

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

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

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

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

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

Методичні вказівки до навчальної практики «**Геодезія**» з навчальної дисципліни «**Геодезія**» для студентів 2-го року денної форми навчання та 3-го року заочної форми навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», рівень вищої освіти бакалавр / канд. геогр. наук, доц. Гриб О. М., ас. Гращенко Т. В. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 163 с.

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП.....	6
1 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ	8
1.1 Інструктаж і залік з правил техніки безпеки при проведенні геодезичних робіт	10
1.1.1 <i>Вимоги безпеки перед початком роботи</i>	11
1.1.2 <i>Вимоги безпеки під час виконання польових геодезичних робіт на суші</i>	11
1.1.3 <i>Вимоги безпеки під час виконання геодезичних робіт в акваторіях водних об'єктів</i>	12
1.2 Формування бригад і вибір бригадирів, форми та методи контролю.....	16
1.3 Одержання бланкових і навчально-методичних матеріалів, геодезичних приладів та обладнання (нівелірів, рейок, штативів, теодолітів, віх, рулеток тощо) та їх огляд.....	16
1.3.1 <i>Обладнання плавзасобів при виконанні геодезичних вимірювань і робіт в акваторіях водних об'єктів</i>	17
1.3.2 <i>Загальний перелік приладів, обладнання, бланкових і витратних матеріалів для виконання геодезичних робіт і вимірювань на практиці</i>	17
2 ПЕРЕВІРКА, ЮСТИРУВАННЯ, КОМПАРУВАННЯ ТА ІНШІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГОТОВНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ І ОБЛАДНАННЯ	21
2.1 Перевірки та юстирування теодоліта	22
2.2 Перевірки та юстирування нівеліра	32
2.3 Перевірки та дослідження нівелірних рейок.....	43
2.4 Перевірки та компарування мірної стрічки (чи рулетки)	52
2.5 Огляд та перевірка готовності обладнання для геодезичних робіт і вимірювань (кілків, штативів, шпильок, висків тощо)	54
3 ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА МАГІСТРАЛІ ТА ЗЙОМКА СИТУАЦІЇ МІСЦЕВОСТІ.....	56
3.1 Рекогносцировка ділянки берегу річки для проектування водомірного поста для проведення теодолітної зйомки, нівелювання й інших вимірювань і робіт.....	56
3.2 Виконання теодолітної зйомки берега річки на ділянці водомірного поста та складання абрису ситуації місцевості.....	57

3.3	Обробка даних теодолітної зйомки та побудова плану ділянки берегу річки	64
3.4	Визначення недоступної відстані (ширини річки тощо) за допомогою теодоліта на ділянці водомірного поста.....	65
4	ВИКОНАННЯ НІВЕЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ ІІІ (ІV) КЛАСУ	71
4.1	Висотна прив'язка ділянки робіт до реперів Державної нівелірної мережі	72
4.2	Нівелювання ділянки берегу річки для проектування уклонного водомірного поста та визначення миттєвого уклону водної поверхні річки	81
4.3	Передача позначки через річку шириною 100-300 м	87
5	ПРОЕКТУВАННЯ ПАЛЬОВО-РЕЙКОВОГО ВОДОМІРНОГО ПОСТА	90
5.1	Рекогносцировка схилу берега річки для проектування водомірного поста.....	90
5.1.1	<i>Система відліків і позначок на водомірному посту</i>	90
5.1.2	<i>Обладнання простих водомірних постів</i>	92
5.1.3	<i>Рекогносцировка і дослідження для проектування водпостів</i>	93
5.2	Проектування водомірного поста (з його фактичним профілем) і винос в натуру положення та висоти контрольного репера, паль і рейки.....	94
5.2.1	<i>Проектування водомірного поста.....</i>	94
5.2.2	<i>Винос в натуру положення та висоти контрольного репера, паль і рейки.....</i>	95
6	НІВЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ ЗА КВАДРАТАМИ.....	102
6.1	Рекогносцировка ділянки місцевості для нівелювання поверхні за квадратами.....	102
6.2	Розбивка полігону, закріплення і створення мережі квадратів на місцевості за допомогою теодоліта і мірної стрічки.....	102
6.3	Виконання нівелювання по квадратах	104
6.4	Визначення висот точок	105
6.5	Побудова плану території в горизонталях.....	107
6.6	Проектування горизонтальної площини з балансом земляних робіт.....	107
7	ПРОМІРИ ГЛИБИН І ПРОЕКТУВАННЯ МЕАНДРІВ РІЧКИ.....	113
7.1	Рекогносцировка ділянки річки для виконання промірів глибин води.....	113

7.2	Планово-висотна прив'язка репера на ділянці промірів глибин за допомогою GPS-навігатора та/або ГНСС-станції.....	117
7.3	Розбивка магістралі та створів і координування промірних вертикалей за допомогою плавучого ланцюга та GPS-навігатора.....	117
7.4	Виконання промірів глибин (за допомогою ехолоту, лотліня, штанги гідрометричної, лоту механічного) і обробка результатів вимірювань.....	119
7.5	Побудова профілів повздовжнього та поперечного перерізів річки та визначення основних морфометричних характеристик	120
7.6	Побудова плану ділянки річки в горизонталях (ізобатах).....	127
7.7	Проектування положення і профілю (заданого уклону) траси меандрів річки (або траси автодороги).....	128
8	СКЛАДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ	137
	ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	139
	РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	140
	ДОДАТКИ.....	142
	Додаток А. Бланки журналів КГ-64, КГ-65 та книжки КГ-2.....	142
	Додаток Б. Зразок титульного листа до звіту з навчальної практики ...	163

ВСТУП

Методичні вказівки присвячено питанням організації та проведення польової навчальної практики ППЗ.18 «Геодезія» з навчальної дисципліни ППЗ.05 «Геодезія» для студентів 2-го року денної форми навчання та 3-го року заочної форми навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр») першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дані методичні вказівки складені відповідно до робочої програми навчальної практики [1] та силлабусу дисципліни [2] з метою забезпечення запланованих у ній польових і камеральних робіт необхідними матеріалами щодо підготовчо-організаційних робіт (у тому числі, питань забезпечення техніки безпеки й охорони праці на топографо-геодезичних роботах [3-8]), навчально-методичними обґрунтуваннями, роз'ясненнями і рекомендаціями, включаючи та вимоги до оформлення звіту з навчальної практики [9-12].

Для поглибленого вивчення матеріалу наприкінці цих методичних вказівок є список рекомендованої літератури з посиланнями на наукові та навчально-методичні публікації відомих в Україні вчених і необхідні нормативні документи у галузі геодезії [1-21]

За своїм змістом і формою подання матеріалу методичні вказівки дають змогу студентам здійснювати підготовку до польових і камеральних робіт від їх організації до форми підготовки звітнього матеріалу.

Мета навчальної практики – закріпити, розширити та поглибити теоретичні знання з геодезії, отримані студентами під час аудиторних занять, набути практичних навичок самостійного виконання польових і камеральних геодезичних робіт і вимірювань.

Загальними завданнями навчальної практики є наступні:

- набуття студентами навичок роботи з геодезичними приладами та обладнанням;
- опанування навичками організації праці колективу;
- виховання у студентів свідомого відношення до прояву ініціативності та самостійності.

За час практики студенти повинні набути навичок з основних прикладних інженерних геодезичних вимірювань, польових і камеральних робіт, обчислювальної обробки та графічного оформлення результатів.

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

Забезпечення інструктажу з правил техніки безпеки і охорони праці здійснюють завідувач кафедри гідроекології та водних досліджень ОДЕКУ і безпосередні керівники навчальною практикою.

Для досягнення поставленої мети та виконання завдань практики необхідним є виконання польових геодезичних робіт, занесення даних вимірювань до відповідних таблиць і журналів, контроль та аналіз даних вимірювань під час їх виконання. Після цього, необхідним є камеральна обробка даних вимірювань, обчислювальна обробка і графічне оформлення отриманих результатів.

Перелік види робіт навчальної практики, тривалість їх виконання та звітний матеріал, який має бути представлений після виконання робіт і вимірювань та в кінці практики, представлені у робочій програмі даної навчальної практики [1].

1 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ПІДГОТОВЧІ РОБОТИ

Навчальна практика ППЗ.18 «Геодезія» є невід'ємною частиною дисципліни ППЗ.05 «Геодезія» для студентів 2-го курсу денної та заочної форм навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр») першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Тривалість практики: 3 тижня (90 + 30 = 120 год.) або 4 кр. ЄКТС.

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: гідроекологічний польовий центр ОДЕКУ (с. Маяки, Біляївський район, Одеська область), метеорологічний польовий центр ОДЕКУ (м. Одеса), морський польовий центр ОДЕКУ (м. Одеса), науково-експертний центр моніторингу навколишнього середовища (НЕЦ МНС) у складі науково-дослідної частини ОДЕКУ, навчальна лабораторія геофізики, геодезії та водних досліджень і аудиторії ОДЕКУ.

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 робочою програмою практики [1], обережно поводитися з геодезичними приладами та обладнанням у відповідності з правилами експлуатації, додержуватись правил техніки безпеки і охорони праці.

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.

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

Прилади, обладнання та правила виконання вимірювань і робіт повинні відповідати технічним вимогам до їх проведення.

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

У результаті проходження навчальної практики студент повинен знати як виконувати комплекс підготовчих та прикладних інженерних геодезичних робіт і вимірювань на місцевості (повірки теодоліта і нівеліра, компарування сталевих мірних стрічок тощо; рекогносцирування ділянки геодезичних робіт; теодолітна зйомка і визначення недоступної відстані за допомогою теодоліта; висотна прив'язка до реперів Державної нівелірної мережі, нівелюванні магістралі та території; передача позначок через водні перешкоди; нівелювання ділянки берега та виконання промірів глибин в створі гідрологічного поста для проектування пально-рейкового поста; винесення в натуру і закріплення на місцевості геодезичних пунктів тощо).

Підведення підсумків з навчальної практики.

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. Оцінювання роботи студента на навчальній практиці 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 при проведенні геодезичних робіт

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

Інструктаж з правил ТБ і ОП здійснюється за допомогою даних методичних вказівок та відповідних інструкцій і правил [3-8].

1.1.1 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком окремих видів роботи треба пройти вступний інструктаж на робочому місці відповідно до цього 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 керівника практики.

1.1.2 Вимоги безпеки під час виконання польових геодезичних робіт на суші

Нижче наведені основні вимоги безпеки при виконанні геодезичних робіт на суші (у тому числі, поблизу водних об'єктів):

- перед початком робіт керівник повинен ретельно оглянути геодезичні прилади та інструменти;
- 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, вдавлюючи 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, при сильному та поривчастому вітрі забороняється працювати поблизу будинків;
- необхідно дотримуватися заходів захисту від електротравматизму, не підходити до обірваних електричних проводів, про обрив електричних проводів необхідно сповістити керівника та 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.

1.1.3 Вимоги безпеки під час виконання геодезичних робіт в акваторіях водних об'єктів

Перед початком виконання геодезичних робіт в акваторіях водних об'єктів (водойм і водотоків) потрібно пройти відповідний інструктаж з правил техніки безпеки та охорони праці, а також пройти навчання та скласти залік з плавання і греблі.

Крім того, перед початком окремих видів польових робіт потрібно пройти повторний інструктаж на робочому місці відповідно до даного виду роботи.

Для виконання різних видів польових робіт потрібно мати відповідні для цього одяг і взуття, які повинні бути легкими та зручними.

Заборонено працювати без відповідного взуття, головного убору, засобів індивідуального захисту та аптечки.

Нижче наведені основні вимоги безпеки при виконанні геодезичних робіт в акваторіях водних об'єктів:

- при користуванні маломірними човнами (під час промірів глибин і в інших випадках) не допускається їхнє перевантаження;

– вантажопідйомність човна визначається шляхом завантаження його з таким розрахунком, щоб сухий борт човна в будь-якому місці піднімався в тиху погоду не менш ніж на 20 см над поверхнею води;

– суворо забороняється стояти в моторному човні при початку його руху з місця;

– стояти в човні, сидіти на бортах під час його руху забороняється;

– перший, хто виходить із човна на берег, зобов'язаний надійно пришвартувати його і тільки після цього можна виходити із човна іншим;

– забороняється плавання та проведення робіт на човнах при швидкості вітру більш ніж 5 м/с та/або хвилюванні більше 3 балів;

– при виникненні під час виконання робіт значного вітру і хвилювання, роботу із гребних та моторних човнів варто припинити і рухатися до берега;

– у випадку, якщо човен одержав пробоїну, роботи повинні бути негайно припинені, а човен спрямований до найближчого берега;

– при проведенні вимірювань та робіт на річках і каналах треба суворо виконувати наступні правила встановлення маломірного судна на якір і зйомки з нього:

а) не можна ставати на якір у границях суднового ходу, на перекатах, біля берегів із притискним і нерівним рухом води;

б) при підході до місця стоянки потрібно розгорнути човен носом проти течії річки (якщо воно рухається за течією), зменшити хід і приготувати якір до віддачі;

в) якірний канат має бути заздалегідь покладений рівними шлагами, щоб при віддачі якоря він не заплутався і не зачепив надбудову й інші частини судна та пасажирів, нижній кінець каната повинен бути надійно прикріплений до корпусу човна (носовий – до носа, кормовий – до корми);

г) коли рух човна припиниться, якір беруть у руки і скидають у воду трохи вперед, при віддачі якоря не повинно бути поруч сторонніх осіб, при цьому потрібно стежити, щоб якірний канат або якір не зачепив одяг, ногу або руку людини, що віддає його, та інших пасажирів;

д) для полегшення підйому якоря треба дати малий хід уперед, піднімаючи якір, не можна сильно нахилятися або звішуватися з борту;

е) хід човна можна збільшувати після остаточного підйому якоря;

– при роботах зі сталевим тросом забороняється робота без рукавиць;

– при організації дієвої допомоги з берега не варто квапитися плисти до берега, а, підтримуючись на плаву, зберігати сили;

– на човен, що підійшов, підніматися з носа або корми, а не з борту, щоб уникнути перекидання човна;

– не відпливати від човна, який перекинувся, але зберігає плавучість, а триматися за нього, підпливаючи разом з ним до берега;

– якщо човен, що перекинувся, не зберігає плавучість або якщо нижче за течією є небезпечні місця (пороги, водоспади і т. п.), варто негайно плисти до берега;

– при роботах з невеликих човнів забороняється пересаджувати людей з одного човна в інший, пересуватися по човну і робити різкі рухи;

– розміщати людей і устаткування в човнах треба на початку роботи, коли човен ще біля берега;

– не дозволяється ставати на борт човна, всі роботи із човна повинні виконуватися сидячи;

– забороняється плавання і робота далеко від берегів на великих озерах і водоймах без охорони човнів моторними суднами;

– всі виконавці вимірювань та робіт на човні та його команда, мають бути забезпечені індивідуальними рятувальними засобами: рятувальними кругами, рятувальними жилетами та поясами промислового виготовлення;

– зазначені рятувальні засоби повинні бути міцними, справними та готовими до негайного використання і відповідати вимогам нормативів;

