = 1' \cdot 5^{0,5} = 2,24', \quad (3.3)$$

де **m** – число виміряних кутів.

5. Якщо нев'язка виміряних кутів f_β не перевищує граничної кутової нев'язки теодолітного ходу $f_{\beta \text{ гр}}$ (у прикладі: $2,0' \leq 2,24'$), то її рівномірно розподіляють (додають) із зворотним знаком в усі кути, використовуючи кутові поправки $\nu_{\beta j}$ (стовпчик **4**), які визначаються за формулою:

$$\nu_{\beta j} = -f_\beta / m = -2,0' / 5 = -0,4'. \quad (3.4)$$

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

$$\beta_{i \text{ випр}} = \beta_{i \text{ вим}} + \nu_{\beta j}. \quad (3.5)$$

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

Таблиця 3.3 – Відомість обробки замкнутого теодолітного ходу

Номера станцій, <i>i</i>	Виміряні кути					Напрями сторін, <i>j</i>	Дирекційні кути сторін, α_j (азимуту, A_j)	Румби сторін, r_j			D_j , м	Прирости координат, м						Координати станцій, м		
	$\beta_{i \text{ вим}}$		$\nu_{\beta j}$	$\beta_{i \text{ випр}}$								Обчисленні				Виправленні				
°	'	'	°	'	Чверть	°	'	°	'	$\Delta X_{j \text{ обч}}$	$\nu_{\Delta Xj}$	$\Delta Y_{j \text{ обч}}$	$\nu_{\Delta Yj}$	$\Delta X_{j \text{ випр}}$	$\Delta Y_{j \text{ випр}}$	X_i	Y_i			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	142	11,0	-0,4	142	10,6	1-2	355	40,0	ПнЗх	42	0,0	145,54	145,12	0,05	-11,00	0,00	145,17	-11,00	-267,75	46,50
2	85	17,5	-0,4	85	17,1														-122,58	35,50
3	125	49,0	-0,4	125	48,6	2-3	90	22,9	ПдСх	89	37,1	108,13	-0,72	0,04	108,13	0,00	-0,68	108,13	-123,26	143,63
4	94	10,5	-0,4	94	10,1	3-4	144	34,3	ПдСх	35	25,7	170,95	-139,30	0,06	99,10	0,00	-139,24	99,10	-262,50	242,73
5	92	34,0	-0,4	92	33,6	4-5	230	24,2	ПдЗх	50	24,2	149,20	-95,10	0,05	-114,97	0,00	-95,05	-114,97	-357,54	127,76
						5-1	317	50,6	ПнЗх	42	9,4	121,07	89,75	0,04	-81,26	0,00	89,79	-81,26		
$\Sigma \beta_{i \text{ вим}}$		$\Sigma \nu_{\beta j}$		$\Sigma \beta_{i \text{ випр}}$		α_{1-2}					P	f_x	$\Sigma \nu_{\Delta Xj}$	f_y	$\Sigma \nu_{\Delta Yj}$	$\Sigma \Delta X_{j \text{ випр}}$	$\Sigma \Delta Y_{j \text{ випр}}$	X_1	Y_1	
540		2,0		540 0,0		355 40					694,89	-0,24	0,24	0,00	0,00	0,00	0,00	-267,75	46,50	
$\Sigma \beta_{i \text{ теор}}$		f_β		$f_{\beta \text{ зр}}$								$f_{P \text{ обч}}$		$f_{P \text{ відн}}$		$f_{P \text{ зр}}$				
540		0,0		2,24								0,2398		0,0003		0,0005				

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

$$\alpha_{j+1} = \alpha_j + 180^\circ - \beta_{i+1}, \quad (3.6)$$

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

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

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

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

$$\Delta X_{j\text{ обч}} = D_j \cdot \cos \alpha_j, \quad (3.7)$$

$$\Delta Y_{j\text{ обч}} = D_j \cdot \sin \alpha_j, \quad (3.8)$$

де D_j – виміряні довжини сторін теодолітного ходу, м;

α_j – значення дирекційних кутів, $^\circ$ (хвилини, $'$, переводять в частки $^\circ$).

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

$$f_x = \Sigma \Delta X_{j\text{ обч}} = 145,12 + (-0,72) + (-139,30) + (-95,10) + 89,75 = -0,24, \quad (3.9)$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{j\text{ обч}} = (-11,00) + 108,13 + 99,10 + (-114,97) + (-81,26) = 0,00. \quad (3.10)$$

11. Знаходять та записують внизу відомості (табл. 3.3) абсолютну лінійну нев'язку теодолітного ходу $f_{P\text{ абс}}$ за формулою:

$$f_{P\text{ абс}} = (f_x^2 + f_y^2)^{0,5} = (-0,24^2 + 0,00^2)^{0,5} = 0,2398. \quad (3.11)$$

12. Обчислюють і записують внизу відомості (табл. 3.3) відносну нев'язку теодолітного ходу $f_{P\text{ відн}}$, яка не повинна перевищувати граничне значення $f_{P\text{ зр}}$ (тобто, $f_{P\text{ відн}} \leq f_{P\text{ зр}}$, де $f_{P\text{ зр}} = 1/2000 = 0,0005$):

$$f_{P\text{ відн}} = f_{P\text{ абс}} / P = 0,2398 / 694,89 = 0,0003, \quad (3.12)$$

де P – периметр теодолітного ходу, м.

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

$$i \quad v_{\Delta X_j} = -D_j \cdot f_x / P \quad (3.13)$$

$$v_{\Delta Y_j} = -D_j \cdot f_y / P, \quad (3.14)$$

$$\text{та} \quad \Delta X_{j\text{ випр}} = \Delta X_{j\text{ обч}} + v_{\Delta X_j} \quad (3.15)$$

$$\Delta Y_{j\text{ випр}} = \Delta Y_{j\text{ обч}} + v_{\Delta Y_j}. \quad (3.16)$$

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

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

$$\text{та} \quad X_i = X_{i-1} + \Delta X_{j\text{ випр}} \quad (3.17)$$

$$Y_i = Y_{i-1} + \Delta Y_{j\text{ випр}}, \quad (3.18)$$

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

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

На навчальні практики приймається, що координати першої станції (вершина **1**) дорівнюють $X_1 = 500,000$ м та $Y_1 = 500,000$ м.

З використанням координат вершин полігону (табл. 3.3) та даних з абрису зйомки ситуації місцевості здійснюють побудову плану теодолітної зйомки (рис. 3.4). Креслення плану теодолітної зйомки виконується на аркуші білого паперу формату А3 (297 мм × 420 мм) альбомної орієнтації за допомогою умовних знаків, які використовують для побудови планів.

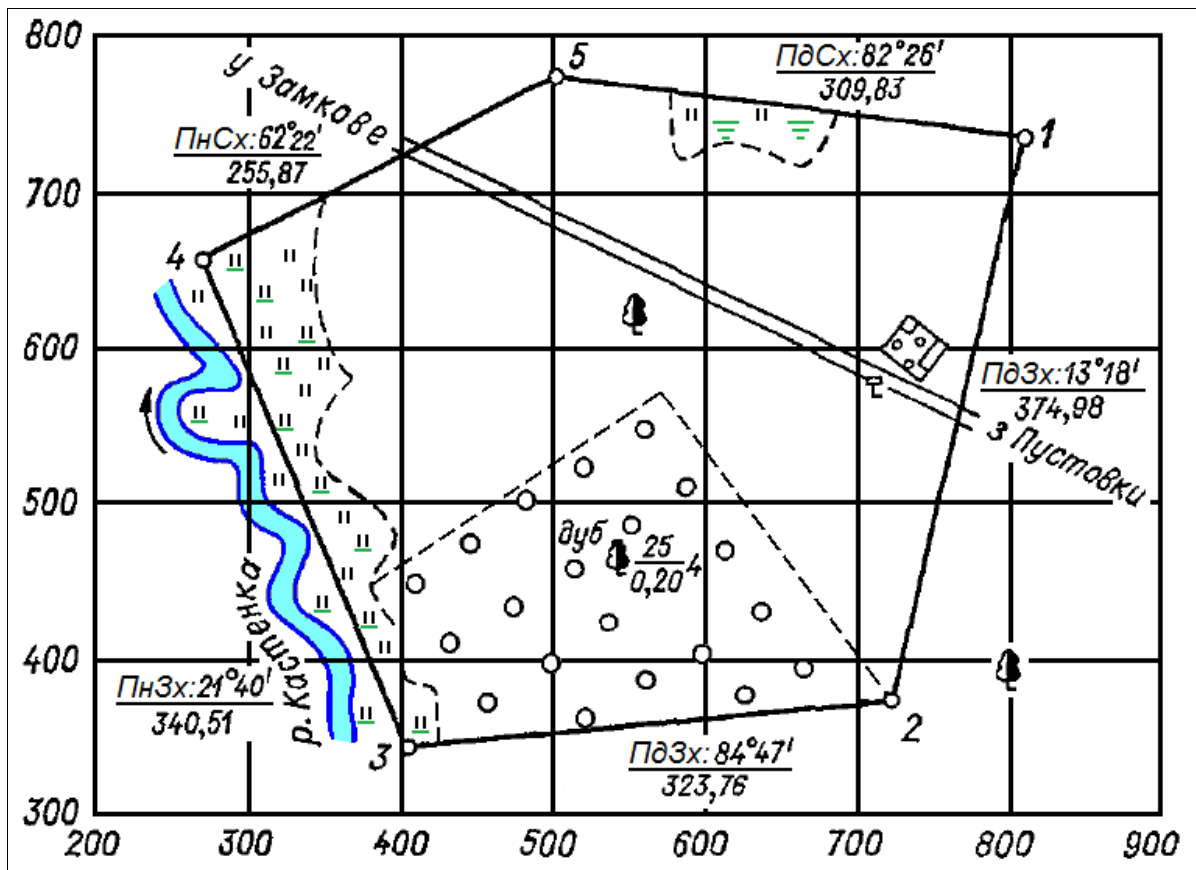


Рисунок 3.4 – План теодолітної зйомки замкненого полігону
(масштаб М 1:5000)

Побудову плану теодолітної зйомки починають з викреслювання координатної сітки за допомогою циркуля-вимірювача та масштабної лінійки.

Контроль правильності побудови координатної сітки здійснюють порівнянням довжин сторін та діагоналей квадратів. Розбіжності не повинні перевищувати 0,2 мм.