– при виконанні промірів глибин наміткою, штангою або лотом з маломірних човнів повинні виконуватися наступні запобіжні заходи:

а) штангою можна робити проміри при глибинах не більше ніж 3 м;

б) при глибинах від 3 м до 4 м проміри дозволяється виконувати наміткою 5-6 м, вона повинна бути без тріщин і нерівностей, які можуть ушкодити руки, маса її не повинна перевищувати 10-12 кг;

в) промірник повинен перебувати в носовій частині човна, намітку варто закидати з верхнього (за течією) борта човна, якщо вона зачепилася за перешкоду на дні річки, її варто негайно відпустити;

г) при промірах лотлінем забороняється ставати на борти човна і перегинатися через борт, намотувати на руку вільний кінець лотліня;

д) при виконанні промірів глибин наміткою, штангою або лотом на човні повинно бути не менше двох працівників;

– при роботі з ехолотом слід суворо дотримуватися інструкції з експлуатації приладу та наступні вимоги:

а) забортні пристрої обов'язково закріплюються за борт або корму човна (інколи вмонтовуються у дно човна), тримати забортні пристрої у руках забороняється;

б) регулювання положення випромінювача ехолота при включеному електроживленні забороняється;

в) випромінювач-приймач будь-якого ехолоту має бути закріплений у горизонтальному положенні, не порушуючи безпеку і зручність роботи оператора ехолота та інших працівників і членів команди човна;

г) при використанні кислотних акумуляторів (джерел живлення) ехолота треба суворо дотримуватися інструкції з їх експлуатації;

– при натягуванні каната (троса) на судноплавних і сплавних річках повинна бути передбачена можливість його швидкого спуску (підйому) для пропуску різних плавзасобів (катерів, човнів, інших суден або плотів);

– канат, натягнутий на високих опорах через судноплавну річку, повинен бути позначений сигналами: удень – декількома прапорами, а уночі – декількома прикріпленими до нього білими ліхтарями;

– при роботі з канатом (тросом), натягнутим невисоко над водою, потрібно організувати безперервне спостереження за всіма плавзасобами, що підходять до нього, і забезпечити своєчасне опускання або підйом каната (троса) для безперешкодного пропуску плавзасобів;

– якщо поблизу вище або нижче створу є поворот і швидкості течії великі, необхідно організувати сигналізацію про наближення плавзасобів;

– забороняється пересуватися по канату (тросу), стоячи в човні, та триматися за нього руками;

– забороняється робота з канатом (тросом) без рукавиць;

– забороняється підхід на човні до каната, натягнутого через річку, з верхньої за течією сторони;

– забороняється пересуватися по канату (тросу) в човні, який закріплено за нього в носовій частині, при відсутності на кормі кермового;

– при використанні маломірних човнів на причалі, з якого виходить човен, повинен вестися журнал реєстрації виходів плавзасобів на водні об'єкти, де фіксуються час виходу, час повернення, кількість працівників, район робіт, прізвище особи, яка відповідає за проведення робіт і прізвище особи, яка дозволила вихід човна (журнал має зберігатися на березі).

Після закінчення роботи, але перед поверненням на причал, з якого виходив човен, треба перерахувати кількість осіб у плавзасобі, їх кількість повинна бути така, як і перед початком роботи (виходом з причалу).

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 по 4-6 чоловік 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 веде щоденник практики, в якому відображає присутність студентів на практиці, стежить за виконанням правил техніки безпеки і участю студентів в усіх роботах. Прилади, 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, обладнання, бланкового матеріалу і навчально-методичної літератури бригадир заносить у свій щоденник. Кожна бригада, разом з викладачем, після отримання приладів, обладнання, бланкового матеріалу здійснює їх огляд і перевірку.

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

Для виконання геодезичних вимірювань і робіт одержуються всі необхідні прилади (засоби вимірювальної техніки) та обладнання (випробувальне і допоміжне), плавзасоби, такелаж і рятувальні засоби (для виконання польових робіт), бланковий матеріал і навчально-методична література тощо. Перед початком вимірювань обов'язково здійснюється огляд та підготовка приладів і обладнання, плавзасобів і такелажу та рятувальних засобів до виконання робіт.

Огляд, перевірку, юстировку (калібрування) та підготовку приладів і обладнання, плавзасобів і такелажу необхідно виконувати за методиками, які рекомендуються у відповідній літературі [9-11] та викладені нижче у наступному розділі цих методичних вказівок.

1.3.1 Обладнання плавзасобів при виконанні геодезичних вимірювань і робіт в акваторіях водних об'єктів

Всі самохідні плавзасоби в робочому стані повинні мати:

- а) справний корпус, який не має течії нижче і вище за ватерлінію;
- б) комплект необхідного для плавання такелажу та устаткування: весла, кочета, якорі, багри, приладдя у достатній кількості, необхідні прилади та інструменти для ремонту двигуна;
- в) справні водовідливні засоби: на малих човнах – це ковші, відра; на великих човнах і катерах – помпи, насоси;
- г) підручні ремонтні матеріали для тимчасового закладення пробоїн і тріщин, зокрема, пластир (прямокутний шматок брезенту, обшитий по краях мотузкою з петлями у кутах);
- д) необхідні рятувальні засоби;
- е) засоби судноплавної сигналізації;
- ж) аптечку для надання першої допомоги.

Всі маломірні човни повинні бути забезпечені наступним мінімумом рятувальних, водовідливних і протипожежних засобів:

- рятувальний круг (1 шт.);
- канат довжиною 25 м, прив'язаний до рятувального круга;
- рятувальні жилети (1 шт. на кожну людину);
- сокира (1 шт.);
- якір (2 шт.);
- ківш або відро (1 шт.);
- аптечка (1 шт.).

1.3.2 Загальний перелік приладів, обладнання, бланкових і витратних матеріалів для виконання геодезичних робіт і вимірювань на практиці

Перед початком виконання геодезичних робіт і вимірювань на практиці здійснюється отримання необхідних приладів та обладнання.

Загальний перелік приладів, обладнання та бланкових і витратних матеріалів тощо, необхідних для виконання геодезичних вимірювань і робіт під час навчальної практики, представлений нижче.

Транспортер геодезичний – 1 од.
Циркуль-вимірювач – 1 од.
Курвіметр – 1 од.
Стрічка землемірна ЛЗ-20 (або рулетка геодезична) – 1 од.
Комплект шпильок (6 шт.) до стрічки ЛЗ-20 – 1 комплект.
Бусоль ручна БШ-1 (або інша) – 1 од.
Теодоліт 2Т-30 (2Т-30П або інший) – 1 од.
Штатив для теодоліту – 1 од.
Віхи (тички) геодезичні – 6 од.
Комплект дерев'яних кілків (6 шт.) – 1 комплект.
Нівелір Н-3 (або інший) – 1 од.
Штатив для нівеліру – 1 од.
Рейка нівелірна РН-3-3000С (або інша) – 1 од.
Тимчасовий дерев'яний репер (хрестовина) – 1 од.
Урізний кілок або дерев'яна паля (довжиною 0,5 м) – 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.) – 2 шт.
Папір міліметровий (формат А-4) – до 10 арк.
Папір білий (формат А-4) – до 100 арк.
Папір білий (формат А-3) – до 5 арк.
Книжка гідрологічна КГ-2М(н) – 1 шт. (див. **Додаток А**)
Книжки геодезичні КГ-64, КГ-65 – 2 шт. (див. **Додаток А**)
Журнал кутомірних вимірювань теодолітом – 1 шт.
Папка картонна (або пластикова) для зшивання звіту – 1 шт.
Годинник – 1 од.
Календар – 1 шт.
Аптечка (автомобільна або інша) – 1 шт.
Даний перелік може дещо змінюватися та/або доповнюватися.

Для виконання вимірювань в акваторіях водних об'єктів додатково отримують обладнання та устаткування, перелік якого наведений нижче.

Човен з пайолами, сидіннями і кріпленнями для ліня (рис. 1.1) – 1 од.

Комплект весел (2 весла) – 1 комплект.

Якір пальовий (рис. 1.2) – 1 шт.

Якір адміралтейський з лінем довжиною 25 м (рис. 1.3) – 2 шт.

Сокира – 1 шт.

Рятувальний круг (з лінем довжиною до 25 м) – 1 од.

Рятувальні жилети – 1 шт. (на кожну людину).

Черпак (ківш) – 1 шт.

Чоботи резинові – 1 пара (на кожну людину).

Розмічений плавучий ланцюг (довжиною 50 м) – 1 комплект.

Рейка водомірна переносна РВП-III-49 – 1 од.

Штанга гідрометрична розкладна (довжиною 3 м) – 1 од.

Вантаж рибоподібної форми (вагою 5 кг або 10 кг) – 1 од.

Лот механічний (гідрометрична лебідка) ПИ-23 («Нева») – 1 од.

Апаратура супутникової навігації GPS72 фірми Garmin – 1 од.

Ехолот електронний Fishfinder 250 фірми Garmin – 1 од.

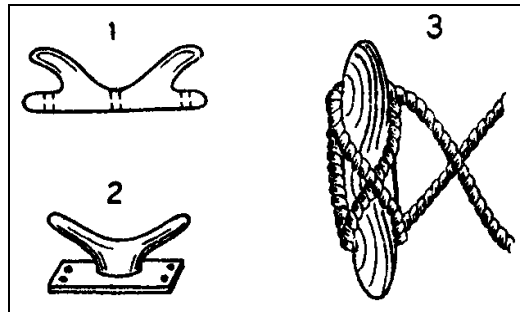


Рисунок 1.1 – Кріплення у човні для ліня (станового тросу):

1 – вудка; 2 – мушка; 3 – вудка з накладеною вісімкою

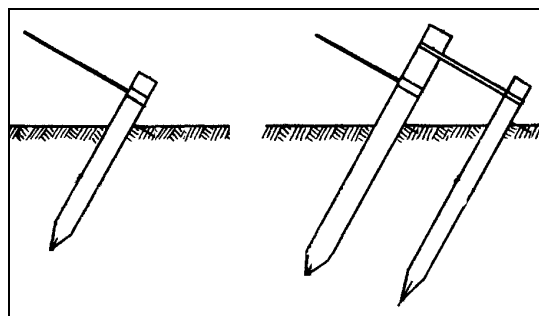


Рисунок 1.2 – Пальові якорі (анкери)

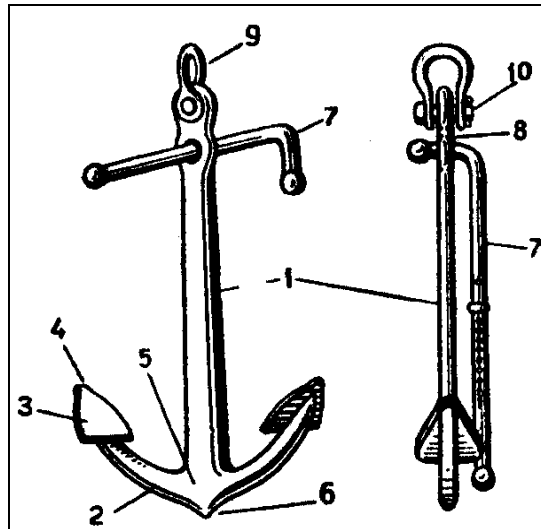


Рисунок 1.3 – Адміралтейський якір:

1 – веретено; 2 – ріг; 3 – лапа; 4 – носок; 5 – тренд; 6 – п'ятка;
7 – шток; 8 – шийка; 9 – скоба; 10 – болт

Звітний матеріал до розділу 1:

1) розділ звіту з навчальної практики «1 Організаційно-підготовчі роботи» з наступними матеріалами:

- контрольний лист інструктажу та заліку;
- контрольний лист одержання приладів, обладнання, бланкових та інших матеріалів;

2) щоденник практики, заповнений за 1-й робочий день.

2 ПЕРЕВІРКА, ЮСТИРУВАННЯ, КОМПАРУВАННЯ ТА ІНШІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГОТОВНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ І ОБЛАДНАННЯ

Перевіркою приладу 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. Тому використання неперевіраних геодезичних приладів суворо заборонено. Сама ж перевірка складається з трьох основних складових: власне геометричної умови при дотриманні якої, забезпечується належна точність вимірювань, перевірки відповідності приладу цій умові, а також (у випадку невідповідності геометричній умові) порядку юстування (виправлення) приладу з метою усунення існуючих технічних невідповідностей. Перевірки виконують лише за певних умов зовнішнього середовища та в суворій послідовності.

Результати перевірки геодезичних приладів слід подавати в такій послідовності: 1) назва перевірки; 2) геометрична умова, що перевіряється; 3) виконання перевірка; 4) виправлення (юстування) приладу.

Умови проведення 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 більшою 3°C за годину;

в) відносна вологість повинна бути не більшою 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.

2.1 Перевірки та юстирування теодоліта

Перед виконанням вимірів будь-який теодоліт необхідно перевірити.

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

На виробництві під час проведення перевірок використовують паспорт теодоліта, який входить до комплекту будь-якого приладу. Для теодолітів серії Т30 точність відліку становить 30". Для даних теодолітів проводять наступні основні перевірки, які викладені нижче.