При нанесенні результатів теодолітної зйомки на план спочатку наносять за координатами вершини полігону, а потім за даними з абрису наносять ситуацію місцевості згідно з способами зйомки, використовуючи циркуль, масштабну лінійку, транспортир і трикутник.

Точки знімального обґрунтування наколюють і обводять кружком діаметром 1,5 мм.

План теодолітної зйомки спочатку викреслюють простим олівцем, а потім виконують розкраску відповідними кольорами з використанням кольорових олівців. Допускається викреслювання плану теодолітної зйомки використовуючи відповідне спеціальне програмне забезпечення (діаграмного графопобудовника, різних графічних редакторів тощо) на персональному комп'ютері.

3.4 Обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу

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

Виконання обчислення площі полігона замкнутого теодолітного ходу здійснюється у відомості встановленої форми (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Відомість обчислення площі полігона S (у м^2 та га) замкнутого теодолітного ходу

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

Примітка: вершини пронумеровані за ходом годинникової стрілки (відповідно до схеми на рис. 3.1).

Перед початком розрахунків площі з табл. 3.3 у стовпчик **1** табл. 3.4 переписують номери станцій i , а у стовпчики **2** і **3** – їх прямокутні координати (X_i та Y_i). Подальші обчислення виконують у стовпчиках **4-7** за етапами та формулами, які наведені нижче.

1. Якщо станції полігона (вершини багатокутника) пронумеровані за ходом годинникової стрілки (як на рис. 3.1), то обчислення його площі виконується за етапами та формулами, які наведені нижче.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.3. Обчислюють величини площі полігона замкнутого теодолітного ходу, які записують в строчку «Площа (S , m^2):» стовпчиків **6** та **7**:

$$S = \sum X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1}) / 2 = 61579,1990 / 2 = 30789,5995 \text{ м}^2 \quad (3.19)$$

та

$$S = \sum Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1}) / 2 = 61579,1990 / 2 = 30789,5995 \text{ м}^2. \quad (3.20)$$

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

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

$$S = \sum X_i \cdot (Y_{i-1} - Y_{i+1}) / 2 \quad (3.21)$$

та/або

$$S = \sum Y_i \cdot (X_{i+1} - X_{i-1}) / 2. \quad (3.22)$$

Звітний матеріал до розділу 3:

1) розділ звіту з навчальної практики «**3 Теодолітна зйомка ситуації місцевості та обробка даних замкнутого теодолітного ходу**» з наступними матеріалами:

- коротка пояснювальна записка;
- результати вимірювання горизонтальних кутів і азимуту початкової сторони та результати визначення довжин (горизонтальних прокладень) сторін теодолітного ходу;
- схема замкнутого теодолітного ходу;
- абрис зйомки ситуації місцевості вздовж теодолітного ходу;
- відомість обробки замкнутого теодолітного ходу (приймається, що координати першої станції дорівнюють: $X_1 = 500,000 \text{ м}$ та $Y_1 = 500,000 \text{ м}$);
- план теодолітної зйомки замкнутого полігону;
- відомість обчислення площі замкнутого полігона (виконують лише студенти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»);

2) щоденник навчальної практики, з зазначенням виконаних видів робіт і вимірювань, присутності та участі студентів бригади у їх виконанні.

4 ОГЛЯД І ПЕРЕВІРКИ НІВЕЛІРА ТА НІВЕЛІРНИХ РЕЙОК І ВПРАВИ З ВИМІРЮВАННЯ ПЕРЕВИЩЕНЬ МІЖ ТОЧКАМИ ТА ВІДСТАНЕЙ ЗА ВІДДАЛЕМІРНИМИ НИТКАМ СІТКИ НИТОК

Перед початком виконання нівелювання (визначення перевищень між точками) потрібно закріпити знання з наступних питань: **1)** будова нівеліра Н-10КЛ; **2)** приведення нівеліра у робочий стан; **3)** зняття відліків з рейки РН-З-3000С; **4)** визначення перевищень між точками шляхом геометричного нівелювання способом «з *середини*» та відстаней між ними за допомогою віддалемірних ниток сітки ниток нівеліру.

4.1 Будова та основні осі нівеліра Н-10КЛ

За точністю нівелір Н-10КЛ (рис. 4.1) належить до технічних нівелірів. Літерою «Н» позначають нівелір, а цифрою «10» – середню квадратичну похибку в міліметрах на 1 кілометр подвійного нівелірного ходу. Даний нівелір виготовляють з компенсатором кутів нахилу зорової труби (позначено літерою «К»), а також з лімбом для вимірів горизонтальних кутів (позначено літерою «Л»). Нівелір Н-10КЛ використовують при технічному нівелюванні. Цей нівелір складається з двох частин: нерухомої (нижньої) і рухомої (верхньої), яка обертається відносно нижньої на 360°.

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

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

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

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

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

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

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

7. Налаштовують (по своєму оку) сітку ниток, фокусують трубу по виставленій рейці, виконавши наведення нівеліра безпосередньо рукою.

8. Знімають відлік з рейки. Зорову трубу нівеліра Н-10КЛ не потрібно встановлювати у вертикальній площині, тому що її візирна вісь VV_1 автоматично займає горизонтальне положення, якщо бульбашку круглого рівня привести в нуль-пункт.

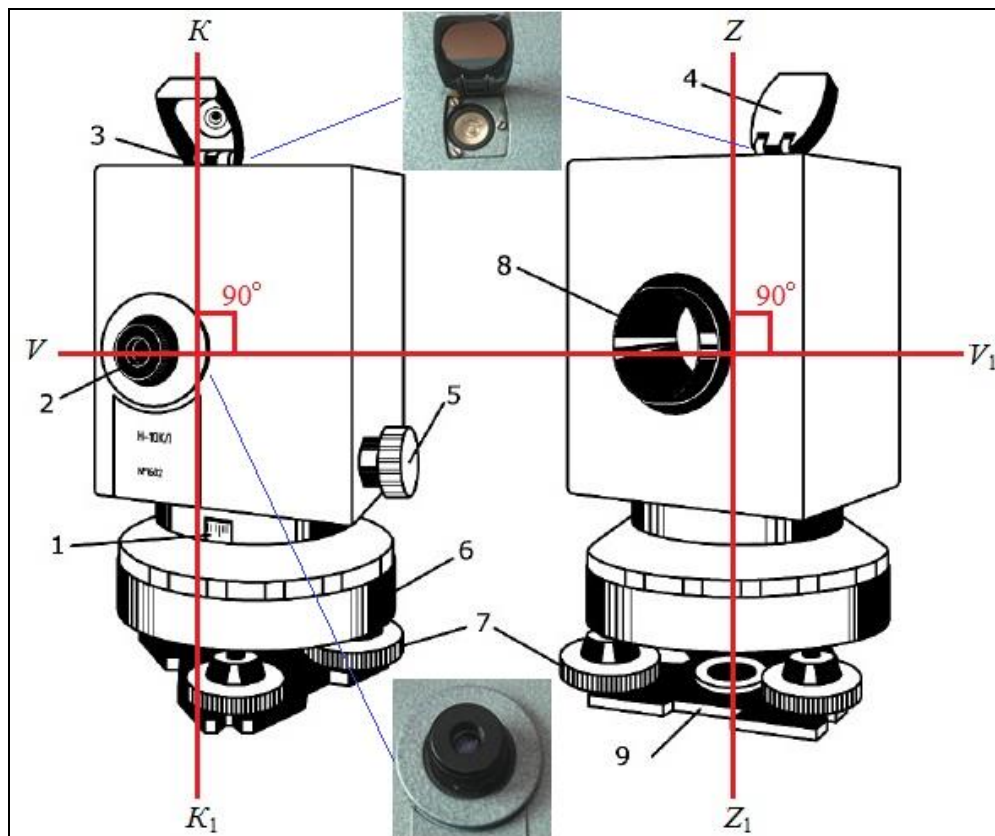


Рисунок 4.1 – Зображення нівеліра Н-10КЛ та його основних частин і осей: 1 – лімб; 2 – окуляр; 3 – круглий (сферичний) рівень; 4 – кришка-дзеркало; 5 – гвинт механізму перефокусування; 6 – підставка; 7 – підйомні гвинти; 8 – об'єктив; 9 – пружиниста пластина; VV_1 – візирна вісь зорової труби (вісь візування); ZZ_1 – вертикальна вісь обертання нівеліра; KK_1 – вісь круглого (сферичного) рівня

4.2 Вимірювання перевищень між точками

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

При геометричному нівелюванні способом «з середини» (рис. 4.2) нівелір встановлюють посередині між точками **A** та **B** (можна і не в створі лінії **AB**, але обов'язково на однакових відстанях від точок **A** та **B**), на яких встановлюють прямовисно нівелірні рейки. Якщо відома позначка точки **A**, то її вважають «задньою», а точку **B** – «передньою». Вимірювання полягає у визначенні за допомогою нівеліру на нівелірних рейках висот **a** (задній відлік) та **b** (передній відлік) візирного променя над точками **A** та **B**.

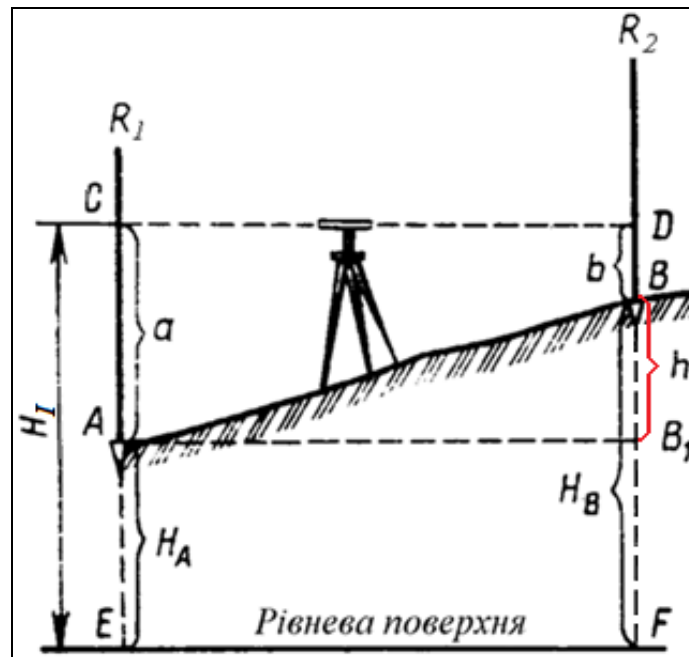


Рисунок 4.2 – Схема геометричного нівелювання способом «з середини»:

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

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

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

R₁ та **R**₂ – позначення рейок нівелірних, які встановлені, відповідно, у точках **A** та **B**;

C та **D** – горизонтальні проекції візирного променя (уявної прямої, яка проходить через центр сітки ниток і оптичний центр об'єктива), відповідно, на рейки **R**₁ та **R**₂;

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

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

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

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

Перевищення h між точками A та B визначається за формулою:

$$h = a - b, \quad (4.1)$$

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

Якщо перевищення за формулою (4.1) буде додатним (при $a > b$), то це означає, що передня точка B знаходиться вище задньої точки A , таким чином, лінія AB піднімається. Від’ємне перевищення (при $a < b$) означає, що точка B розташована нижче точки A , тобто лінія AB знижується.

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

$$H_B = H_A + h. \quad (4.2)$$

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

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

$$H_B = H_I - b, \quad (4.3)$$

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

$$H_I = H_A + a. \quad (4.4)$$

При нівелюванні за допомогою нівеліра Н-10КЛ та комплекту пари рейок РН-3-3000С (№ 1 та № 2) результати вимірювань записують у журнал нівелювання (табл. 4.1), а порядок дій (**номер дії в дужках**) на кожній станції (після встановлення нівеліра у робочій стан на станції з використанням круглого рівня) описаний нижче за етапами.

Етап 1 – наводять зорову трубу на чорну сторону задньої рейки № 1 і беруть відліки по верхній (**1**) та середній (**2**) ниткам сітки ниток.

Етап 2 – наводять трубу на чорну сторону передньої рейки № 2 і беруть відліки по верхній (**3**) та середній (**4**) ниткам.

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

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

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

Таблиця 4.1 – Фрагмент журналу нівелювання

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

Нівелір: Н-10КЛ. Заводський номер: 8571. Спостерігав: Семенов О.П.

Дата: 01.07.2022 р. Початок: 10 год. 15 хв. Кінець: 10 год. 30 хв.

Погода: ясно, безвітряно.

Зображення: спокійне.

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

№ станції № рейок	Віддалемірні відстані до задньої та передньої рейок, мм поділок рейки	Відлік по рейці, мм		Переви- щення, мм	Середнє переви- щення, мм
		задня	передня		
1	345 (7)	2147 (1)	0873 (3)		
ПВ1 – РП2	355 (8)	2492 (2)	1228 (4)	+1264 (9)	
(рейка 1 – рейка 2)		7293 (6)	5927 (5)	+1366 (10)	+1265 (14)
		4801 (11)	4699 (12)	–102 (13)	

Безпосередньо на кожній з станцій обов'язково контролюється дотримання двох допусків:

1) нерівність відстаней від нівеліра до кожної з рейок не повинна бути більша 5 м;

2) перевищення, визначені по чорним та червоним сторонам рейок, не повинні відрізнятися більш ніж на ± 5 мм (з урахуванням різниці початкових відліків («п'яток») червоних сторін пари рейок комплекту).

При недотриманні хоча б одного з цих двох допусків нівелювання на станції повторюють (!), змінивши висоту положення нівеліра на 3-5 см.

Таким чином, не йдучи зі станції, відразу ж після запису в журнал нівелювання відліків, знятих з рейок (табл. 4.1), виконують обов'язкові обчислення, опис яких представлений нижче.

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

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

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

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

4.3 Перевірки та юстирування нівеліра

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.

Далі надані пояснення щодо перевірки та юстування (виправлення) нівеліра Н-10КЛ з компенсатором кутів нахилу зорової труби.

Перевірка 1. Вісь круглого (сферичного) рівня KK_1 повинна бути паралельною осі обертання нівеліра ZZ_1 (рис. 4.1 та 4.3).

За допомогою трьох піднімальних гвинтів нівеліру (спочатку А та В, а потім – С) бульбашку круглого рівня приводять в нуль-пункт (рис. 4.3, положення 1). Повертають нівелір на 180° (рис. 4.3, положення 2). Якщо бульбашка залишилась на середині (в нуль-пункті), то перевірка виконана, а якщо виходить з середини круглого рівня, то виконують виправлення. Для виправлення бульбашку повертають до нуль-пункту на половину дуги відхилення виправними гвинтами круглого рівня за допомогою шпильки, 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).

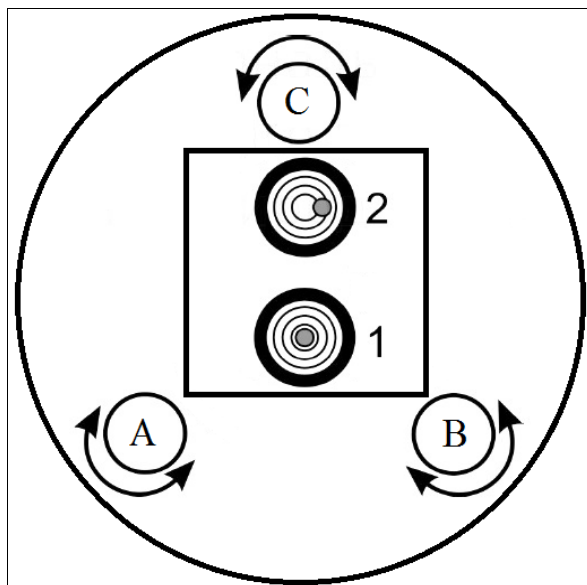


Рисунок 4.3 – Перевірка круглого рівня нівеліра
(пояснення позначень у тексті)

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. 4.4, а).

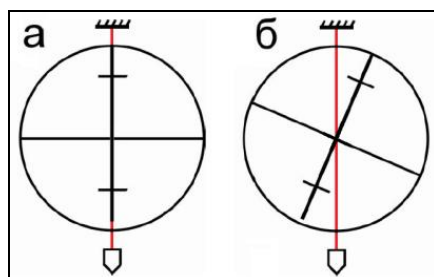


Рисунок 4.4 – Перевірка правильності встановлення сітки ниток:
а – умова виконана; б – умова не виконана

Якщо вертикальна нитка сітки ниток не співпадає з ниткою виска (рис. 4.4, б), то виконують виправлення. Юстування рекомендується виконувати в приміщенні. Для цього знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби (рис. 4.1) і відпускають закріпні гвинти, за допомогою яких кріпиться окуляр до труби. Не закріплюючи гвинтів перевіряють положення сітки ниток (рис. 4.4). При збіганні ниток закріплюють гвинти та ковпачок в окулярній частині труби. Після виправлення перевірку повторюють.

Перевірка 3. Перевірка головної умови нівеліра.

Лінія візування (візирна вісь зорової труби) VV_1 повинна бути горизонтальною (або перпендикулярною до вертикальної осі обертання нівеліра ZZ_1).

Для перевірки цієї умови з використанням приладів для лінійних вимірювань на відстані 50-75 м в точках А і В (рис. 4.5) забивають кілочки з цвяхами, які мають капелюхи з сферичною поверхнею (або фіксують ці точки іншим способом). Перевірка виконується подвійним нівелюванням.

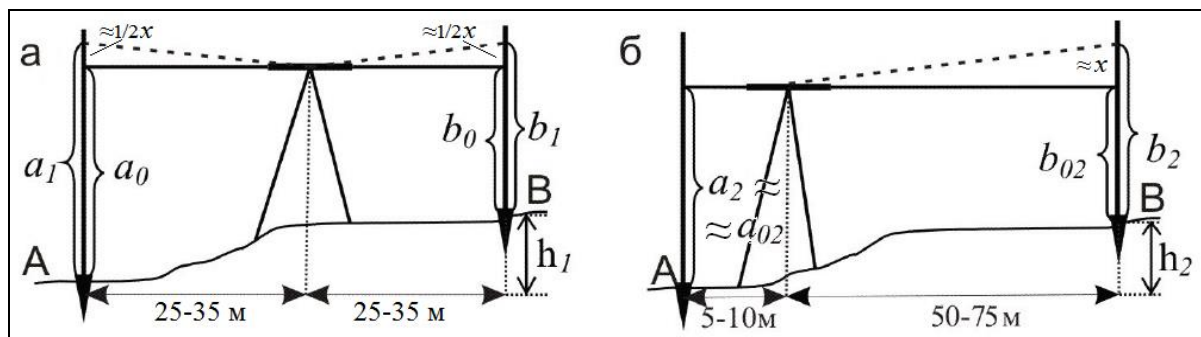


Рисунок 4.5 – Схема перевірки головної умови нівеліра Н-10КЛ:
а – нівелювання при рівності плечей; б – нівелювання при нерівності плечей

Нівелір встановлюють посередині між точкам А і В (рис. 4.5, а), приводять у робоче положення та знімають відліки за середнім штрихом сітки ниток з чорних боків рейок, встановлених на точках ($a_{1\text{чорн}}$ і $b_{1\text{чорн}}$),

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

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:

$$h_{1\text{чорн}} = a_{1\text{чорн}} - b_{1\text{чорн}} \quad \text{та} \quad h_{1\text{черв}} = a_{1\text{черв}} - b_{1\text{черв}}. \quad (4.5)$$

За остаточне значення перевищення h_1 беруть середнє:

$$h_1 = (h_{1\text{чорн}} + h_{1\text{черв}})/2. \quad (4.6)$$

Далі нівелір переносять ближче до задньої рейки так, щоб відстань до неї була приблизно 5-10 м (рис. 4.5, 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:

$$h_{2\text{чорн}} = a_{2\text{чорн}} - b_{2\text{чорн}} \quad \text{та} \quad h_{2\text{черв}} = a_{2\text{черв}} - b_{2\text{черв}}. \quad (4.7)$$

За остаточне значення перевищення h_2 беруть середнє:

$$h_2 = (h_{2\text{чорн}} + h_{2\text{черв}})/2. \quad (4.8)$$

Перевищення h_1 , визначене нівелюванням з середини при рівності плечей (рис. 4.5, а), є правильним:

$$h_1 = a_1 - b_1 = (a_0 + 1/2x) - (b_0 + 1/2x) = a_0 - b_0. \quad (4.9)$$

Різницю перевищень (похибку) x обчислюють за формулою:

$$x = h_1 - h_2. \quad (4.10)$$

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:

$$b_{02\text{чорн}} = a_{2\text{чорн}} - h_1 \quad \text{або} \quad b_{02\text{чорн}} = b_{2\text{чорн}} - x. \quad (4.11)$$

Далі виправляють положення візирної осі зорової труби. Для цього відкручують ковпачок в окуляру (рис. 4.1), послаблюють закріпні гвинти діафрагми з сіткою ниток і суміщають середнє перехрестя ниток сітки ниток з правильним відліком.