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

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

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

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

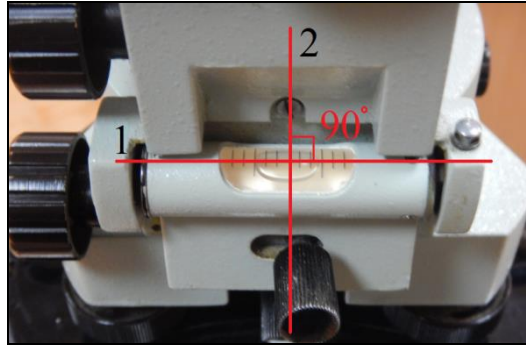


Рисунок 2.1 – Перевірка перпендикулярності осі циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга (1) до вертикальної осі обертання теодоліта (2)

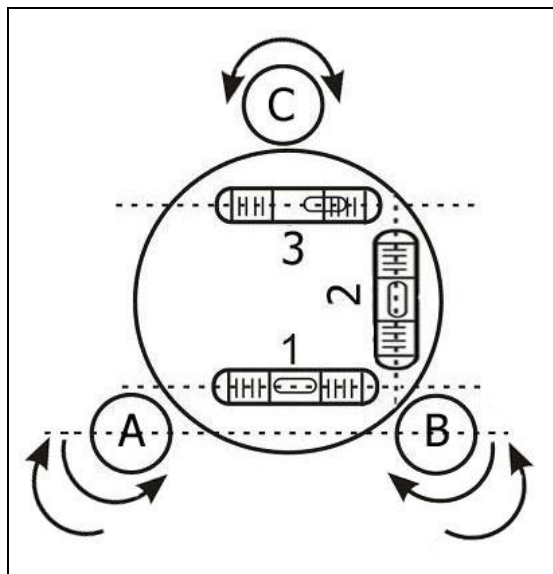


Рисунок 2.2 – Перевірка циліндричного рівня при алідаді горизонтального круга теодоліта: 1, 2, 3 – положення циліндричного рівня між піднімальними гвинтами А, В та С; стрілки – напрямки обертання гвинтів

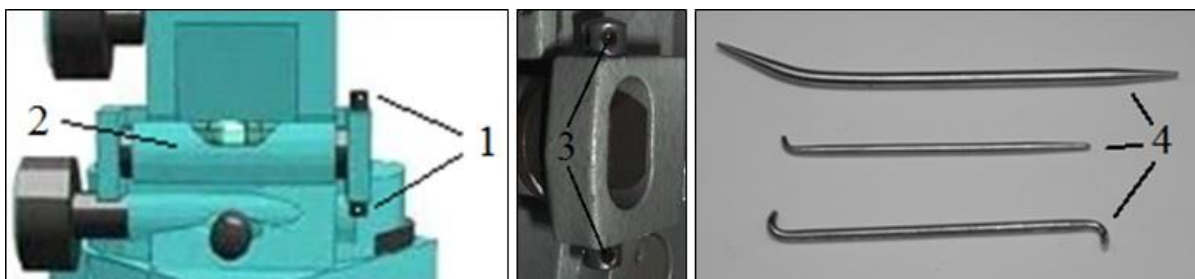


Рисунок 2.3 – Виправні гвинти циліндричного рівня при алідаді теодоліта: 1 – циліндричний рівень; 2 – виправні (юстувальні) гвинти; 3 – отвори для шпильок; 4 – шпильки для юстування

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

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

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

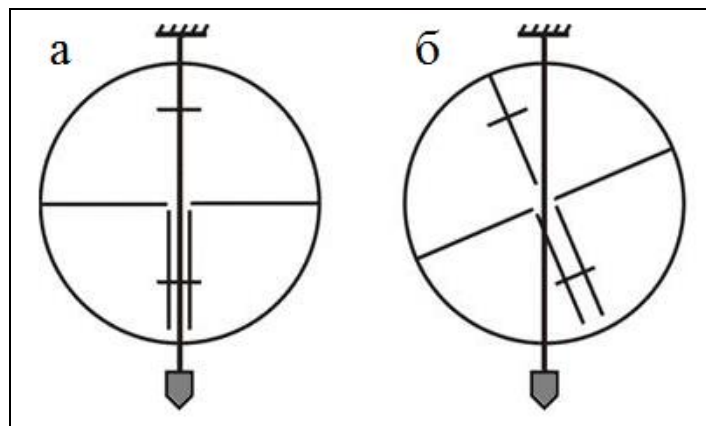


Рисунок 2.4 – Перевірка сітки ниток:
а – перевірка виконана; б – перевірка не виконана

Згідно з паспортом теодоліту дану перевірку також можна виконати наступним способом. Закріплюють теодоліт на штативі і приводять прилад у робоче положення. Наводять зорову трубу на візирну 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. 2.5).

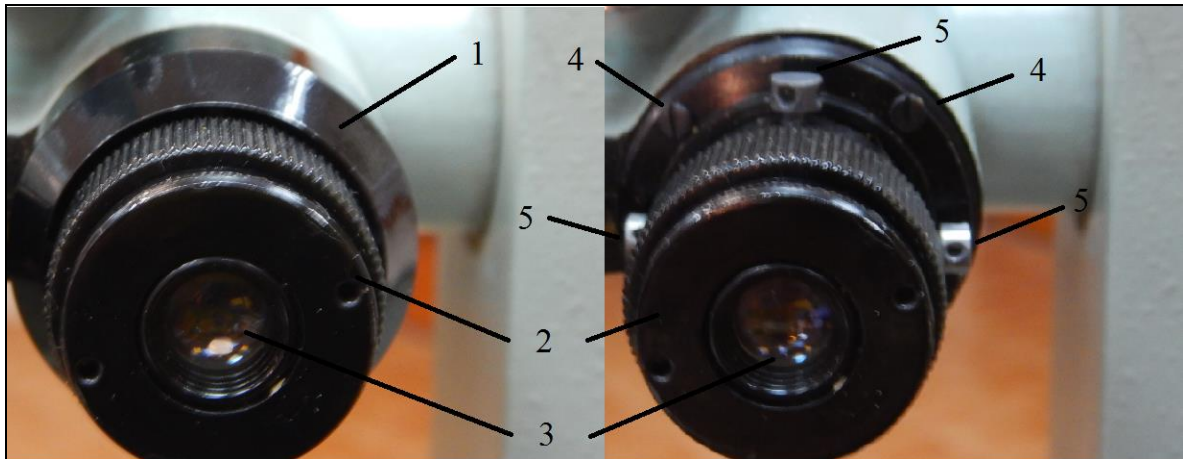


Рисунок 2.5 – Юстування сітки ниток шляхом повороту діафрагми сітки ниток:

- 1 – ковпачок в окулярній частині зорової труби; 2 – діоптрійне кільце;
 3 – окуляр зорової труби; 4 – закріпні гвинти діафрагми сітки ниток;
 5 – вертикальні та горизонтальні виправні гвинти сітки ниток

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

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

Після виправлення перевірку повторюють знову.

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

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

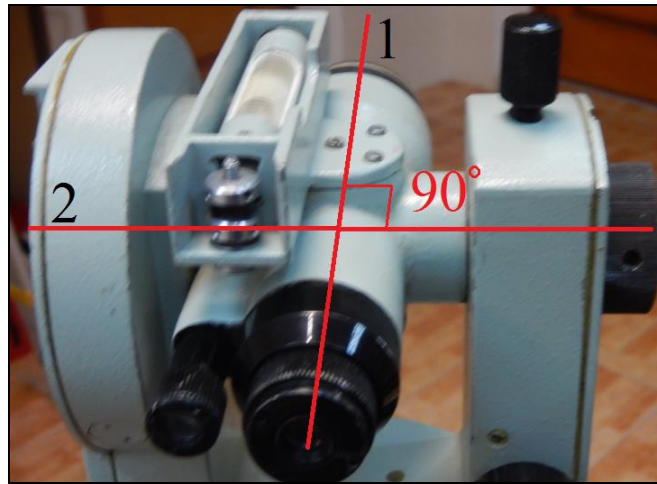


Рисунок 2.6 – Перевірка перпендикулярності візирної осі зорової труби до осі обертання зорової труби (або визначення колімаційної похибки):

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

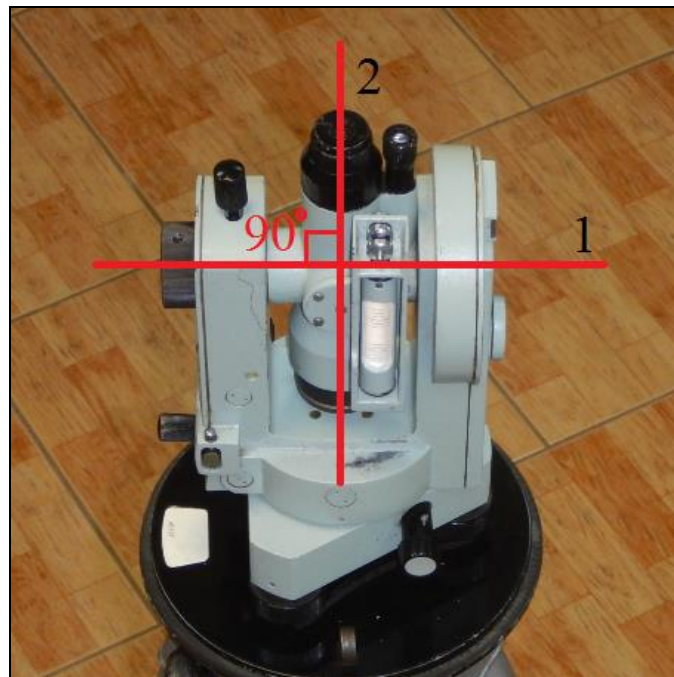


Рисунок 2.7 – Перевірка перпендикулярності горизонтальної осі обертання зорової труби до вертикальної осі теодоліта: 1 – горизонтальна вісь обертання зорової труби теодоліта; 2 – вертикальна вісь теодоліта

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

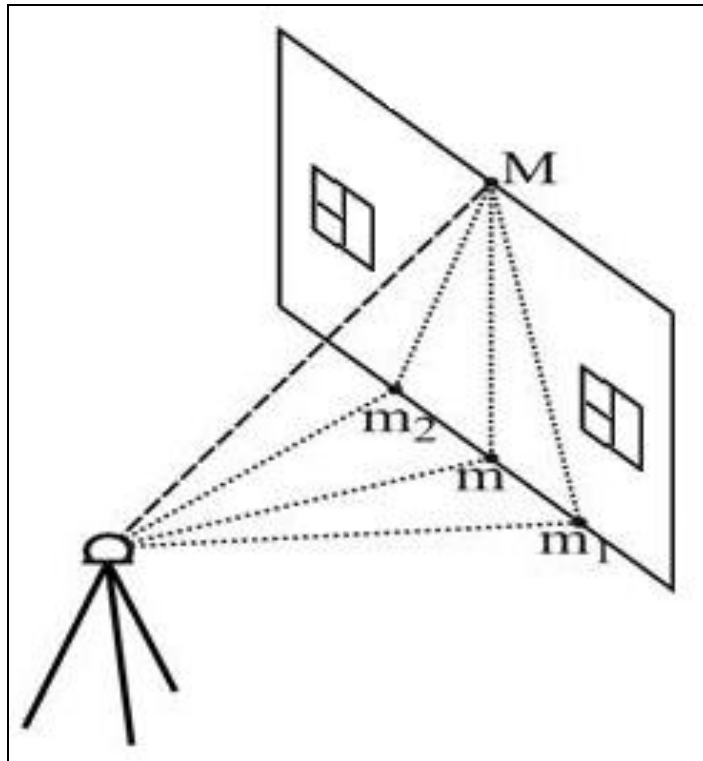


Рисунок 2.8 – Схема виконання перевірки перпендикулярності горизонтальної осі обертання зорової труби до вертикальної осі теодоліта

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).

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

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

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

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

Примітка до перевірки 4. Якщо вимірювання виконуються повними прийомами, тобто при двох положеннях вертикального круга теодоліта – КЛ та КП, то нахил горизонтальної осі не впливає на результати вимірювань і в теодолітах, які знаходяться в експлуатації, його значення допускають до 1'.

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

До перевірок теодоліту також відносять знаходження місця нуля. Місце нуля (M0) – це відлік за вертикальним кругом, коли візирна вісь зорової труби горизонтальна і бульбашка циліндричного рівня при вертикальному крузі (ВК) знаходиться в нуль-пункті (тобто, візирна вісь зорової труби і вісь циліндричного рівня при ВК горизонтальні).

Виконання перевірки здійснюється наступним чином. Встановлюють теодоліт на місцевості і приводять у робоче положення. Вибирають на місцевості чітко видиму точку і наводять центр сітки ниток на цю точку при двох положення ВК. При цьому необхідно зафіксувати положення нулів алідади вертикального круга. В залежності від конструкції теодоліта, нулі фіксуються за допомогою циліндричного рівня при ВК, компенсатора (пристрою для встановлення нулів алідади у відповідне положення). Для деяких конструкцій теодолітів за допомогою циліндричного рівня при горизонтальному крузі. Маючи два відліки з ВК, а саме КЛ і КП, в залежності від конструкції теодоліта і оцифрування вертикального круга, обчислюють значення M0. Для теодоліта 2Т30П:

$$M0 = (КЛ + КП) / 2. \quad (2.3)$$

При незначних значеннях M0 (до 1' – для теодолітів серії Т30) – він враховується в обчисленнях вертикальних кутів:

$$v = КЛ - M0 \quad \text{та/або} \quad v = M0 - КП. \quad (2.4)$$

При великих значеннях M0 (більше 1' – для теодолітів серії Т30) встановлюють відлік v за допомогою навідного гвинта вертикального круга. Сітка ниток при цьому зійде з точки наведення вверх чи вниз. Для юстування знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби (рис. 2.5), послабивши горизонтальні виправні гвинти, вертикальними виправними гвинтами сітки ниток наводять її центр на ту ж саму точку при відліку v .

Після юстування необхідно знову повторити перевірку M0 і колімаційної похибки. Допустимі значення M0 вказуються в паспорті теодоліту. При визначенні M0 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. 2.1).

Таблиця 2.1 – Зразок оформлення результатів перевірки та юстування (виправлення) теодоліта 2Т30П

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

Продовження табл. 2.1

<u>Результати виконання перевірки 3</u> – візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярна до осі обертання зорової труби (визначення колімаційної похибки), <u>та юстування (виправлення) теодоліта</u>	
Перевірка	
Відлік з горизонтального круга при $KП$ =	$248^{\circ}37'$
Відлік з горизонтального круга при KL =	$68^{\circ}41'$
$c = (KL - КП \pm 180^{\circ})/2 =$	$2'$
Граничне значення колімаційної похибки: $c_{сп} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $c \leq c_{сп}$:	$2' > 1'$
Висновок:	<i>Потрібне юстування</i>
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік: $KL_0 = KL - c =$	$68^{\circ}39'$
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік з горизонтального круга при $KП$ =	$248^{\circ}37'$
Відлік з горизонтального круга при KL =	$68^{\circ}39'$
$c = (KL - КП \pm 180^{\circ})/2 =$	$1'$
Граничне значення колімаційної похибки: $c_{сп} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $c \leq c_{сп}$:	$1' = 1'$
Висновок:	<i>Умова виконана: $c \leq c_{сп}$</i>
<u>Результати виконання перевірки 4</u> – горизонтальна вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі теодоліта	
Висновок:	<i>Умова виконана</i>
<u>Результати виконання перевірки 5</u> – місце нуля вертикального круга повинно бути постійним і близьким до нуля, <u>та юстування (виправлення) теодоліта</u>	
Перевірка	
Відлік з вертикального круга при $KП$ =	$-15^{\circ}25'$
Відлік з вертикального круга при KL =	$15^{\circ}29'$
$MO = (КП + KL) / 2 =$	$2'$
Граничне значення колімаційної похибки: $MO_{сп} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $MO \leq MO_{сп}$:	$2' > 1'$
Висновок:	<i>Потрібне юстування</i>
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік: $v = KL - MO =$	$15^{\circ}27'$
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік з вертикального круга при $KП$ =	$-15^{\circ}25'$
Відлік з вертикального круга при KL =	$15^{\circ}27'$
$MO = (КП + KL) / 2 =$	$1'$
Граничне значення колімаційної похибки: $MO_{сп} = 30'' \times 2 =$	$1'$
Перевірка умови $MO \leq MO_{сп}$:	$1' = 1'$
Висновок:	<i>Умова виконана: $MO \leq MO_{сп}$</i>
Стор. 2 з 2	

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

2.2 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.

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

Перевірка 1. Вісь круглого (сферичного) рівня KK_1 повинна бути паралельною осі обертання нівеліра ZZ_1 (рис. 2.9 та 2.10).

За допомогою трьох піднімальних гвинтів нівеліру (спочатку А та В, а потім – С) бульбашку круглого рівня приводять в нуль-пункт (рис. 2.11, положення 1). Повертають нівелір на 180° (рис. 2.11, положення 2). Якщо бульбашка залишилась на середині (рис. 2.12, а), то перевірка виконана, а якщо виходить з середини круга (рис. 2.12, б), то виконують виправлення.