Після юстування перевірку повторюють, слідкуючи за положенням бульбашки круглого рівня.

Перевірка 4. Перевірка міри компенсації кутів нахилу осі нівеліра.

Лінія візування (візирна вісь зорової труби) VV_1 повинна бути горизонтальною (або перпендикулярною до вертикальної осі обертання нівеліра ZZ_1) при нахилах осі нівеліра в межах розрахованого кута компенсації.

Перевірку виконують таким чином:

- установлюють нівелір точно посередині між двома рейками, віддаленими одна від іншої на віддалі порядку 60-100 м (рис. 4.6, **I**), так, щоб один підйомний гвинт був розташований в плані на лінії візування, а два інші – на лінії, перпендикулярній лінії візування (рис. 4.6, **II**);

- приводять бульбашку круглого рівня в нуль-пункт (положення 1, рис. 4.7) і беруть відліки по рейках a_i та b_i ;

- потім підйомними гвинтами нахиляють підставку нівеліра так, щоб бульбашка круглого рівня торкалася зовнішнім краєм першого концентричного кільця ампули в поздовжньому (положення 2 і 3, рис. 4.7) і поперечному (положення 4 і 5, рис. 4.7) напрямках, беручи при кожному нахилу відліки по рейках, міняючи висоту інструмента між прийомами;

- за отриманими відліками обчислюють перевищення h_1, h_2, h_3, h_4 і h_5 відповідно для положень 1, 2, 3, 4 і 5 бульбашки круглого рівня;

- якщо перевищення h_2, h_3, h_4 і h_5 відрізняються від перевищення h_1 більш ніж на 7 мм, то юстування технічного нівеліру Н-10КЛ виконується в спеціальній майстерні.

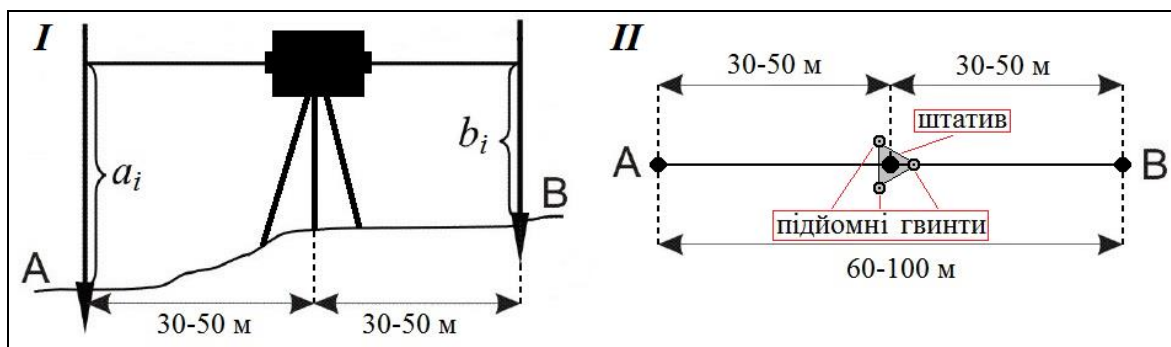


Рисунок 4.6 – Схема перевірки міри компенсації кутів нахилу осі нівеліра з компенсатором (I) та положення штатива і підйомних гвинтів нівеліра (II) в створі лінії А-В (пояснення позначень у тексті)

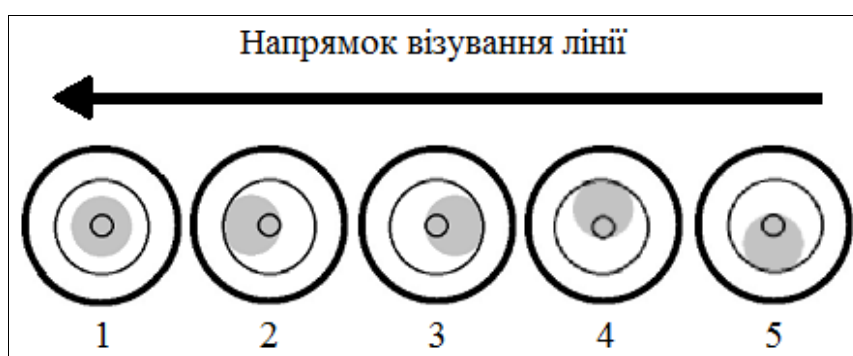


Рисунок 4.7 – Положення (1-5) бульбашки круглого (сферичного) рівня нівеліра з компенсатором під час перевірки компенсатора (пояснення позначень у тексті)

Крім того, обчислюють середнє значення перевищення h_c , одержане при положеннях бульбашки рівня 2-5 (рис. 4.7):

$$h_c = 0,25 \cdot (h_2 + h_3 + h_4 + h_5). \quad (4.12)$$

Далі знаходять різницю між середнім значенням перевищення h_c і перевищенням h_1 , в мм, одержаним при положенні 1 (рис. 4.7):

$$f = h_c - h_1. \quad (4.13)$$

Для виконання технічного нівелювання (у тому числі, нівеліром з компенсатором Н-10КЛ) значення різниці $|f|$ допускається до 10 мм. Якщо дана умова не виконується, то юстування нівеліра виконують в спеціальній оптичній майстерні.

Результати виконання перевірки та юстування (виправлення) нівеліра Н-10КЛ з компенсатором кутів нахилу зорової труби заносять у таблицю встановленого зразка (табл. 4.2).

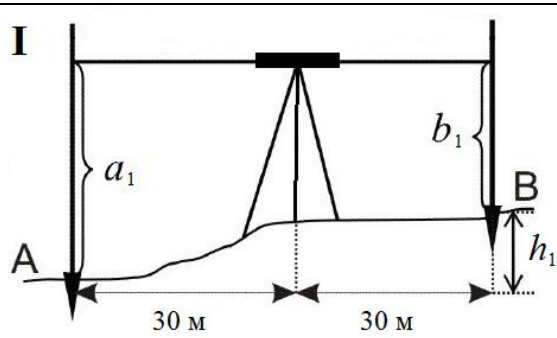
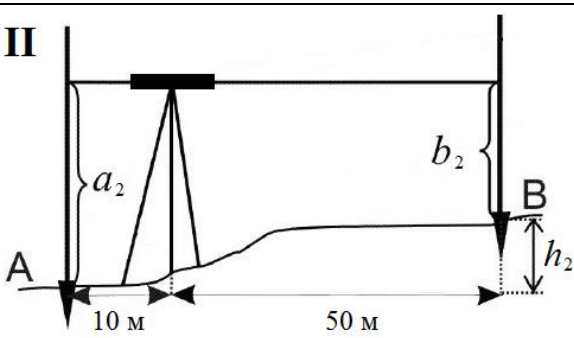
Під час навчальної практики огляд та виконання перевірок нівеліра студенти здійснюють самостійно, а юстування (виправлення) – лише за участі керівників або замінюють несправний прилад на справний з обов’язковим повторним виконанням необхідних перевірок і юстувань.

Таблиця 4.2 – Зразок бланку для оформлення результатів перевірки та юстування (виправлення) нівеліра Н-10КЛ

Результати перевірки та юстування (виправлення) нівеліра з компенсатором Тип нівеліра: <u>Н-10КЛ</u> . Зав. № <u>04393</u> . Рік випуску: <u>1986</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 зображення ниток сітки ниток	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>
<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 круглого (сферичного) рівня, 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>
<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>Умова виконана</i>	<i>Юстування не потрібне</i>	—
2 – перевірка правильності встановлення сітки ниток	<i>Умова виконана</i>	<i>Юстування не потрібне</i>	—
Стор. 1 з 3			

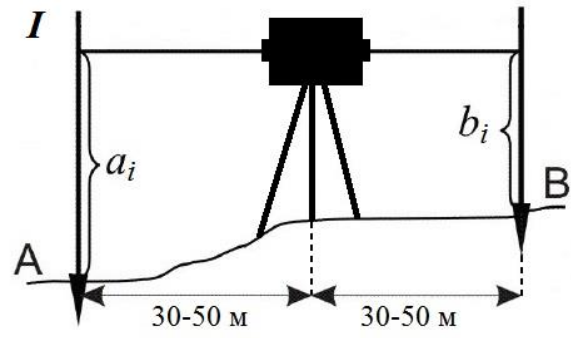
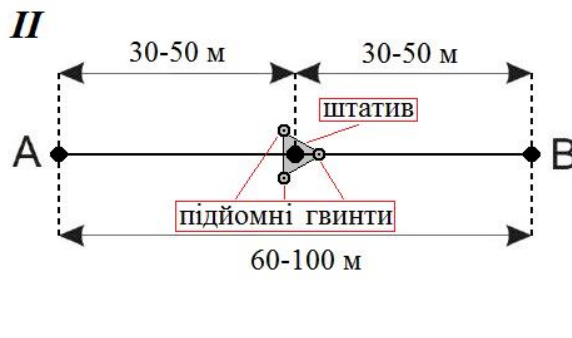
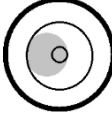
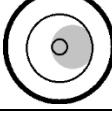
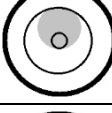
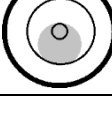
Примітка: *текст, який виділений курсивом* – результати огляду, перевірки та юстування (виправлення).

Продовження табл. 4.2

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 А, мм: $a_1 =$	1374
Відлік по рейці в точці В, мм: $b_1 =$	1389
Перевищення між точками А та В, мм: $h_1 = a_1 - b_1 =$	-15
Другий етап перевірки (нівелювання при нерівності плечей)	
Відлік по рейці в точці А, мм: $a_2 =$	1374
Відлік по рейці в точці В, мм: $b_2 =$	1372
Перевищення між точками А та В, мм: $h_2 = a_2 - b_2 =$	+2
Похибка, мм: $x = h_1 - h_2 =$	-17
Висновок:	Потрібне юстування
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік по рейці в точці В, мм: $b_{2-0} = b_2 - x =$	1389
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік по рейці в точці А, мм: $a_2 =$	1377
Відлік по рейці в точці В, мм: $b_2 =$	1389
Перевищення між точками А та В, мм: $h_2 = a_2 - b_2 =$	-12
Похибка, мм: $x = h_1 - h_2 =$	-3
Висновок:	Умова виконана: $ x = -3 < 4 \text{ мм}$
Стор. 2 з 3	

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

Продовження табл. 4.2

Результати виконання перевірки 4 (перевірка міри компенсації кутів нахилу осі нівеліра з компенсатором)					
I  II 					
Схема перевірки міри компенсації кутів нахилу осі нівеліра з компенсатором (I) та положення штатива і підйомних гвинтів нівеліра (II) в створі лінії А-В					
Результати виконання:					
Напрямок візування лінії ←		Відлік по рейці, мм		Перевищення між точками, $h_i = a_i - b_i$, мм	Висновки за різницею перевищень, $ \Delta h_{1-i} = h_1 - h_i $, мм
Положення бульбашки круглого (сферичного) рівня		в точці А, a_i	в точці В, b_i		
1		a_1 1377	b_1 1389	h_1 -12	$ \Delta h_{1-1} \leq 7$ мм – для нівеліра Н-10КЛ; $ \Delta h_{1-1} \leq 5$ мм – для нівеліра Н-3К
2		a_2 1377	b_2 1388	h_2 -11	$ \Delta h_{1-2} = h_1 - h_2 $ Умова виконана: $ \Delta h_{1-2} = -1 < 7$ мм
3		a_3 1378	b_3 1389	h_3 -11	$ \Delta h_{1-3} = h_1 - h_3 $ Умова виконана: $ \Delta h_{1-3} = -1 < 7$ мм
4		a_4 1380	b_4 1386	h_4 -6	$ \Delta h_{1-4} = h_1 - h_4 $ Умова виконана: $ \Delta h_{1-4} = -6 < 7$ мм
5		a_5 1375	b_5 1391	h_5 -16	$ \Delta h_{1-5} = h_1 - h_5 $ Умова виконана: $ \Delta h_{1-5} = 4 < 7$ мм
$h_c = (h_2 + h_3 + h_4 + h_5)/4$				-11	$ f \leq 10$ мм – для техн. нів.;
$f = h_c - h_1$				1	$ f \leq 7$ мм – для нів. IV кл.;
					$ f \leq 3$ мм – для нів. III кл.
Висновок:		Умова виконана: $ f = 1 < 5$ мм			
Стор. 3 з 3					

Примітка: *текст, який виділений курсивом* – результати перевірки.

4.4 Огляд та підготовка нівелірних рейок

Для технічного нівелювання застосовують суцільні, складні та телескопічні шашкові нівелірні рейки (рис. 4.8).

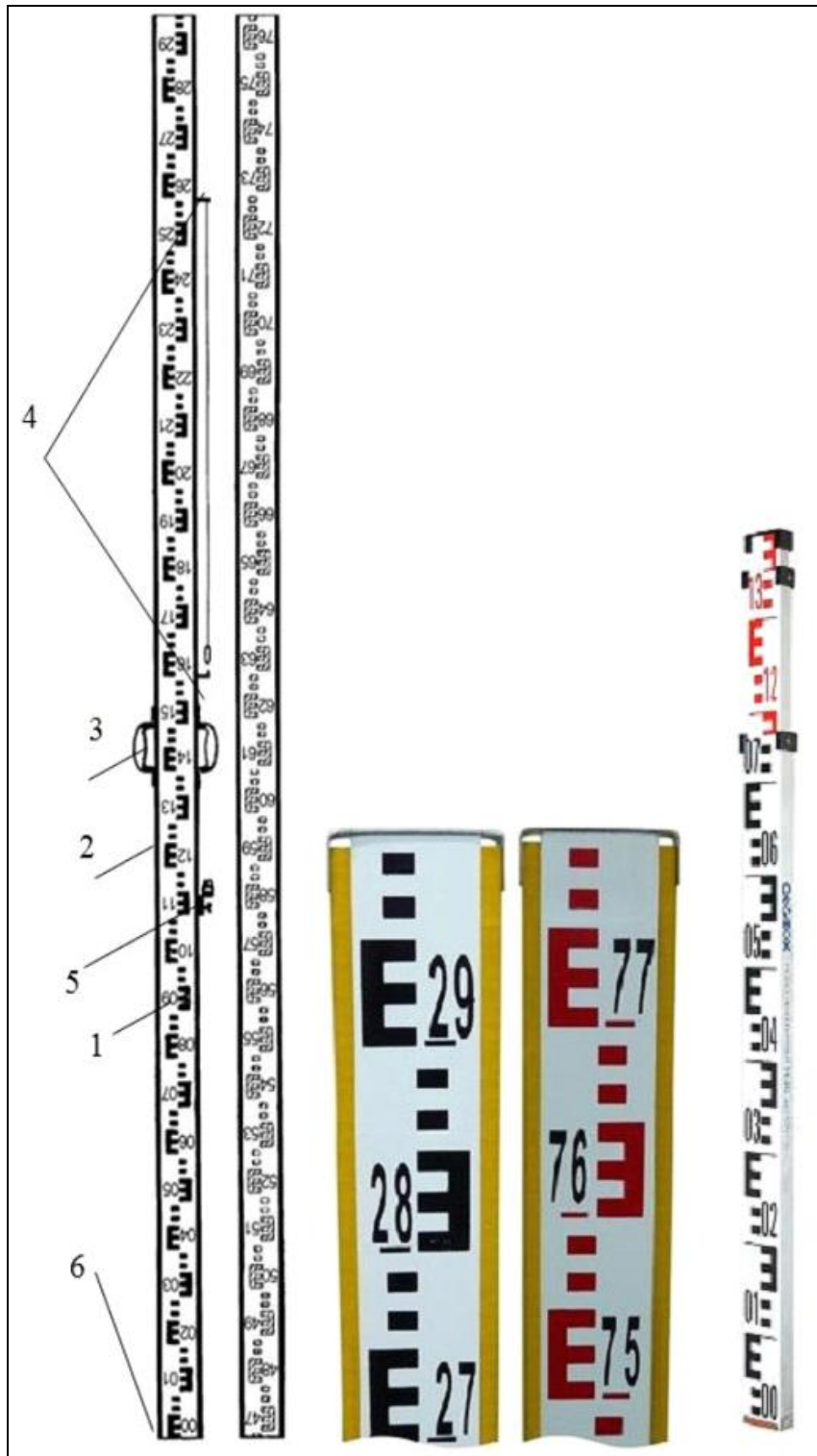


Рисунок 4.8 – Шашкові нівелірні рейки
(пояснення позначень у тексті)

Дані рейки, як правило, виготовляють з сухих дерев'яних брусків (1) довжиною 3 м, шириною 10 см і товщиною 2 см. Для того щоб рейки не деформувались, до їх бокових ребер прикручуються бортики (2). Основа рейки має металеву окову – *п'ятка рейки* (6). Рейки мають дві ручки (3) та можуть мати круглий (сферичний) рівень (5), для перевірки якого на рейках також можуть бути установлені кронштейн і цілик (4).

Сторони рейок поділені сантиметровими поділками. На лицевій стороні дециметрові поділки підписані від 0 до 29 арабськими цифрами. Підписи і поділки на лицевій стороні рейки зроблені чорним кольором, а на зворотній – червоним.

П'ятка на чорній стороні рейки збігається з початком відліку, тобто з нулем. Початок червоної сторони рейки позначається довільним числом, наприклад, 4687 або 4787. В комплект нівеліра входить дві рейки, у яких на червоних сторонах нулі відрізняються 100 мм.

В залежності від типу нівелірів, до комплекту якого буде входити пара рейок, написи дециметрових інтервалів на рейках роблять прямими або перевернутими. Рейки з прямими написами застосовуються тоді, коли зорова труба нівеліра дає пряме зображення (наприклад, Н-10КЛ). Рейки з перевернутими написами застосовуються тоді, коли зорова труба нівеліра дає перевернуте зображення (наприклад, Н-10).

Нівелірні рейки розрізняють за класами нівелювання, для яких вони можуть бути використані (III та IV класів або технічного нівелювання). Наприклад, рейка РН-10П-3000С може бути використана для технічного нівелювання, а для III та IV класів її не можна використовувати. Це видно з шифру рейки, який означає наступне: РН – рейка нівелірна; 10 – середня квадратична похибка на 1 км подвійного нівелірного ходу складає ± 10 мм (тобто рейка призначена для технічного нівелювання); П – прямі написи дециметрових інтервалів; 3000 – довжина рейки 3000 мм; С – складна. Однак, нівелірні рейки РН-3 або РН-3-3000С можуть бути використані як для нівелювання III та IV класів, так і для технічного нівелювання.

Під час нівелювання рейки можуть бути встановлені на спеціальні переносні опори – башмаки або костилі (рис. 4.9). При виконанні технічного нівелювання також 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 довгі кілки, які попередньо забивають у ґрунт в місцях установки рейок і ніжок штативу для нівеліру.

Нівелірні рейки, як і всі інші геодезичні прилади, мають проходити періодичний огляд, дослідження та перевірки. Це пов'язано з тим, що під впливом змін температури та вологості повітря довжина як всієї рейки, так і окремих її поділок можуть змінюватися, що призводить до спотворення вимірюваних перевищень. Тому рейки, які використовують для нівелювання III та IV класів, перед виконання і в кінці робіт оглядають, перевіряють і досліджують. Рейки для технічного нівелювання перевіряють 1 раз на рік.



Рисунок 4.9 – Спеціальні переносні опори для нівелірних рейок (башмаки та костиль)

Нижче наведені види огляду, перевірок і досліджень, які виконують для шашкових нівелірних рейок.

1. *Перевірка зовнішнього огляду.* Дану перевірку здійснюють шляхом огляду рейки, при цьому встановлюють:

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

Маркування (шифр) і укомплектованість рейок повинна відповідати їх паспорту.

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. 4.10). Стрілку f прогину рейки обчислюють за формулою:

$$f = a_2 - (a_1 + a_3)/2. \quad (4.14)$$

Для рейки РН-3-3000С величина стрілки f прогину на всю довжину рейки не повинна виходити за межі ± 6 мм.