Для виправлення бульбашку повертають до нуль-пункту на половину дуги відхилення виправними гвинтами круглого рівня за допомогою шпильки (рис. 2.13), а решту – піднімальними гвинтами.

Після виправлення дану перевірку нівеліра повторюють знову.

Перевірка 2. Перевірка правильності встановлення сітки ниток.

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

Встановлюють нівелір в робоче положення. На віддалі 20-30 м від приладу підвішують висок і наводять на нитку виска вертикальну нитку сітки, яка повинна збігатися з ним, тоді умова виконується (рис. 2.14, а).

Якщо вертикальна нитка сітки ниток не співпадає з ниткою виска (рис. 2.14, б), то виконують виправлення.

Юстування рекомендується виконувати в приміщенні. Для цього знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби (рис. 2.15, а, б) і відпускають три закріпні гвинти (рис. 2.15, в, г), за допомогою яких кріпиться окуляр до труби.

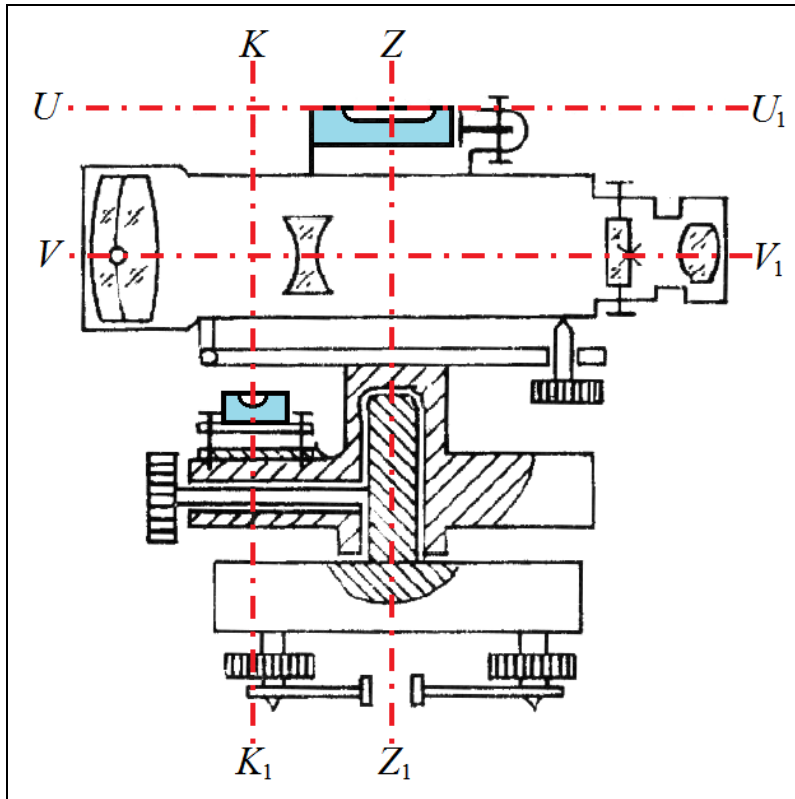


Рисунок 2.9 – Схема основних осей нівеліра Н-3:
 VV_1 – візирна (основна) вісь труби; ZZ_1 – вертикальна вісь обертання нівеліра; UU_1 – вісь циліндричного рівня; KK_1 – вісь круглого рівня



Рисунок 2.10 – Перевірка паралельності осі круглого (сферичного) рівня до осі обертання нівеліра: 1 – вісь круглого рівня; 2 – вісь обертання нівеліра

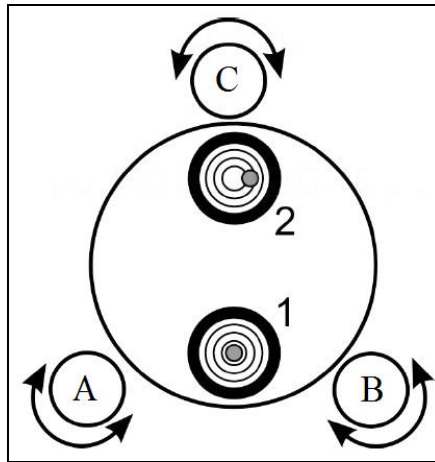


Рисунок 2.11 – Перевірка круглого рівня нівеліра



Рисунок 2.12 – Результати перевірки круглого рівня нівеліра:
а – умова виконана; б – умова не виконана



Рисунок 2.13 – Виправлення круглого рівня за допомогою шпильки

Після цього повертають сітку ниток так, щоб вертикальна нитка співпадала з лінією виска (рис. 2.15, д). Не закріплюючи гвинтів перевіряють положення сітки ниток (рис. 2.15, ж). При збіганні ниток закріплюють гвинти та ковпачок в окулярній частині зорової труби. Після виправлення перевірку повторюють.

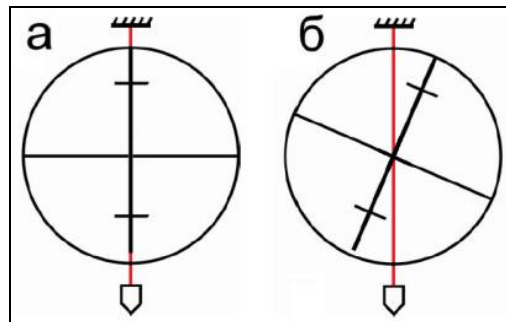


Рисунок 2.14 – Перевірка правильності встановлення сітки ниток:
а – умова виконана; б – умова не виконана

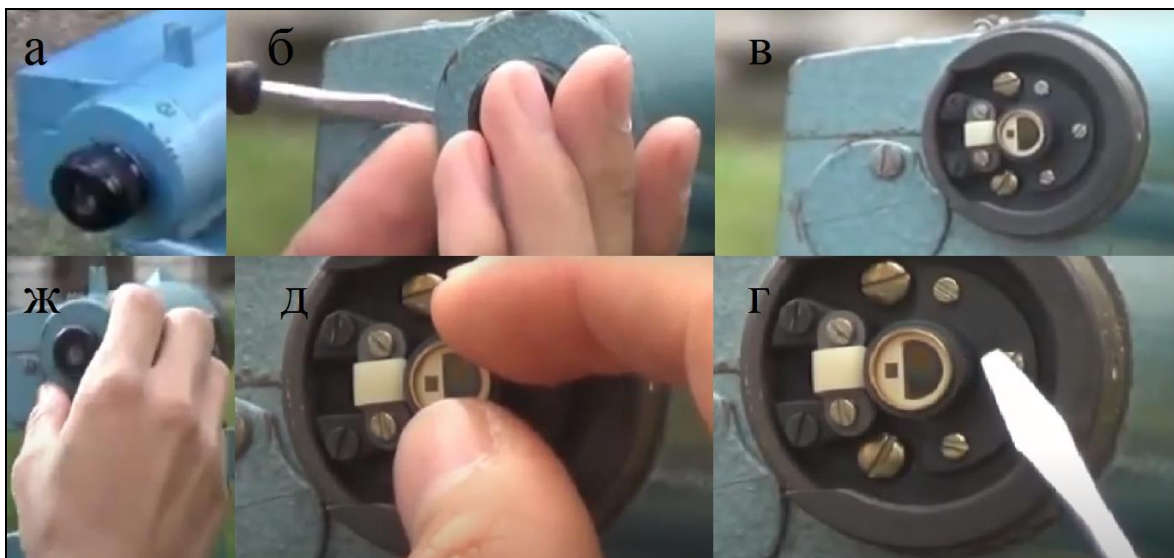


Рисунок 2.15 – Виправлення сітки ниток: а, б, в, г, д, ж – етапи юстування

Перевірка 3. Перевірка головної умови нівеліра.

Вісь циліндричного рівня UU_1 повинна бути паралельною візирній осі зорової труби VV_1 . Для перевірки цієї умови використовують два способи (прийоми), які викладені нижче за текстом. В обох способах з використанням приладів для лінійних вимірювань на відстані 50-75 м в точках А і В (рис. 2.16 та 2.17) забивають кілочки з цвяхами, що мають капелюхи з сферичною поверхнею (або іншим способом фіксують точки).

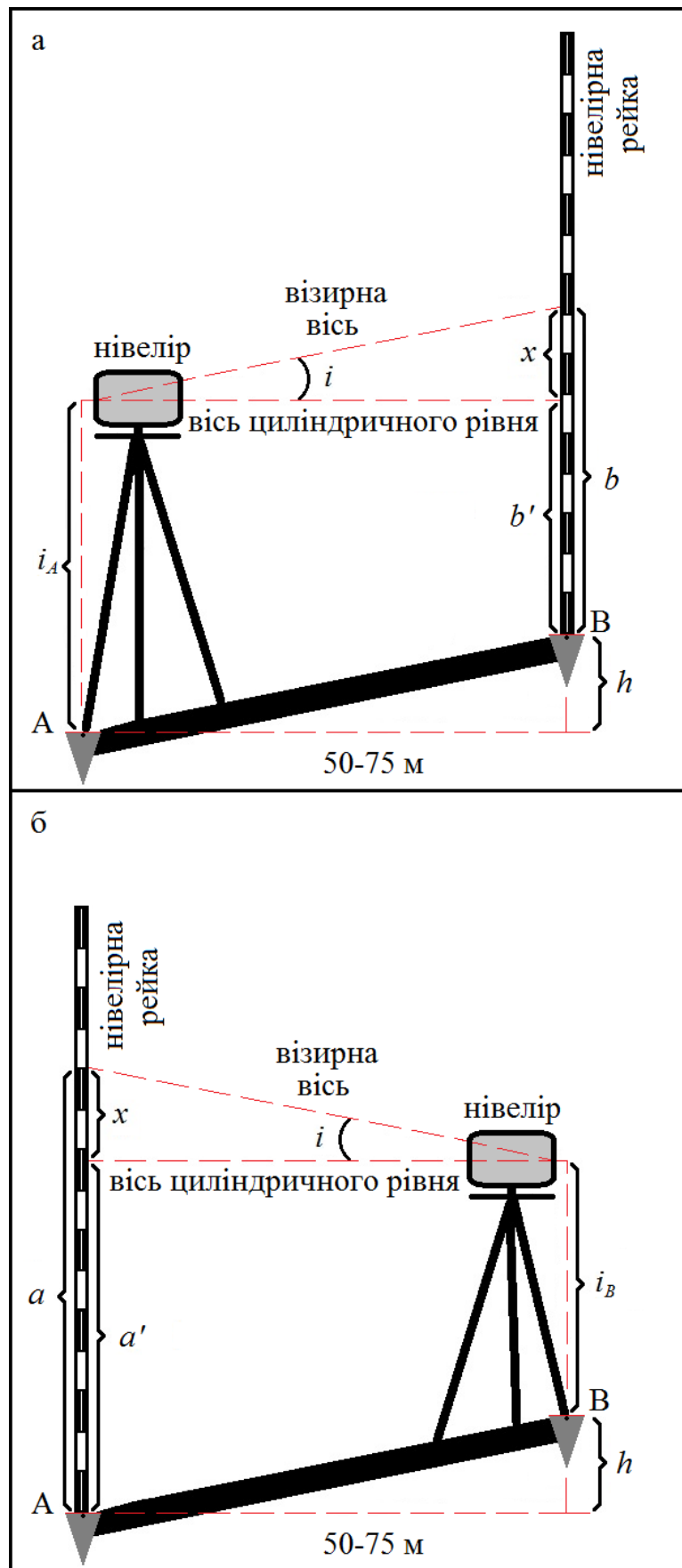


Рисунок 2.16 – Схема перевірки головної умови нівеліра першим способом

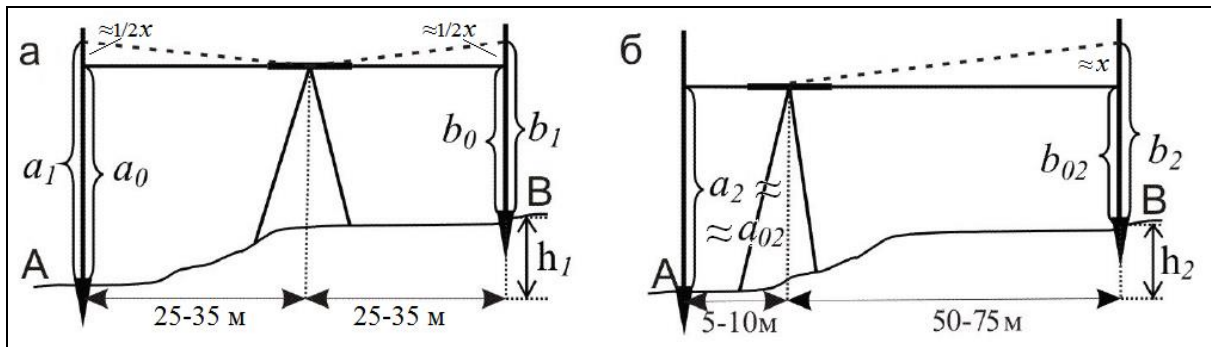


Рисунок 2.17 – Схема перевірки головної умови нівеліра другим способом: а – нівелювання при рівності плечей; б – нівелювання при нерівності плечей

Спосіб 1. Згідно з паспортом нівеліра Н-3 перевірку виконують подвійним нівелюванням точок А і В способом «вперед».

Спочатку нівелір Н-3 встановлюють у робоче положення в точці А (рис. 2.16, а) так, щоб окуляр зорової труби був в притул до рейки. Вимірюють висоту нівеліра i_A . Потім беруть відлік b з чорного боку рейки, встановленої в точці В.

Міняють місцями нівелір і рейку (рис. 2.16, б). Після встановлення нівеліра у робоче положення в точці В спочатку, не змінюючи фокус зорової труби, беруть відлік a з чорного боку рейки, встановленої в точці А, а далі вимірюють висоту нівеліра i_B .

Якщо візирна вісь зорової труби і вісь циліндричного рівня не паралельні та складають між собою в проекції на прямокутну площину деякий кут i (рис. 2.16), то відліки a і b будуть помилковими на якусь величину x .

З рис. 2.16 видно, що безпомилкові (справжні) відліки з рейок, відповідно будуть дорівнювати:

$$a' = a - x \quad \text{та} \quad b' = b - x. \quad (2.5)$$

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

$$\begin{aligned} h &= i_A - b' = i_A - (b - x) - \text{на станції А,} \\ & \\ h &= a' - i_B = (a - x) - i_B - \text{на станції В.} \end{aligned} \quad (2.6)$$

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

$$i_A - (b - x) = (a - x) - i_B, \quad (2.7)$$

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

$$x = 0,5 \cdot [(a + b) - (i_A + i_B)]. \quad (2.8)$$

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

Кут i (рис. 2.16) обчислюється за формулою:

$$i = \rho'' \cdot x / 2d, \quad (2.9)$$

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

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

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

$$a' = a \pm x. \quad (2.10)$$

При цьому зображення кінців циліндричного рівня розійдуться. Виправними гвинтами рівня сполучають зображення кінців пухирця рівня.

Після цього перевірку повторюють.