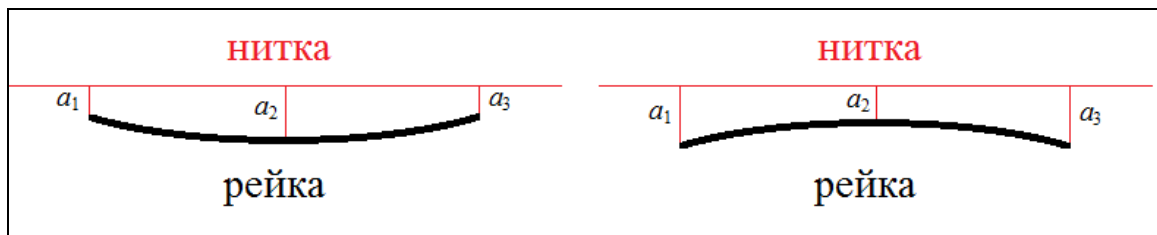


Рисунок 4.10 – Схема визначення стрілки прогину рейки

3. *Перевірка установки круглого рівня.* Вісь круглого рівня на рейці має бути паралельною осям її шкал, тобто при знаходженні бульбашки круглого рівня в середині ампули вісь рейки повинна бути вертикальна.

4. *П'ятка рейки має бути перпендикулярною до осей шкал рейки, а різниця висот ідентичних точок п'яток робочої пари рейок повинна дорівнювати нулю.* Різниця відліків по червоній і чорній сторонах однієї і тієї ж рейки дає різницю нулів (п'ятку) даної рейки. Середні значення перекосів п'яток рейок та різниці висот ідентичних точок (двох крайніх і середньої) п'яток пари рейок РН-3-3000С повинні бути в межах ± 1 мм.

5. *Дослідження точності нанесення дециметрових поділок.* Дане дослідження полягає у визначенні правильності нанесення дециметрових поділок (довжини дециметрових інтервалів) рейок. Похибка нанесення дециметрових інтервалів не повинна виходити за межі: $\pm 0,5$ мм – для нівелювання III класу; $\pm 1,0$ мм – для нівелювання IV класу.

6. *Визначення середньої довжини одного метра пари рейок.* Відхилення метрових інтервалів рейок від номінального значення не повинні виходити за межі: $\pm 0,5$ мм – для нівелювання III класу; $\pm 1,0$ мм – для нівелювання IV класу.

Звітний матеріал до розділу 4:

1) розділ звіту з навчальної практики «4 Огляд і перевірки нівеліра та нівелірних рейок і вправи з вимірювання перевищень між точками та відстаней за віддалемірними ниткам сітки ниток» з наступними матеріалами:

- коротка пояснювальна записка;
- результати огляду та виконання перевірок 1-3 нівеліра (перевірку 4 виконують лише студенти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»);
- результати виконання перевірки 1 (перевірки зовнішнього огляду) нівелірних рейок (перевірки 2-4 виконують лише студенти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій», перевірки 5 та 6 виконувати не потрібно);
- журнал нівелювання (див. табл. 4.1) з результатами вимірювання перевищення між двома точками та відстані за віддалемірними нитками;

2) щоденник навчальної практики, з зазначенням виконаних видів робіт і вимірювань, присутності та участі студентів бригади у їх виконанні.

5 ГЕОМЕТРИЧНЕ НІВЕЛЮВАННЯ ЗАМКНЕНОГО ХОДУ ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНІЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ

5.1 Підготовка до технічного нівелювання

Технічне нівелювання виконують геометричним методом з метою визначення висот точок і характеру рельєфу місцевості. Вибір напрямку та закріплення ліній нівелювання залежить від мети та завдань нівелювання і здійснюється шляхом рекогносцировки. Після узгодження і затвердження положення траси нівелювання її виносять на місцевість, закріплюючи відповідними знаками початок і кінець траси, точки повороту та інші точки, які затверджені у завданні на нівелювання. Далі здійснюють розмічування пікетажного ходу. Зазвичай його розмічують за допомогою землемірної стрічки ЛЗ-20 чи рулетки геодезичної. Відстань між сусідніми пікетами обирають залежно від того, наскільки детально треба вивчити рельєф, але зазвичай за межами забудованої території вона дорівнює 100 м, а в містах і на території промислових підприємств становить 40-50 м. Кути поворотів траси вимірюють теодолітом (наприклад, 2ТЗ0П).

Нумерацію пікетних точок починають із початкової (нульової) точки магістралі (Пк0) і продовжують її до кінця траси. Кожна пікетна точка на ґрунтовій поверхні позначається 2-а кілочками: «точкою» і «сторожком». У точці, майже в рівень із землею, забивають кілок довжиною 10-12 см, на який при нівелюванні встановлюють рейку. Поруч з точкою забивають на 1/3 кілок висотою 20-25 см – сторожок (з підписаним простим олівцем номером пікету), який потрібен для зручного пошуку точки. Якщо траса проходить по поверхні, вкритій бетоном, асфальтом або камінням, то для полегшення відшукування точок при нівелюванні, пікети й інші точки позначають фарбою чи крейдою з додатковими примітками на найближчих парканах, будівлях тощо. Проміжні (або «плюсові») точки, які потрібно нівелювати для додаткової характеристики рельєфу, позначають тільки сторожками. На кожному з них підписують номер попереднього пікету та відстань від нього до даної точки (наприклад, Пк9+55).

Зйомку ситуації місцевості в межах смуги вздовж траси здійснюють способами, які наведені в пп. 3.2, а результати заносять у пікетажний журнал. На практиці цю зйомку вздовж нівелірного ходу не виконують, а дані про ситуацію місцевості беруть з абрису і схеми теодолітного ходу (див. пп. 3.2).

Для визначення висот точок траси виконують прив'язку її першої та останньої точок до пунктів державної висотної мережі (реперів, марок і т. п.).

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

Нівелювання здійснюють способом «з *середини*» з контролем на станції отримання перевищень по чорних і червоних сторонах двобічних рейок або при 2-х горизонтах приладу у випадку використання одnobічних рейок. З метою контролю та підвищення точності визначення перевищень, нівелювання може бути виконане у прямому і зворотному напрямках або двома нівелірами в одному напрямку.

5.2 Заповнення та обробка журналу технічного нівелювання і побудова повздовжнього профілю замкненого нівелірного ходу

Робота, пов'язана з обробкою результатів нівелювання, виконується в наступній послідовності:

- 1 – заповнюють журнал технічного нівелювання (табл. 5.1), в якому здійснюють контроль правильності зняття відліків з кожної рейки;
- 2 – обчислюють перевищення між зв'язковими точками нівелірного ходу з обов'язковим загальним контролем;
- 3 – виконують ув'язку перевищень між зв'язковими точками ходу;
- 4 – обчислюють позначки зв'язкових точок ходу;
- 5 – розраховують позначки проміжних точок ходу;
- 6 – виконують побудову повздовжнього профілю нівелірного ходу.

Слід зазначити, що журнал нівелювання є документом суворого обліку. Всі сторінки журналу повинні бути пронумеровані та завізовані керівником робіт. Результати вимірювань та інші записи виконують чітким шрифтом за допомогою простого олівця. Помилкові записи і результати вимірювань закреслюють. Всі забраковані вимірювання виконують заново, обов'язково вказуючи причину повторних вимірювань.

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

У графі **10** (останній стовпчик журналу) записують примітки та за потреби розміщують замальовки реперів і урізних кілків, а також вказують позначення зв'язкових точок на станціях і відстані від задньої точки до інших точок на кожній станції.

Заповнення журналу починають з внесення до нього інформації про нівелір і рейки, пункти до яких здійснювалась висотна прив'язка ходу, відомостей про дату і час початку та завершення нівелювання, стан погоди, якість зображення рейок у період нівелювання, номінальне значення «п'ятки» червоних сторін рейок, виконавця робіт.

Таблиця 5.1 – Журнал технічного нівелювання замкнутого ходу, який опирається на один репер

Хід: замкнений, опирається на репер РП2 Дата: 30.06.2022 р. Початок: 08 год. 15 хв. Кінець: 11 год. 30 хв.
 Нівелір: Н-10КЛ Завод. номер: 9326 Рейка: РН-3-3000С Початок відліку червоної сторони рейки, мм: 4785
 Погода: ясно, безвітряно Зображення: спокійне Виконав: Іванов П.О.

Номера станцій (стоянок) приладу	Позначення точок (репер, пікет, паля тощо)	Відлік по рейці, мм			Виміряні перевищення та розбіжність між ними, мм	Поправка, середнє та виправлене перевищення, мм	Горизонт (висота) приладу, м БС (абс., умов.)	Позначка (висота) точки, м БС (абс., умов.)	Примітки (зв'язкові точки на станції та відстані від задньої точки до інших точок на станції, м)
		Задня (чорна, червона, «п'ятка»)	Передня (чорна, червона, «п'ятка»)	Проміжна (чорна)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	РП2 Х1	2481 (a_b) <u>7266</u> (a_r) 4785 (a_a)	0519 (b_b) <u>5304</u> (b_r) 4785 (b_a)		1962 (h_b) <u>1962</u> (h_r) 0 (Δn)	1962 (h_c) <u>-1</u> (Δh) 1961 (h_a)		44,063 (H_A) 46,024 (H_B)	РП2 Х1 50,00
2	Х1 Пк0	2147 <u>6933</u> 4786	0854 <u>5638</u> 4784		1293 <u>1295</u> -2	1294 <u>-1</u> 1293		46,024 47,317	Х1 Пк0 50,00
3	Пк0 Пк1	1047 <u>5834</u> 4787	1953 <u>6736</u> 4783		-906 <u>-902</u> -4	-904 <u>-2</u> -906		47,317 46,411	Пк0 Пк1 100,00
4	Пк1 Пк2	0238 <u>5022</u> 4784	2763 <u>7549</u> 4786		-2525 <u>-2527</u> 2	-2526 <u>-2</u> -2528		46,411 43,883	Пк1 Пк2 100,00
5	Пк2 РП2 +41 +63	1954 <u>6738</u> 4784	1770 <u>6557</u> 4787	2728 (d_1) 2728 (d_2)	184 <u>181</u> 3	182 <u>-2</u> 180	45,835 (H_I)	43,883 44,063 43,107 (H_{D1}) 43,107 (H_{D2})	Пк2 РП2 100,00 41,00 63,00
Загальний контроль:		39660 (Σa)	39643 (Σb)		17 ($\Sigma h_b + \Sigma h_r$)	8 (Σh_c)			
		17 ($\Sigma a - \Sigma b$)				0 (Σh_b)		0 (Σh_r)	
			L, км:	0,400	$\pm f_{h_{zp}}$, мм:	31	$f_{h_{np}}$, мм:	6	

Примітка: під час практики приймається, що позначка (висота) репера РП2 дорівнює 33,000 м БС.