Перевірку нівеліру виконують до тих пір доки x не буде менше 4 мм, а величина кута i – менше $10''$.

Спосіб 2. Перевірка виконується подвійним нівелюванням двох точок на відстані одна від одної приблизно 50-75 м (рис. 2.17).

Нівелір встановлюють посередині між точкам А і В, приводять у робоче положення та знімають відліки з чорних боків рейок, встановлених на цих точках – $a_{1\text{чорн}}$ і $b_{1\text{чорн}}$ за середнім штрихом сітки ниток (рис. 2.17, а).

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

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:

$$h_{1\text{чорн}} = a_{1\text{чорн}} - b_{1\text{чорн}} \quad \text{та} \quad h_{1\text{черв}} = a_{1\text{черв}} - b_{1\text{черв}}. \quad (2.11)$$

За остаточне значення перевищення h_1 беруть середнє:

$$h_1 = (h_{1\text{чорн}} + h_{1\text{черв}})/2. \quad (2.12)$$

Після цього нівелір переносять ближче до задньої рейки так, щоб відстань до неї була приблизно 5-10 м (рис. 2.17, 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:

$$h_{2\text{чорн}} = a_{2\text{чорн}} - b_{2\text{чорн}} \quad \text{та} \quad h_{2\text{черв}} = a_{2\text{черв}} - b_{2\text{черв}}. \quad (2.13)$$

За остаточне значення перевищення h_2 беруть середнє:

$$h_2 = (h_{2\text{чорн}} + h_{2\text{черв}})/2. \quad (2.14)$$

Перевищення h_1 , визначене нівелюванням з середини при рівності плечей, є правильним (рис. 2.17, а):

$$h_1 = a_1 - b_1 = (a_0 + 1/2x) - (b_0 + 1/2x) = a_0 - b_0. \quad (2.15)$$

Різницю перевищень (похибку) x обчислюють за формулою:

$$x = h_1 - h_2. \quad (2.16)$$

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:

$$b_{02\text{чорн}} = a_{2\text{чорн}} - h_1 \quad \text{або} \quad b_{02\text{чорн}} = b_{2\text{чорн}} - x. \quad (2.17)$$

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

Виконання цієї перевірки зручно виконувати та оформляти у вигляді табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Приклад перевірка головної умови нівеліра Н-3

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

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

Згідно з даними табл. 2.2 умова перевірки $|x| \leq 4$ мм не виконується:

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

Тому обчислюємо безпомилковий відлік:

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

Здійснюємо контроль обчислення безпомилкового відліку:

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

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

Результати перевірки та юстування нівеліра з циліндричним рівнем при зоровій трубі заносять у таблицю встановленого зразка (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Зразок оформлення результатів перевірки та юстування (виправлення) нівелірів з циліндричним рівнем при зоровій трубі

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

Продовження табл. 2.3

Результати виконання перевірки 3 (перевірки головної умови) та юстування (виправлення) нівеліра	
<p><u>Схема перевірки головної умови нівеліра:</u> I – перший етап (нівелювання при рівності плечей); II – другий етап (нівелювання при нерівності плечей)</p>	
<u>Результати виконання:</u>	
Перший етап перевірки (нівелювання при рівності плечей)	
Відлік по рейці в точці A , мм: $a_1 =$	<i>1362</i>
Відлік по рейці в точці B , мм: $b_1 =$	<i>1377</i>
Перевищення між точками A та B , мм: $h_1 = a_1 - b_1 =$	<i>-15</i>
Другий етап перевірки (нівелювання при нерівності плечей)	
Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	<i>1399</i>
Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	<i>1419</i>
Перевищення між точками A та B , мм: $h_2 = a_2 - b_2 =$	<i>-20</i>
Похибка, мм: $x = h_1 - h_2 =$	<i>+5</i>
Висновок:	<i>Потрібне юстування</i>
Юстування (виправлення)	
Виправлений відлік по рейці в точці B , мм: $b_{2,0} = b_2 - x =$	<i>1414</i>
Результат виконання перевірки після юстування	
Відлік по рейці в точці A , мм: $a_2 =$	<i>1399</i>
Відлік по рейці в точці B , мм: $b_2 =$	<i>1414</i>
Перевищення між точками A та B , мм: $h_2 = a_2 - b_2 =$	<i>-15</i>
Похибка, мм: $x = h_1 - h_2 =$	<i>0</i>
Висновок:	<i>Умова виконана: $x = 0 \leq 4$ мм</i>
Стор. 2 з 2	

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

2.3 Перевірки та дослідження нівелірних рейок

Для нівелювання III і IV класів застосовують шашкові нівелірні рейки (рис. 2.18). Їх роблять з сухих дерев'яних брусків (1) довжиною 3 м, шириною 10 см і товщиною 2 см.

Щоб рейки не деформувались, до їх бокових ребер прикручують бортики (2).

Основа рейки має металеву окову, яка називається п'яткою (6).

Рейки мають дві ручки (3) і круглий рівень (5).

Для їх перевірки на рейках установлені кронштейни і цілики (4).

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

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

В комплект входить дві рейки, в яких на червоних сторонах нулі не збігаються на ± 100 мм. Написи дециметрових інтервалів робляться арабськими цифрами.

Залежно від типу нівелірів, з якими буде використаний даний комплект рейок, оцифровка є пряма і обернена.

Пряма оцифровка застосовується тоді, коли зорова труба нівеліра дає пряме зображення (NiB3-6, №007, Ni025 і Ni050 та інші).

Обернена оцифровка застосовується, як правило, при роботі з нівелірами з циліндричним рівнем (Н-3, Н-10 та інші).

Рейки бувають суцільні, складні та розкладні. Їх поділяють за точністю нівелювання. Наприклад, шифр РН-10П-3000С означає, що ця рейка нівелірна зі шкалою поділу 10 мм, підпис цифр «прямо», довжина 3000 мм, складна.

Під час нівелювання рейки встановлюють на переносні опори для нівелірних рейок – башмаки або костилі (рис. 2.19).

Якщо виконується технічне нівелювання, то замість башмаків і костилів дозволяється використовувати прості залізні костилі або дерев'яні кілки довжиною 15-20 см.

На нестійких ґрунтах, особливо в болотистих місцях, рейки і нівелір ставлять на довші кілки, забиваючи їх у ґрунт.

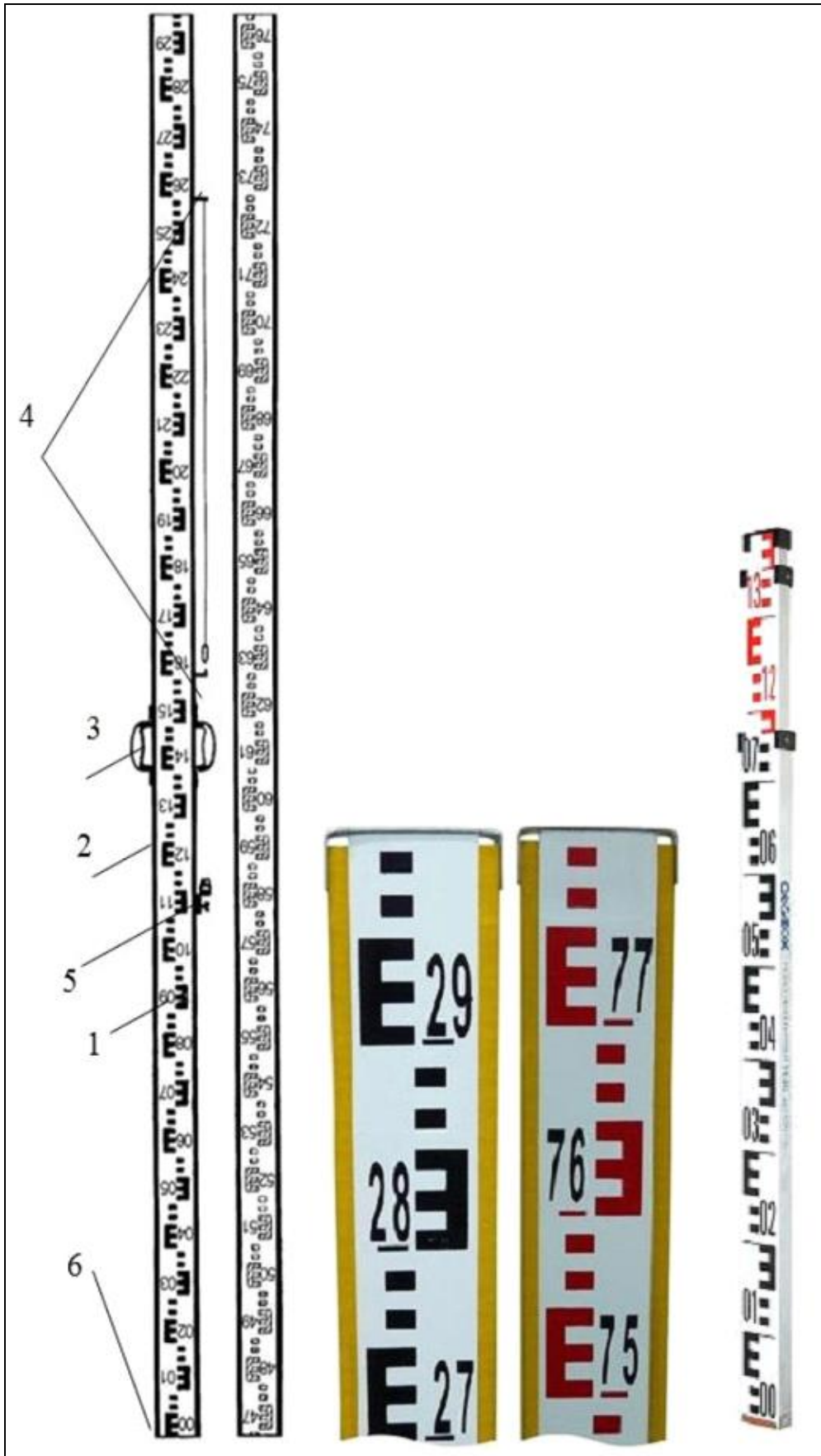


Рисунок 2.18 – Нівелірна рейка (пояснення до позначень 1-6 у тексті)



Рисунок 2.19 – Переносні опори для нівелірних рейок
(башмаки та костиль)

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

1. Перевірка зовнішнього огляду.

Перевірку здійснюють шляхом огляду, при цьому встановлюють:

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

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

2. Вісь шкали поділок рейки має бути прямою.

Для перевірки цієї умови рейку кладуть горизонтально на ребро, між крайніми осьовими точками шкали натягають металеву струну або нитку, відносно якої лінійкою з міліметровими поділками вимірюють три відстані a_1 , a_2 і a_3 (рис. 2.20).

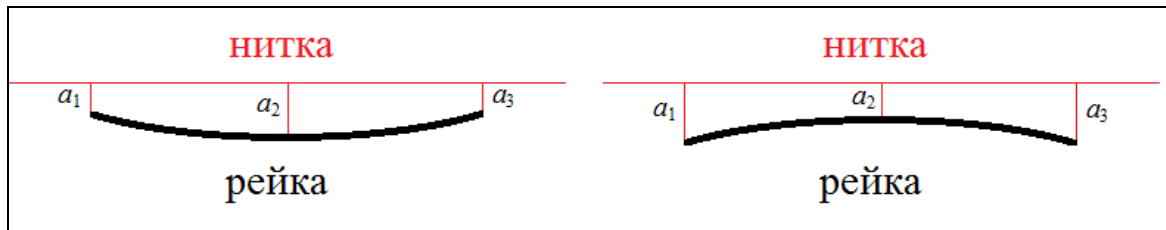


Рисунок 2.20 – Схема визначення стрілки прогину рейки

Стрілку f прогину обчислюють за формулою:

$$f = a_2 - (a_1 + a_3)/2. \quad (2.18)$$

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

3. Перевірка установки круглого рівня.

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

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

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

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

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

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

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

5. Дослідження точності нанесення дециметрових поділок.

Дане дослідження полягає у визначенні правильності нанесення дециметрових поділок (довжини дециметрових інтервалів) рейок. Помилка нанесення дециметрових інтервалів не повинна перевищувати $\pm 0,5$ мм для нівелювання III класу та $\pm 1,0$ мм для нівелювання IV класу. Для дослідження використовують контрольну (Женевську) лінійку (рис. 2.21).

Контрольна (Женевська) лінійка (рис. 2.21) має наступні основні характеристики:

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

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

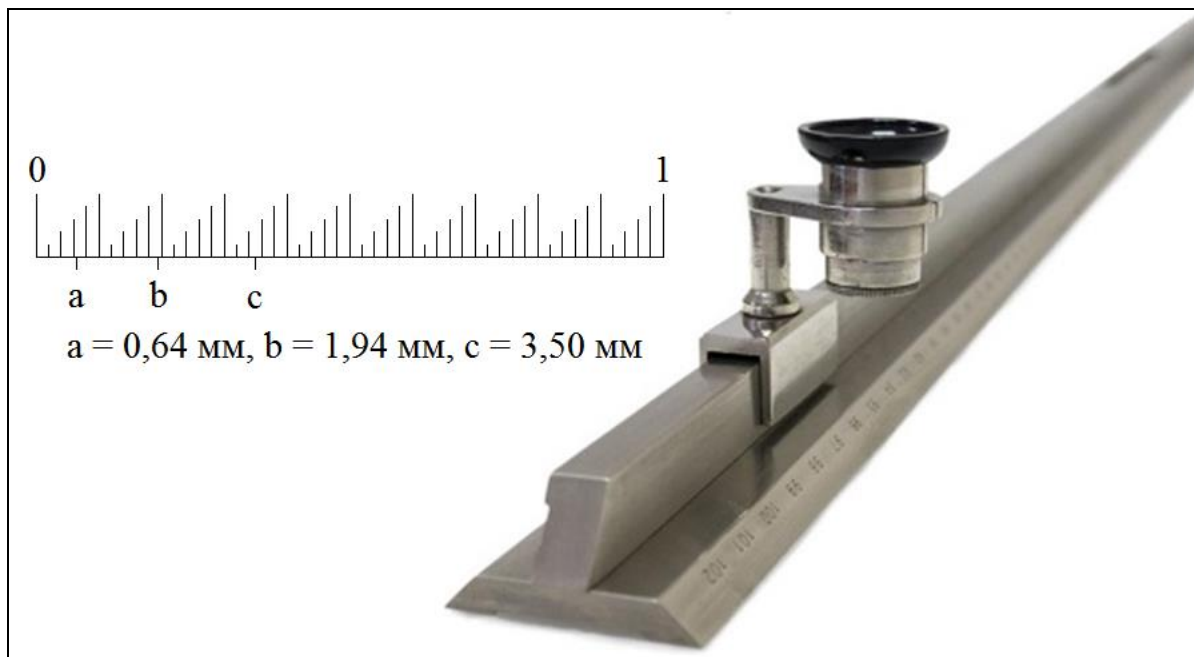


Рисунок 2.21 – Контрольна лінійка (Женевська лінійка) з числовими позначеннями довжини через 1 см та поділками через 0,2 мм

Дослідження виконують по інтервалах рейок (табл. 2.4): на чорних сторонах між поділками 1-10, 10-20, 20-29 дм; на червоній стороні першої рейки –47-56, 56-66, 66-75 дм і другої рейки – 48-57, 57-67, 67-76 дм.

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

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

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

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

Для дослідження довжини дециметрових інтервалів нівелірних рейок можуть бути також використані лінійка ЛПМ-1, геодезичний транспортир ТГ-А та циркуль-вимірник (рис. 2.22), які дозволяють визначати довжину з точністю 0,2 мм (точність встановлення голки циркуля-вимірника).

Таблиця 2.4 – Перевірка правильності нанесення дециметрових поділок дерев'яної рейки

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

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

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

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

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

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

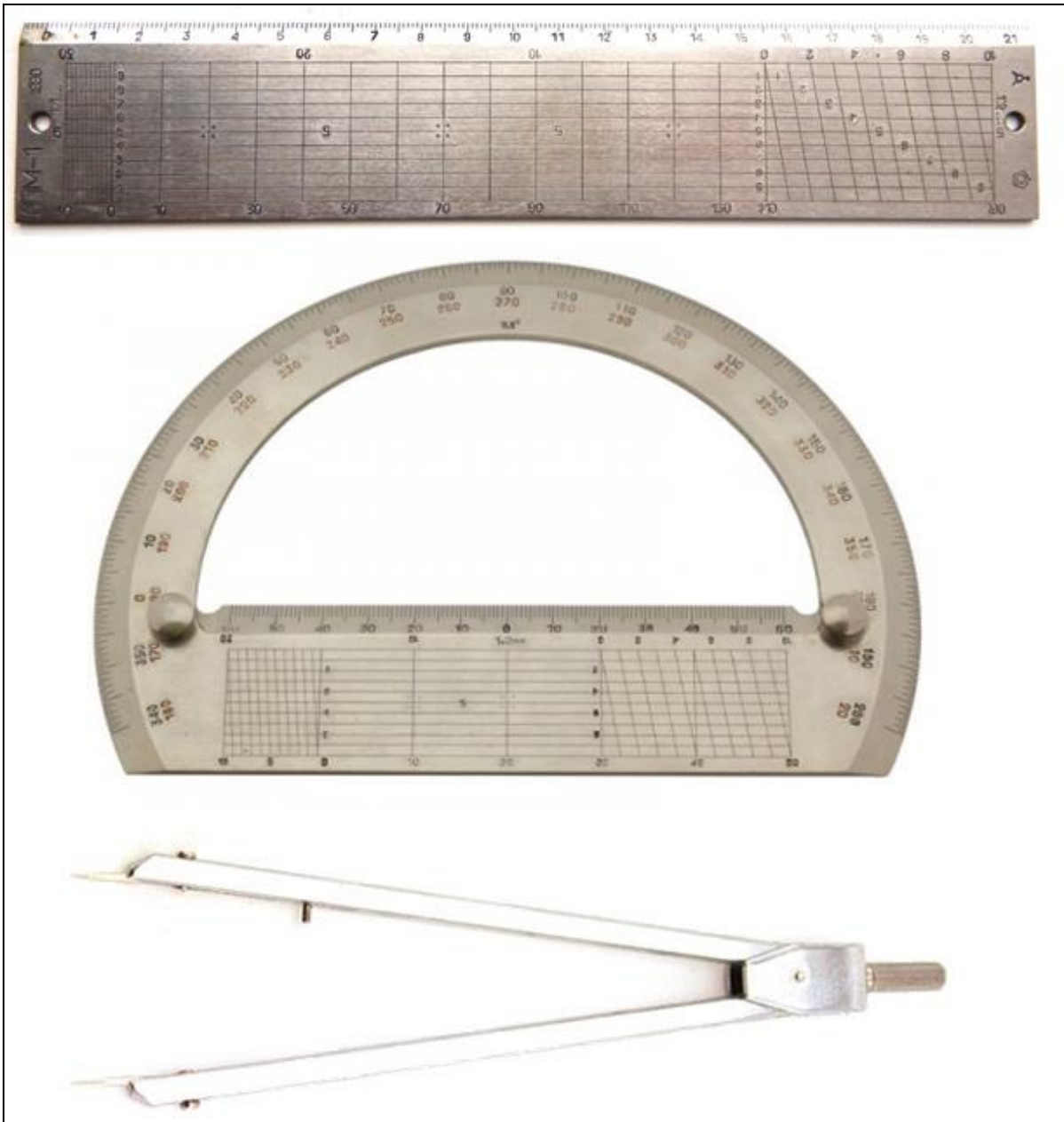


Рисунок 2.22 – Лінійка ЛПМ-1 (зверху), геодезичний транспорт ТГ-А (посередині) та циркуль-вимірник (знизу)

6. Визначення середньої довжини одного метра пари рейок.

Дослідження виконують за інтервалами рейок (табл. 2.5): на чорних сторонах між поділками 1-10, 10-20, 20-29 дм; на червоній стороні першої рейки – 47-56, 56-66, 66-75 дм; другої рейки – 48-57, 57-67, 67-76 дм (в прямому і зворотному напрямках, обертаючи лінійку повертають на 180°. Перед кожним ходом записують температуру за термометром лінійки. Кожний інтервал вимірюють двічі, для цього лінійку після відліку через лупу трохи зсувають і знову беруть відліки.

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

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

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

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

Таблиця 2.5 – Визначення середньої довжини метрового інтервалу дерев'яної рейки (у таблиці (1)-(10) – це порядкові номери внесення даних)

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

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

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

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

2.4 Перевірки та компарування мірної стрічки (чи рулетки)

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

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

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

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

$$m_d = (0,1 + 1 \cdot 10^{-6} \cdot d), \quad (2.19)$$

де d – довжина контрольної лінії, мм.

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

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

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

На стаціонарних компараторах є зразкові інварні жезли, довжина яких визначена з високою точністю.

За допомогою цих жезлів визначають довжину компаратора, а потім, порівнюючи довжину робочого мірного приладу з довжиною компаратора, визначають довжину цього приладу.

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

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

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

$$\Delta l_{\text{ком}} = (D_{\text{ком}} - D_{\text{роб}}) / n, \quad (2.20)$$

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:

$$n = D_{\text{роб}} / l_0, \quad (2.21)$$

l_0 – номінальна довжина мірного приладу, м.

Поправка за компарування може бути як додатною, так і від'ємною (рис. 2.23). 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:

$$l = l_0 - \Delta l_{\text{ком}}. \quad (2.22)$$

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.

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

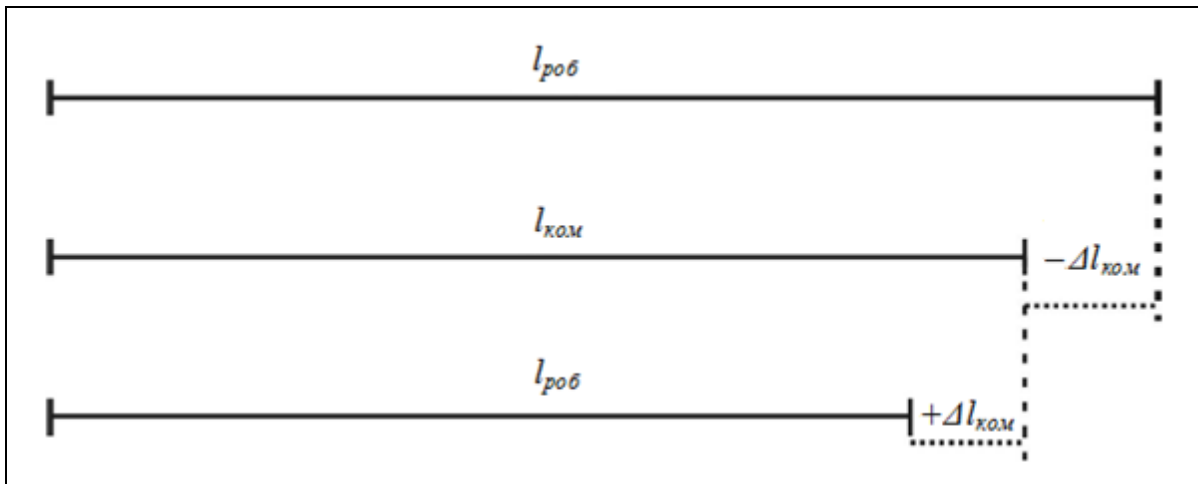


Рисунок 2.23 – Схема визначення поправки за компарування

За результатами огляду встановлено, що рулетка в робочому стані.

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

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

Під час компарування температура повітря дорівнювала $21,6$ °С, відносна вологість повітря 77% , атмосферний тиск $101,7$ кПа.

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

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

Поправка за компарування дорівнює:

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

Фактична довжина мірного приладу дорівнює:

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

2.5 Огляд та перевірка готовності обладнання для геодезичних робіт і вимірювань (кілків, штативів, шпильок, висків тощо)

Перед початком геодезичних робіт і вимірювань виконують огляд, перевірку наявності та готовності всього допоміжного обладнання, а саме: циркуля-вимірювача, штативів для теодоліту та нівеліру, віх геодезичних, дерев'яних кілків, урізного кілка, планшета-тримача, годинника тощо.

Звітний матеріал до розділу 2:

1) розділ звіту з навчальної практики «2 Перевірка, юстирування, компарування та інші дослідження готовності геодезичних приладів і обладнання» з наступними матеріалами:

- результати перевірки та юстирування теодоліта;
- результати перевірки та юстирування нівеліра;
- результати перевірки та дослідження нівелірних рейок;
- результати перевірки та компарування мірної стрічки (чи рулетки);
- результати огляду та перевірки обладнання з висновками щодо їх готовності до вимірів;

2) щоденник практики, заповнений за 2-й робочий день.

3 ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА МАГІСТРАЛІ ТА ЗЙОМКА СИТУАЦІЇ МІСЦЕВОСТІ

Зйомкою місцевості називається сукупність кутових і лінійних вимірювань, які виконуються для створення плану, карти або профілю.

Планову зйомку (контурну або горизонтальну) виконують для отримання плану без зображення рельєфу.

Планова зйомка, яка виконується за допомогою теодоліту має назву теодолітна зйомка. Вона складається з вимірювань на місцевості, що дають можливість побудувати план ділянки з точним зображенням на ньому ситуації місцевості, але без рельєфу.

Найчастіше теодолітну зйомку берегової ділянки річки та створення зйомочного обґрунтування ситуації місцевості виконують у вигляді розімкненого одиночного теодолітного ходу.

3.1 Рекогносцировка ділянки берегу річки для проектування водомірного поста для проведення теодолітної зйомки, нівелювання й інших вимірювань і робіт

Прокладання теодолітного ходу включає рекогносцировку місцевості, закріплення точок, вимірювання горизонтальних кутів і довжин ліній ходу, а також камеральну обробку матеріалів.

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 і добрі умови для вимірювання довжин ліній ходу, а також видимість з точок для зйомки ситуації місцевості. Точки закріплюють кілками з сторожками.

Після цього виконують кутові та лінійні вимірювання. Результати вимірювань записують у журналі теодолітної зйомки.

Теодолітні ходи підрозділяються на два розряди: перший – з відносною похибкою не більше 0,0005, і ходи 2-го розряду – з відносною похибкою не більше 0,001. Довжини сторін теодолітного ходу не повинні перевищувати 350 м і бути менше 20 м.

3.2 Виконання теодолітної зйомки берега річки на ділянці водомірного поста та складання абрису ситуації місцевості

Горизонтальні кути вимірюють одним прийомом. Розбіжність в значенні кутів виміряних у півприйомах на станції не має перевищувати подвійної точності відлікового пристрою (для теодолітів серії Т30, у тому числі, 2Т30П, ця величина дорівнює 1'). Довжини сторін вимірюють в прямому і зворотному напрямках і контролюють по відносній похибці прийнятого розряду точності (0,0005 або 0,001).

На початковій та кінцевій точках (станціях) розімкненого теодолітного ходу для суміщення кутових вимірювань по декількох станціях виконують орієнтування теодоліта по магнітному меридіану (магнітній стрілці), тобто виконують прив'язку розімкненого теодолітного ходу до напрямку на північ (вимірюють магнітні азимути початкової та кінцевої сторін з першої та кінцевої станцій відповідно).

Орієнтування теодоліта по магнітному меридіану виконують у наступній послідовності: 1 – витягують з футляра теодоліта накладну бусоль; 2 – закріплюють її на вертикальному крузі теодоліта; 3 – встановіть, при положенні вертикального круга зліва від труби (КЛ), відлік на горизонтальному крузі (ГК), який буде дорівнювати $0^{\circ}00'$ (табл. 3.1); 4 – при такому поєднанні аліадади з лімбом потрібно розвернути трубу на північ і зорієнтувати інструмент по магнітному меридіану, тобто при закріпленій аліададі та відкріпленому лімбі здійснюють обертання інструмента навколо вертикальної осі до тих пір, поки північний кінець магнітної стрілки бусолі не опиниться поблизу її нульової поділки; 5 – закріпивши лімб та використовуючи його навідний гвинт, здійснюють поєднання північного кінця стрілки бусолі з її нульовою поділкою.

Далі на першій та кінцевій станціях розімкненого теодолітного ходу вимірюють азимути (дирекційні кути) початкової ($A_{1-2} = \alpha_{1-2} = 204^{\circ}32'$) та кінцевої ($A_{5-4} = \alpha_{5-4} = 20^{\circ}33'$) сторін ходу (табл. 3.1).

Вимірювання правих за ходом горизонтальних кутів на станції виконується в наступній послідовності:

- 1 – приводять теодоліт на станції у робочий стан;
- 2 – проводять вимірювання кутів (заносять відліки у журнал, виконують обчислення і контроль вимірювань на станції).

При виконанні теодолітної зйомки також вимірюють довжини сторін горизонтальних кутів (в два хода), які їх складають (табл. 3.2).

Таблиця 3.1 – Журнал визначення правих за ходом годинникової стрілки горизонтальних кутів способом прийомів теодолітом типу 2Т30П

Станції	Позначення кута	Півприйоми	Точки візування (З – задня, П – передня)		Відліки з лімба	Значення кута у півприйомах	Похибка вимірювання кута	Середнє значення вимірюваних кутів β_i або азимутів сторін A_j
			$\Delta\beta_{вим} \leq \Delta\beta_{ер}$					
1 (1)	$\angle N12$	КЛ (2)	З	N (3)	0°00' (4)	204°32' (7)	–	204°32' (8) (A_{1-2})
			П	2 (5)	204°32' (6)			
		КП	З	–	–	–		
			П	–	–			
2 (9)	$\angle 123$	КЛ (10)	З	1 (11)	89°03' (12)	189°16' (15)	0' < 1' (22)	189°16' (23) (β_{123})
			П	3 (13)	259°47' (14)	189°16' (15)		
		КП (16)	З	1 (17)	268°60' (18)	189°16' (21)		
			П	3 (19)	79°44' (20)	189°16' (21)		
2	$\angle 12Ур$	КЛ	З	1	175°35'	275°48'	1' = 1'	275°48'30" ($\beta_{12Ур}$)
			П	Ур	259°47'			
		КП	З	1	355°33'	275°49'		
			П	Ур	79°44'			
3	$\angle 234$	КЛ	З	2	109°25'	174°55'	0' < 1'	174°55' (β_{234})
			П	4	294°30'			
		КП	З	2	289°29'	174°55'		
			П	4	114°34'			
4	$\angle 345$	КЛ	З	3	189°24'	179°49'	0' < 1'	179°49' (β_{345})
			П	5	9°35'			
		КП	З	3	9°25'	179°49'		
			П	5	189°36'			
5	$\angle N54$	КЛ	З	N	0°00'	20°33'	–	20°33' (A_{5-4})
			П	4	20°33'			
		КП	З	–	–	–		
			П	–	–			

Примітки: N – візування на північ; Ур – візування на урізний кілок; (1)-(23) – порядкові номери виконання дій та записів даних на станціях.