При технічному нівелюванні способом «з середини» на всіх станціях нівелір встановлюють на рівних відстанях від задньої та передньої точок, приводять його в робочий стан, роблять відліки по середній нитці сітки ниток та, не йдучи зі станції, починають обробку результатів нівелювання.

Порядок технічного нівелювання за допомогою нівеліра Н-10КЛ та обробки результатів вимірювань на станціях описані нижче.

1. На станції (стоянці) **1** наводять зорову трубу на нівелірну рейку, встановлену на задній точці **РП2**, та по чергово беруть відліки за чорною 2481 мм (**a_b**) і червоною 7266 мм (**a_r**) сторонами рейки і вносять у графу **3**.

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

3. Переставляють рейку на передню точку **X1**, яка введена у зв'язку з тим, що нівелювання між **Пк0** та **Пк1** з однієї станції було неможливе (візирний промінь одночасно не потрапляв на рейки цих пікетів).

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

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

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

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

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

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

9. Результати нівелювання проміжних точок +41 ($d_1 = 2728$ мм) та +63 ($d_2 = 2728$ мм) на станції 5 записують у графу 5.

10. Перед визначенням перевищень між точками, на кожній сторінці та в кінці журналу обов'язково здійснюють загальний контроль. Для цього підсумовують відліки з задніх ($\Sigma a = 39660$ мм) та передніх ($\Sigma b = 39643$ мм) рейок і знаходять різницю між ними ($\Sigma a - \Sigma b = 39660 - 39643 = +17$ мм). Величина цієї різниці має дорівнювати сумі перевищень, визначених за відліками, знятими з чорної і червоної сторін рейок ($\Sigma h_b + \Sigma h_r = +17$ мм). Отримане значення повинне бути у два рази більше ніж сума всіх середніх перевищень ($\Sigma h_c = +8$ мм). В останньому випадку можливе відхилення на 1-2 мм, яке виникає за рахунок округлення середніх значень перевищень.

11. Для ув'язки ходу (шляхом введення поправок до значень середніх перевищень) спочатку визначають теоретичне перевищення ходу (Σh_t). Для замкнутого нівелірного ходу, який опирається на один репер, що є одночасно початковим і кінцевим репером ходу ($H_{кин} = H_{ноч} = H_{ПП2} = 44,063$ м БС), теоретичне перевищення буде дорівнювати нулю, тобто:

$$\Sigma h_t = H_{кин} - H_{ноч} = 44,063 - 44,063 = 0 \text{ м} = 0 \text{ мм.} \quad (5.1)$$

12. Через неминучі похибки, під час вимірювання перевищень, буде отримана нев'язка $f_{h \text{ np}}$, яка для замкнутого ходу дорівнює сумі середніх перевищень (Σh_t), тобто:

$$f_{h \text{ np}} = \Sigma h_c - \Sigma h_t = \Sigma h_c - 0 = \Sigma h_c = +8 \text{ мм.} \quad (5.2)$$

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

$$f_{h \text{ зр}} = \pm 50 \cdot L^{0,5} = \pm 50 \cdot 0,400^{0,5} = \pm 31 \text{ мм.} \quad (5.3)$$

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

$$f_{h \text{ зр}} = \pm 10 \cdot n^{0,5} = \pm 10 \cdot 4^{0,5} = \pm 20 \text{ мм.} \quad (5.4)$$

Якщо практична нев'язка $f_{h \text{ np}}$ є в межах граничної похибки $f_{h \text{ зр}}$, тобто $f_{h \text{ np}} \leq f_{h \text{ зр}}$ ($+8 \text{ мм} < +31 \text{ мм}$), то така нев'язка може бути розподілена між всіма середніми перевищеннями h_c нівелірного ходу.

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

$$\Delta h = -l \cdot f_{h \text{ np}} / L, \quad (5.5)$$

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

Поправки до середніх перевищень, визначених на станції **1** (між зв'язковими точками **РП2** та **X1**) і на станції **2** (між зв'язковими точками **X1** та **Пк0**) дорівнюють: $\Delta h = -0,050 \text{ км} \cdot (+8 \text{ мм}) / 0,400 \text{ км} = -1 \text{ мм}$.

Поправки до середніх перевищень, визначених на станціях **3-5** (між відповідними точками) дорівнюють: $\Delta h = -0,100 \text{ км} \cdot (+8 \text{ мм}) / 0,400 \text{ км} = -2 \text{ мм}$.

15. Виправлені перевищення визначають за формулою:

$$h_b = h_c + \Delta h. \quad (5.6)$$

Виправлені перевищення записуються під рискою нижче обчислених середніх перевищень (в графу **7**). Сума виправлених середніх перевищень для замкнутого ходу ($\Sigma h_b = 0 \text{ мм}$) повинна дорівнювати теоретичній сумі перевищень ($\Sigma h_t = 0 \text{ мм}$), тобто: $\Sigma h_t = \Sigma h_b = 0 \text{ мм}$.

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

$$H_B = H_A + h_b. \quad (5.7)$$

Обчислення позначок (висот) суміжних зв'язкових точок починають від вихідної позначки початкового репера **РП2**. Записавши її у перший рядок графі **9** і додавши до неї перше виправлене перевищення (з графі **6**), отримують позначку точки **X1**, яку записують у другий рядок графі **9**. До позначки точки **X1** додають друге виправлене перевищення (з графі **6**), щоб одержати позначку точки **Пк0** і т. д. **Обчислення позначок точок ведеться в метрах, тому виправлені перевищення треба переводити з міліметрів у метри!** Кожна, обчислена позначка точки, крім першої та останньої, записується двічі: перший раз – як обчислена позначка передньої суміжної зв'язкової точки попередньої станції; другий раз – як вихідна позначка задньої суміжної зв'язкової точки наступної станції.

17. У замкнутому ході величина останньої позначки має збігтись з величиною першої позначки даного репера. Якщо журнал має кілька сторінок, то контроль позначки останньої суміжної точки кожної сторінки виконується шляхом додавання до вихідної позначки початкової точки сторінки суми виправлених перевищень на сторінці.

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

$$H_I = H_A + a_b = H_B + b_b = (H_A + H_B + a_b + b_b)/2. \quad (5.8)$$

Наприклад, горизонт приладу або висота інструмента (в метрах) на станції **5** дорівнює: $H_I = (43,883 + 44,063 + 1,954 + 1,770)/2 = 45,835 \text{ м БС}$.

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

$$H_D = H_I - d. \quad (5.9)$$

Позначки проміжних («плюсових») точок +41 та +63 на станції 5 дорівнюють: $H_{D1} = H_I - d_1 = 45,835 - 2,728 = 43,112$ м БС. Всі позначки проміжних точок вносять у відповідні рядки граfi 9 журналу (табл. 5.1).

За результатами обробки журналу технічного нівелювання (табл. 5.1) виконують побудову повздовжнього профілю замкнутого ходу (рис. 5.1).

Повздовжній профіль замкнутого нівелірного ходу викреслюють на аркуші міліметрового (або білого) паперу формату А4 (210×297 мм) альбомної орієнтації, заздалегідь обравши величини горизонтального (**Мг**) та вертикального (**Мв**) масштабів і значення умовного горизонту. *Умовний горизонт* – це найнижча позначка вертикальної шкали, яка є дещо нижчою найнижчої позначки точки профілю. Горизонтальний і вертикальний масштаби та значення умовного горизонту обирають таким чином, щоб креслення було компактным і вміщалося на один аркуш обраного формату. Для наочності вираження рельєфу траси вертикальний масштаб необхідно обирати не менше ніж в 10 разів крупнішим за горизонтальний (наприклад, **Мв 1:100 Мг 1:1000** або **Мв 1:200 Мг 1:5000**).

Звітний матеріал до розділу 5:

1) розділ звіту з навчальної практики «**5 Геометричне нівелювання замкнутого ходу та обробка результатів технічного нівелювання**» з наступними матеріалами:

- коротка пояснювальна записка;
- пікетажний журнал нівелірного ходу за даними абрису та схеми теодолітної зйомки (виконують лише студенти спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»);
- журнал технічного нівелювання замкнутого ходу (під час практики приймається, що позначка (висота) репера РП2 дорівнює 33,000 м БС);
- повздовжній профіль замкнутого нівелірного ходу;

2) «**Висновки**» до звіту з навчальної практики, які розміщуються після останнього розділу (перед переліком джерел посилань) з зазначенням закріплених під час практики знань і вмінь та отриманих навичок;

3) «**Перелік джерел посилань**» до звіту з навчальної практики;

4) повністю оформлений і зшитий звіт з навчальної практики;

5) щоденник навчальної практики (за всі робочі дні), прикріплений перед титульним листом звіту), з зазначенням всіх виконаних видів робіт і вимірювань, присутності та участі студентів бригади у їх виконанні.

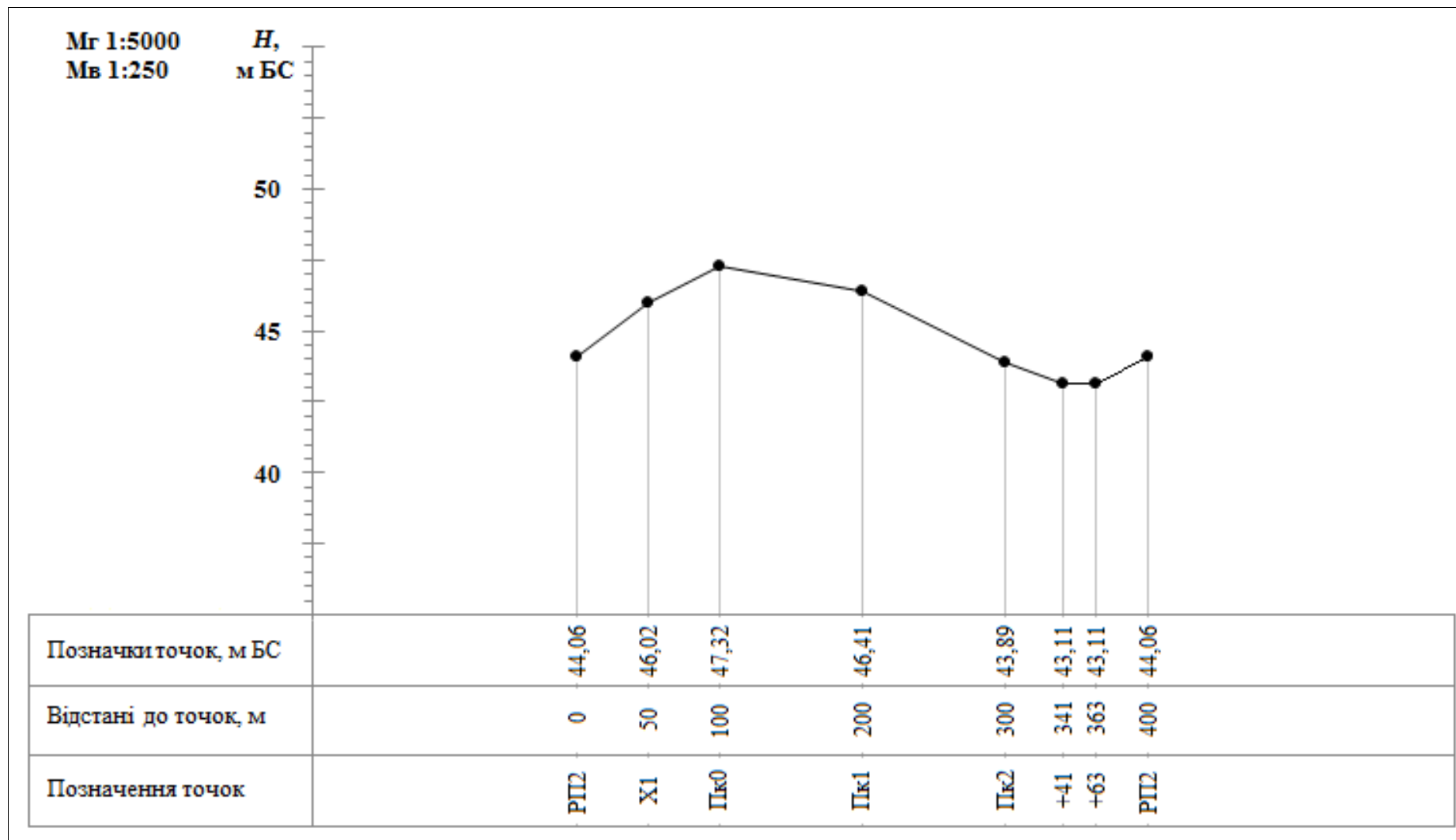


Рисунок 7.4 – Повздовжній профіль замкнутого нівелірного ходу, який опирається на один репер **РП2**

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «Основи геодезії» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 34 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/7399/> (дата звернення: 15.04.2022).
2. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «Основи геодезії» для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 103 «Науки про Землю». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 34 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/7409/> (дата звернення: 15.04.2022).
3. Гращенкова Т. В. Робоча програма навчальної практики з дисципліни МПН 2.07 «Основи геодезії» для студентів першого рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 9 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/8135/> (дата звернення: 15.04.2022).
4. Гращенкова Т. В. Робоча програма навчальної практики з дисципліни МПН 2.07 «Основи геодезії» для студентів першого рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальністю 103 «Науки про Землю». Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2020. 9 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/8134/> (дата звернення: 15.04.2022).
5. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ-88) / ГУГК : Справочное пособие. Москва : Недра, 1991. 303 с.
6. Колодєєв Є. І. Основи геодезії: конспект лекцій. Дніпропетровськ: Економіка, 2005. 107 с.
7. Колодєєв Є. І., Гриб О. М. Лабораторний практикум з геодезії: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2007. 68 с.
8. Гриб О. М. Лабораторний практикум з основ геодезії: навчальний посібник. Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 124 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/9051/> (дата звернення: 15.04.2022).
9. Гриб О. М. Методичні вказівки для комп'ютерного програмного забезпечення до лабораторних робіт № 5 і 7 та індивідуального завдання з навчальної дисципліни «Основи геодезії» для студентів першого рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання за спеціальностями 103 «Науки про Землю» та 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 15 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/8804/> (дата звернення: 15.04.2022).
10. Балан Г. К., Яров Я. С., Гращенкова Т. В. Методичні вказівки по проведенню навчальної практики з дисципліни «Основи геодезії» для студентів 1 курсу спеціальності – 103 «Науки про Землю». Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2017. 22 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/5630/> (дата звернення: 15.04.2022).

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон від 23.12.1998 № 353-XIV // База даних «Законодавство України» / ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/353-14#top> (дата звернення: 15.04.2022).
2. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98) (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 9 квітня 1998 р. № 56). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0393-98#Text> (дата звернення: 15.04.2022).
3. Основні положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 24 січня 1994 р. № 3). URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3101> (дата звернення: 15.04.2022).
4. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 (затверджено наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України від 31 грудня 1999 р. № 156). URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3201> (дата звернення: 15.04.2022).
5. Порядок побудови Державної геодезичної мережі (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 7 серпня 2013 р. № 646). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/646-2013-%D0%BF#n9> (дата звернення: 15.04.2022).
6. Положення про порядок встановлення місцевих системи координат (затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 3 липня 2001 р. № 245). URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3901> (дата звернення: 15.04.2022).
7. Основні положення створення Державної геодезичної мережі України (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 8 червня 1998 р. № 844). URL: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=1401> (дата звернення: 15.04.2022).
8. Порядок охорони геодезичних пунктів (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 836). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/836-2017-%D0%BF> (дата звернення: 15.04.2022).
9. Порядок загальнодержавного топографічного і тематичного картографування (затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 4 вересня 2013 р. № 661). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF> (дата звернення: 15.04.2022).

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Абрис – 42

Алідада – 14

Б

Бригадир студентської бригади – 9

В

Відомість обробки замкненого теодолітного ходу – 44

Г

Гвинт механізму перефокусування нівеліра – 51

Д

Домір (довжина залишку) – 33

Е

Ексцентриситет алідади – 24

Ж

Журнал технічного нівелювання – 69

З

Зйомка ситуації місцевості – 41

К

Компарування – 30

Л

Лімб – 14

М

Місце нуля (M0) – 27

Н

Нівелювання способом «з середини» – 52

О

Орієнтування теодоліта по магнітному меридіану – 18

П

П'ятка рейки – 64

Перевірка приладу – 10

Р

Рекогносцировка – 39

С

Спосіб «прийомів» – 18

Т

Теодолітна зйомка місцевості – 39

У

Умовний горизонт – 73

Ф

Фокусуючий гвинт (кремальєра) – 16

Ц

Центрування теодоліту – 18

Ш

Шпилька для юстування – 22

Ю

Юстирування – 11

ДОДАТОК А.
Зразок титульного листа до звіту з навчальної практики

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Кафедра гідроекології
та водних досліджень
Природоохоронний факультет

З В І Т

з навчальної практики «Основи геодезії»
з навчальної дисципліни «Основи геодезії»
за період з 27.06.2022 р. по 09.07.2022 р.
студентів групи ГЗ-21

Виконавці (бригада № 1):

1) Іванов І. І. – бригадир

2) Петров П. П.

3) ...

4) ...

5) ...

Керівники практики:
к. геогр. н., доц. Гриб О. М.
(відповідальний керівник);
ас. Гращенкова Т. В.

Одеса – 2022

Навчальне електронне видання

ГРИБ Олег Миколайович, ГРАЩЕНКОВА Тетяна Валеріївна

ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ. НАВЧАЛЬНА ПРАКТИКА

Навчальний посібник

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний університет

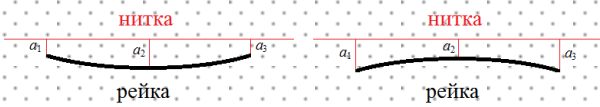
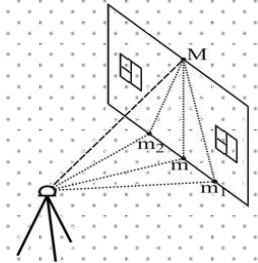
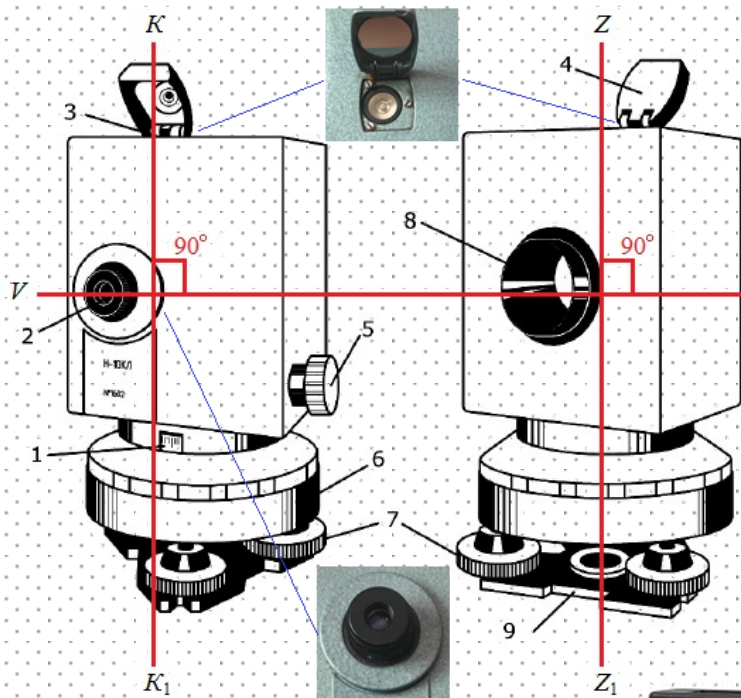
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016

тел./факс: (0482) 32-67-35

E-mail: info@odeku.edu.ua

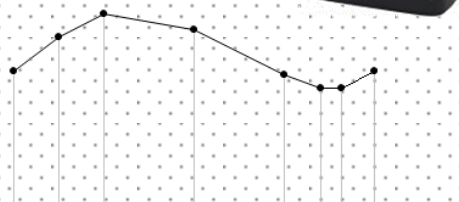
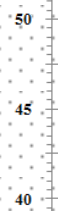
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 5242 від 08.11.2016



Мр 1:5000
Мв 1:250

H_с
м БС



Позначки точок, м БС	0	44.06	50	46.02	100	47.32	200	46.41	300	43.89	341	43.11	363	43.11	400	44.06
Відстані до точок, м	0	44.06	50	46.02	100	47.32	200	46.41	300	43.89	341	43.11	363	43.11	400	44.06
Позначення точок	РП2	X1	Пк0	Пк1	Пк2	+41	+63	РП2								

6