Таблиця 3.2 – Журнал вимірювання довжин сторін горизонтальних кутів теодолітної зйомки

Позначення сторін, j	Значення довжин сторін, D , м		
	Прямий хід	Зворотній хід	Середнє
1-2	146,212	146,230	146,221
2-3	111,453	111,473	111,463
2-Ур	127,202	127,183	127,192
3-4	117,530	117,562	117,546
4-5	96,391	96,389	96,30

Приклад запису вимірів і обчислення дирекційних та горизонтальних кутів теодолітної зйомки способом прийомів наведено в табл. 3.1, де на прикладі станцій 1 та 2 описано етапи вимірювань та обчислень у точці відповідно до порядкових номерів, які наведено в дужках.

У першому півприйомі на станції 2 виконують наступні дії:

- 1) теодоліт встановлюють на станції – вершина кута;
- 2) закріплюють лімба при КЛ;
- 3) відкріпляють алідаду та візують відліковий пристрій теодоліта на задню точку 1 (перша точка, на яку візують теодоліт у півприйомі);
- 4) закріпивши алідаду, знімають відлік, $1_{\text{КЛ}} = 89^{\circ}03'$, з горизонтального круга (з лімба);
- 5) відкріплюють алідаду і візують теодоліт на передню точку 3 (друга точка, на яку візують теодоліт у цьому ж півприйомі);
- 6) закріпивши алідаду, знімають відлік, $3_{\text{КЛ}} = 259^{\circ}47'$, з лімба;
- 7) величина правого за ходом кута у першому півприйомі ($\angle 123_{\text{КЛ}}$) дорівнює: $\angle 123_{\text{КЛ}} = 1_{\text{КЛ}} - 3_{\text{КЛ}} = (89^{\circ}03' + 360^{\circ}) - 259^{\circ}47' = 189^{\circ}16'$.

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

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

8) не змінюючи місця положення теодоліта на станції, змістивши лімба на $5-10^\circ$, закріплюють його при КП;

9) відкріпивши алідаду, знову візують теодоліт на задню точку 1;

10) закріпивши алідаду, знімають відлік ($1_{\text{КП}} = 268^\circ 60'$) з лімба;

11) відкріплюють алідаду і візують теодоліт при тому ж КП на передню точку 3;

12) закріпивши алідаду, знімають відлік ($3_{\text{КП}} = 79^\circ 44'$) з лімба;

13) величина правого за ходом кута у другому півприйомі ($\angle 123_{\text{КП}}$) дорівнює: $\angle 123_{\text{КП}} = 1_{\text{КП}} - 3_{\text{КП}} = 268^\circ 60' - 79^\circ 44' = 189^\circ 16'$.

14) Далі виконується контроль якості вимірювання кута, тобто розбіжність результатів вимірювання одного і того ж кута в двох півприйомах ($\Delta\beta_{\text{вим}} = |\angle 123_{\text{КЛ}} - \angle 123_{\text{КП}}|$) не повинна перевищувати подвійну точність ($\Delta\beta_{\text{сп}} = 2 \cdot t$) відлікового пристрою, тобто $\Delta\beta_{\text{вим}} \leq \Delta\beta_{\text{сп}}$. Для теодолітів серії Т30 точність відлікового пристрою $t = 30''$, отже гранична похибка складе: $\Delta\beta_{\text{сп}} = 2 \cdot 30'' = 1'$. В наведеному прикладі розбіжність результатів вимірювання кута $\angle 123$ в пів прийомах КЛ та КП дорівнює: $\Delta\beta_{\text{вим}} = |189^\circ 16' - 189^\circ 16'| = 0'$, тобто є в межах граничної похибки. 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, знаходять середнє значення горизонтального кута:

$$\beta_{\text{вим}} = \frac{\beta_{\text{КЛ}} + \beta_{\text{КП}}}{2} = \frac{189^\circ 16' + 189^\circ 16'}{2} = 189^\circ 16'.$$

Зйомку ситуації місцевості вздовж теодолітного ходу може бути виконана різними способами, а саме: прямокутних координат, полярних координат, кутових засічок, лінійних засічок, створів.

Спосіб прямокутних координат застосовують при горизонтальній зйомці контурів, що лежать поблизу теодолітних ходів. З точок А і В контуру (рис. 3.1, а), опускають на сторону теодолітного ходу 1-2 перпендикуляри. Відлік по мірній стрічці (24,50) від задньої точки 1 до основи перпендикуляра, опущеного з точки А, є абсцисою (X_A), а довжина перпендикуляра (3,05) – ординатою (Y_A). Такі ж вимірювання виконують для точки В. Всі дані вимірювань записують на абрисі (рис. 3.2).

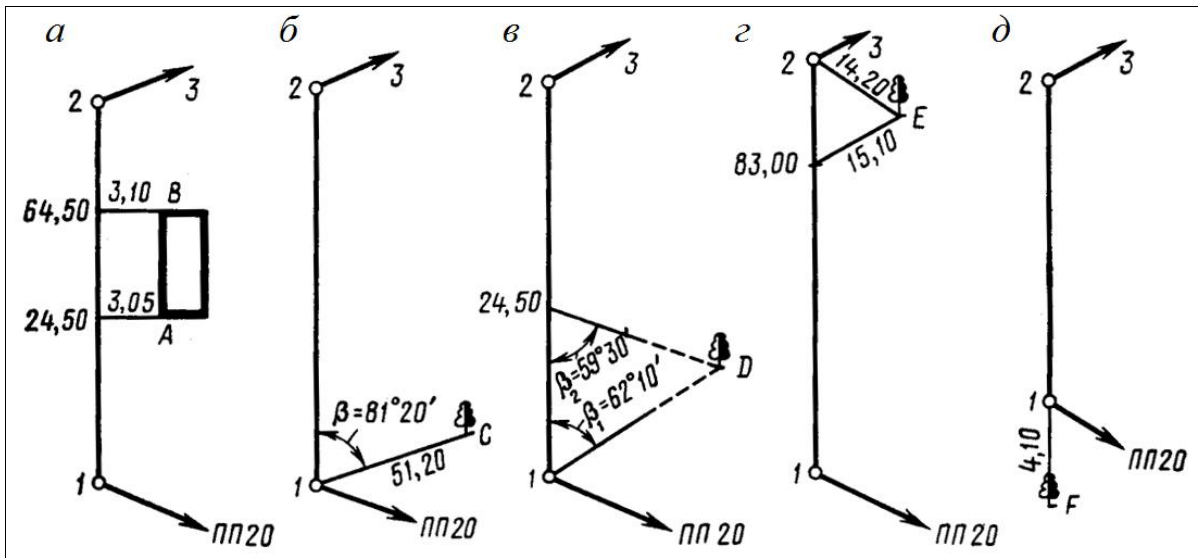


Рисунок 3.1 – Приклади способів зйомки ситуації місцевості (пояснення позначень у тексті)

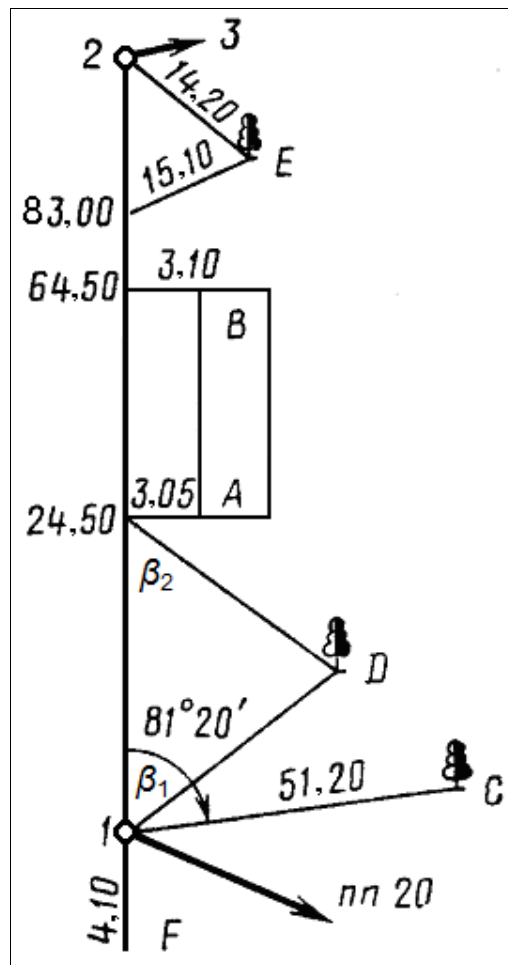


Рисунок 3.2 – Приклад фрагменту абрису теодолітної зйомки (пояснення позначень у тексті)

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. 3.1, б) можна знімати полярний кут $81^{\circ}20'$ і відстань 51,20 м. Точку С 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. 3.1, в) за базис, на точці 1 виміряють кут β_1 , а на точці 24,50 – β_2 . За допомогою транспортира отримаємо 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. 3.1, г).

Спосіб створів застосовують для визначення планового положення точок стрічкою або рулеткою. Для визначення положення точки E, що знаходиться в створі лінії 1-2 достатньо виміряти її відстань, наприклад, від точки 1 ходу (рис. 3.1, д).

Спосіб обходу застосовують під час зйомки контурів лісу, угідь, забудови і т. д. Суть її полягає в тому, що по межах такого контуру прокладають теодолітний хід, який і визначає положення контуру, що знімається.

В процесі виконання теодолітної зйомки ситуації місцевості будується абрис (рис. 3.2). Абрис є схематичним кресленням, складений від руки в довільному масштабі, на якому показують опорні пункти і лінії, з яких здійснювалася зйомка, взаємне розташування місцевих предметів і контурів та результати вимірювань, отримані при 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.

Результати лінійних вимірювань і обчислень заносять у журнал визначення відстаней, виміряних стрічкою землемірною (табл. 3.3).

При обробці журналів лінійних вимірів (табл. 3.3) обчислюють довжини ліній за відповідними формулами в залежності від способу їх вимірювання, знаходять горизонтальні прокладання ліній і оцінюють точність лінійних вимірів.

Таблиця 3.3 – Приклад журналу 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, $n_{зг}$	Величина доміру (залишку), $r_{зг}$, м	Довжина, за номінальною довжиною стрічки (l_0 , м), $D_{зг} = n_{зг} \cdot l_0 + r_{зг}$, м		Середнє значення довжини лінії, $D_{сер} = (D_{np} + D_{зг}) / 2$, м	Абсолютна похибка, $f_{абс} = D_{np} - D_{зг}$, м	Відносна похибка, $f_{відн} = f_{абс} / D_{сер} \leq 1/2000 (\leq 0,0005)$	Кут нахилу лінії, ν , °'	Температура, $t_{вим}$, °С	Поправка за компарування, $\Delta l_{ком} = D_{сер} \cdot (\Delta l_{ком} / l_0)$, м	Поправка за температуру, $\Delta D_t = a \cdot (t_{вим} - t_{ком}) \cdot D_{сер}$, м	Фактична довжина лінії, $D = D_{сер} + \Delta D_{ком} + \Delta D_t$, м	Поправка за нахил лінії, $\Delta D_h = D \cdot (1 - \cos \nu) = h^2 / (2 \cdot D)$, м	Горизонтальне прокладання, $d = D - \Delta D_h$, 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: $a = 1,25 \cdot 10^{-5} = 0,0000125$, $t_{ком} = 21,6$ °С, $l_0 = 20$ м, $\Delta l_{ком} = -0,002$ м.

3.3 Обробка даних теодолітної зйомки та побудова плану ділянки берегу річки

Після вимірювання кутів розімкнутого теодолітного ходу (табл. 3.1) обчислюють кутову нев'язку ($f_{обч}$), яка дорівнює різниці суми вимірних кутів теодолітного ходу ($\Sigma\beta_{вим}$) і його теоретичної суми ($\Sigma\beta_{теор}$):

$$f_{обч} = \Sigma\beta_{вим} - \Sigma\beta_{теор}. \quad (3.1)$$

У прикладі: $f_{обч} = 544^{\circ}00' - 543^{\circ}59' = 1'$.

Сума вимірних правих за ходом кутів розімкненого теодолітного ходу визначається за формулою:

$$\Sigma\beta_{вим} = \beta_{123} + \beta_{234} + \beta_{345}. \quad (3.2)$$

У прикладі: $\Sigma\beta_{вим} = 189^{\circ}16' + 174^{\circ}55' + 179^{\circ}49' = 544^{\circ}00'$.

Теоретична сума правих за ходом кутів розімкненого теодолітного ходу визначається за формулою:

$$\Sigma\beta_{теор} = A_{1-2} - A_{4-5} + 180^{\circ} \cdot n, \quad (3.3)$$

де $A_{4-5} = A_{5-4} + 180^{\circ}$ (у прикладі: $A_{4-5} = 20^{\circ}33' + 180^{\circ} = 200^{\circ}33'$);

n – число вимірних кутів не враховуючи A_{1-2} та A_{5-4} (у прикладі: $n = 3$).

У прикладі: $\Sigma\beta_{теор} = 204^{\circ}32' - 200^{\circ}33' + 180^{\circ} \cdot 3 = 543^{\circ}59'$.

Якщо отримана нев'язка виходить за межі граничної $f_{обч} > f_{зр}$, то виконують перевірку даних вимірювань кутів (табл. 3.1) та при наявності помилок перемиряють потрібні кути і заново обчислюють кутову нев'язку.

Гранична нев'язка $f_{зр}$ дорівнює:

$$f_{зр} = \pm 1' \sqrt{n}. \quad (3.4)$$

У прикладі: $f_{зр} = \pm 1' \sqrt{3} = \pm 1' \cdot 1,73 = \pm 1,73'$.

Якщо обчислена нев'язка не виходить за межі граничної $f_{обч} \leq f_{зр}$, (у прикладі: $1' < 1,73'$), то її розподіляють порівну в усі кути теодолітного ходу у вигляді кутових поправок v_{β} , які визначають за формулою:

$$v_{\beta} = -f_{обч} / n. \quad (3.5)$$

У прикладі: $v_{\beta} = -1' / 3 = -60'' / 3 = -20''$.

Кутові поправки v_β мають зворотний знак відносно нев'язки $f_{обч}$, а їх сума за абсолютним значенням повинна дорівнювати величині нев'язки.

Після цього з використанням отриманих результатів вимірювань і даних про ситуацію місцевості, зафіксованих на абрисі теодолітної зйомки (рис. 3.2), починають побудову плану берегової ділянки річки.

Координати точок для побудови плану визначають шляхом обробки відомості обчислення координат вершин розімкнутого теодолітного ходу.

3.4 Визначення недоступної відстані (ширини річки тощо) за допомогою теодоліта на ділянці водомірного поста

Існує декілька способів вимірювання ліній, що перетинають такі перепони як каньйони, річки, яри, озера, болота, котловани, широкі траншеї (недоступні відстані) або в створі ліній наявні будівлі чи точки знаходяться на значній висоті (при відсутності прямої видимості) і які безпосередньо виміряти стрічкою, рулеткою чи дротом неможливо.

Далі пояснені два основні способи визначення недоступної відстані (ширини річки тощо) за допомогою теодоліта на ділянці водомірного поста: за теоремою синусів та за теоремою косинусів.

Визначення недоступної відстані за теоремою синусів.

Наприклад, потрібно визначити довжину d лінії AB (рис. 3.3), яка перетинає річку, якщо точка B є неприступною для встановлення на ній теодоліта.

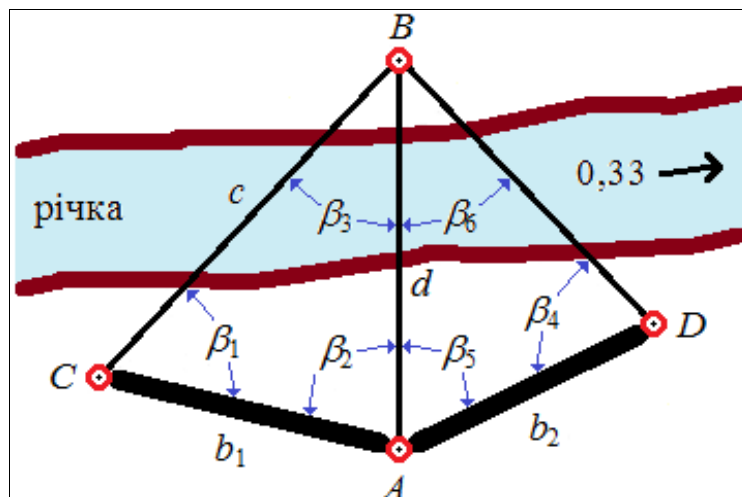


Рисунок 3.3 – Визначення недоступної відстані за теоремою синусів

Вирішення цієї задачі виконують наступним чином. Від точки в протилежні сторони A вимірюють довжину двох базисів $b_1 = AC$ і $b_2 = AD$.

Теодолітом вимірюють кути $\beta_1, \beta_2, \beta_5$ та β_4 . Кути β_3 та β_6 при точці B обчислюють за формулою:

$$\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2) \quad \text{та} \quad \beta_6 = 180^\circ - (\beta_4 + \beta_5). \quad (3.6)$$

Горизонтальне прокладання d лінії AB обчислюють для контролю з двох трикутників ACB і ADB за теоремою синусів:

$$d_1 = b_1 \cdot \sin\beta_1 / \sin(\beta_1 + \beta_2) \quad \text{та} \quad d_2 = b_2 \cdot \sin\beta_4 / \sin(\beta_4 + \beta_5). \quad (3.7)$$

Різниця $\Delta d = d_1 - d_2$ повинна задовольняти наступній умові:

$$\Delta d / d_{\text{сер}} = (d_1 - d_2) / [0,5 \cdot (d_1 + d_2)] \leq 1 / (N \cdot 2^{0,5}), \quad (3.8)$$

де $d_{\text{сер}} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2)$ – середнє арифметичне значення шуканої довжини;

N – знаменник відносної нормативної похибки, наприклад, 3000, 2000, 1000.

Якщо умова (3.8) не виконується, то проводять повторні більш точні вимірювання, а при виконанні цієї умови за остаточне значення шуканої довжини приймають її середнє значення $d_{\text{сер}}$:

$$d_{\text{сер}} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2). \quad (3.9)$$

Точність визначення неприступної віддалі залежить від точності вимірювання базисів (b_1, b_2), кутів ($\beta_1, \beta_2, \beta_5, \beta_4$) і форми трикутників ACB і ADB . Найкращими з цієї точки зору вважаються рівнобічні трикутники, як, наприклад, на рис. 3.3.

Нижче показаний приклад визначення недоступної відстані d за теоремою синусів і розрахунку відносної середньої квадратичної похибки визначення цієї відстані m_d/d .

Наприклад, при визначенні неприступної віддалі d (див. рис. 3.3) отримані такі результати вимірювань:

– для трикутника ACB : $b_1 = 150,48$ м, $\beta_1 = 62^\circ 40'$, $\beta_2 = 66^\circ 23'$;

– для трикутника ADB : $b_2 = 150,66$ м, $\beta_4 = 61^\circ 28'$, $\beta_5 = 68^\circ 14'$.

Треба обчислити віддаль d та оцінити точність її визначення m_d/d .

1. Згідно з формулою (3.7) маємо:

$$d_1 = b_1 \cdot \sin\beta_1 / \sin(\beta_1 + \beta_2) = 150,48 \cdot \sin 62^\circ 40' / \sin(62^\circ 40' + 66^\circ 23') = 172,13 \text{ м};$$

$$d_2 = b_2 \cdot \sin\beta_4 / \sin(\beta_4 + \beta_5) = 150,66 \cdot \sin 61^\circ 28' / \sin(61^\circ 28' + 68^\circ 14') = 172,03 \text{ м}.$$

2. Згідно з формулою (3.9) середнє арифметичне значення складає:

$$d_{\text{сер}} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot (172,13 + 172,03) = 172,08 \text{ м.}$$

3. Відносна похибка різниці Δd двох значень дорівнює:

$$\Delta d = d_1 - d_2 = 172,13 - 172,03 = 0,10 \text{ м.}$$

4. Відносна середня квадратична похибка m_d/d визначення віддалі d дорівнює:

$$m_d/d = \Delta d/d \cdot 2^{0,5} = 0,10 / 172,08 \cdot 2^{0,5} = 41,09175 \cdot 10^{-5} = 1/2434 < 1/2000.$$

Якщо є можливість установити теодоліт у точці B , то вимірюють тільки базис b_1 і кути трикутника ACB . Потім обчислюють кутову нев'язку f_β трикутника ACB за формулою:

$$f_\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - 180^\circ. \quad (3.10)$$

Якщо $f_\beta \leq 2 \cdot m_\beta \cdot 3^{0,5}$, де m_β – середня квадратична похибка вимірювання кутів β_1 , β_2 та β_3 , то її розподіляють з протилежним знаком порівно на виміряні кути й отримують виправлені кути β_1' , β_2' та β_3' , сума яких повинна дорівнювати 180° .

За виправленими кутами β_1' і β_3' обчислюють віддаль d за формулою:

$$d = b_1 \cdot \sin \beta_1' / \sin \beta_3'. \quad (3.11)$$

Для контролю обчислень двічі визначають віддаль $c = BC$:

$$c = b_1 \cdot \sin \beta_2' / \sin \beta_3' \quad \text{та} \quad c = d \cdot \sin \beta_2' / \sin \beta_1'.$$

Відносну похибку m_d/d визначення віддалі d обчислюють за формулою:

$$m_d/d = \sqrt{(m_b/b_1)^2 + (m_\beta/\rho)^2 \cdot (\text{ctg}^2 \beta_1' + \text{ctg}^2 \beta_3')}, \quad (3.12)$$

де m_b/b_1 – середня квадратична похибка вимірювання базису b_1 ;

$m_\beta = m_{\beta_1} = m_{\beta_3}$ – середня квадратична похибка вимірювання одного кута;
 ρ – радіан ($\rho = 206265'' = 3437,75' \approx 57,3^\circ$).

Наприклад, при визначенні неприступної віддалі d (рис. 3.3) для трикутника ACB отримані наступні результати вимірювань: $b_1 = 150,48 \text{ м}$, $\beta_1 = 62^\circ 40'$, $\beta_2 = 66^\circ 23'$, $\beta_3 = 50^\circ 58'$. Треба обчислити неприступну віддаль d та оцінити точність її визначення m_d/d , якщо відносна середня квадратична похибка вимірювання базису становить $m_b/b = 1/2000$, а середня квадратична похибка визначення кутів – $m_\beta = 30''$.

1. Згідно з формулою (3.10):

$$f_{\beta} = (62^{\circ}40' + 66^{\circ}23' + 50^{\circ}58') - 180^{\circ} = +0^{\circ}01'.$$

2. У зв'язку з тим, що умова $f_{\beta} \leq 2 \cdot 30'' \cdot 3^{0,5} = 104'' = 0^{\circ}01,7'$ виконана ($0^{\circ}01' < 0^{\circ}01,7'$), далі обчислюємо виправлені кути:

$$\beta_1' = \beta_1 - f_{\beta}/3 = 62^{\circ}40' - 0^{\circ}01'/3 = 62^{\circ}40' - 20'' = 62^{\circ}39'40'';$$

$$\beta_2' = \beta_2 - f_{\beta}/3 = 66^{\circ}23' - 0^{\circ}01'/3 = 66^{\circ}23' - 20'' = 66^{\circ}22'40'';$$

$$\beta_3' = \beta_3 - f_{\beta}/3 = 50^{\circ}58' - 0^{\circ}01'/3 = 50^{\circ}58' - 20'' = 50^{\circ}57'40''.$$

Контроль обчислень:

$$\beta_1' + \beta_2' + \beta_3' = 62^{\circ}39'40'' + 66^{\circ}22'40'' + 50^{\circ}57'40'' = 180^{\circ}00'00''.$$

3. Згідно з формулою (3.11) шукана віддаль d складає:

$$d = 150,48 \cdot \sin 62^{\circ}39'40'' / \sin 50^{\circ}57'40'' = 172,10 \text{ м.}$$

Для контролю обчислень двічі визначають віддаль c :

$$c = 150,48 \cdot \sin 66^{\circ}22'40'' / \sin 50^{\circ}57'40'' = 177,50 \text{ м;}$$

$$c = 172,10 \cdot \sin 66^{\circ}22'40'' / \sin 62^{\circ}39'40'' = 177,50 \text{ м.}$$

4. За формулою (3.12) отримаємо:

$$m_d / d = \sqrt{(1/2000)^2 + (30''/206265'')^2} \cdot (0,517^2 + 0,811^2) = 51,91990 \cdot 10^{-5} = 1/1926,$$

де $\operatorname{ctg} 62^{\circ}39'40'' = \operatorname{tg} (90^{\circ} - 62^{\circ}39'40'') = \operatorname{tg} 27^{\circ}20'20'' = 0,517$;

$$\operatorname{ctg} 50^{\circ}57'40'' = \operatorname{tg} (90^{\circ} - 50^{\circ}57'40'') = \operatorname{tg} 39^{\circ}02'20'' = 0,811.$$

Визначення відстані при відсутності прямої видимості за теоремою косинусів.

Якщо необхідно визначити довжину d лінії AB (рис. 3.4), але пряма видимість між точками A і B відсутня, то поступають наступним чином:

– збоку від визначуваної лінії AB і приблизно симетрично відносно точок A і B закріплюють допоміжну точку C ;

– вимірюють віддалі d_1 , d_2 і кут β ;

– за формулою косинусів обчислюють довжину d (горизонтальне прокладання):

$$d^2 = d_1^2 + d_2^2 - 2 \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \cos \beta. \quad (3.13)$$

Враховуючи те, що точку C бажано розташовувати симетрично відносно точок A і B , можна прийняти, що $d_1 = d_2 = d_0$.

Тоді формула (3.13) набуде такого вигляду:

$$d = 2 \cdot d_0 \cdot \sin(\beta/2). \quad (3.14)$$

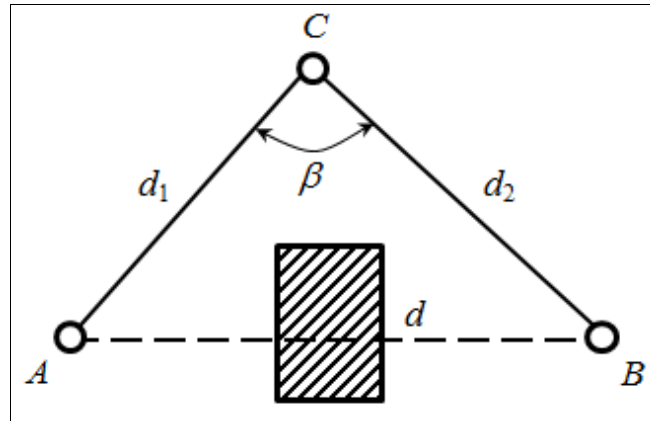


Рисунок 3.4 – Схема визначення відстані при відсутності прямої видимості за теоремою косинусів

Відносну похибку m_d/d визначення віддалі d обчислюють за формулою:

$$m_d / d = \sqrt{(m_{d0} / d_0)^2 + 0,25 \cdot (m_{\beta 0} / \rho)^2 \cdot \text{ctg}^2(\beta / 2)}, \quad (3.15)$$

де $m_{d0} = m_{d1} = m_{d2}$ – середня квадратична похибка вимірювання віддалей d_1, d_2 ;

m_{β} – середня квадратична похибка вимірювання кута β ;

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

Аналіз формули (3.15) показує, що точність визначення віддалі d залежить як від точності вимірювань віддалей d_1, d_2 і кута β , так і від самої величини кута β .

Наприклад, при визначенні неприступної віддалі d (див. рис. 3.4) отримані такі результати вимірювань: $d_1 = 182,43$ м, $d_2 = 180,87$ м, $\beta = 170^\circ$. Відносна похибка вимірювання довжин $m_{d1}/d_1 = m_{d2}/d_2 = m_{d0}/d_0 = 1/5000$, середня квадратична похибка вимірювання кута $m_{\beta} = 30''$, $\rho = 206265''$. Треба обчислити неприступну віддаль d та відносну похибку m_d/d .

1. За формулою (3.13) отримаємо:

$$d = \sqrt{182,43^2 + 180,87^2 - 2 \cdot 182,43 \cdot 180,87 \cdot \cos 170^\circ} = 361,92 \text{ м.}$$

2. Згідно з формулою (3.15) отримаємо:

$$m_d / d = \sqrt{\left(\frac{1}{5000}\right)^2 + 0,25 \cdot \left(\frac{30''}{206265''}\right)^2 \cdot \text{ctg}^2(170^\circ / 2)} = 20,01012 \cdot 10^{-5} = 1/4997.$$

Розглянемо приклад, коли усі результати вимірювань, за виключенням величини кута β , візьмемо із попереднього прикладу, а кут $\beta = 60^\circ$. Треба обчислити неприступну віддаль d та відносну похибку m_d/d .

1. За формулою (3.13) отримаємо:

$$d = \sqrt{182,43^2 + 180,87^2 - 2 \cdot 182,43 \cdot 180,87 \cdot \cos 60^\circ} = 181,66 \text{ м.}$$

2. Згідно з формулою (3.15) отримаємо:

$$m_d / d = \sqrt{\left(\frac{1}{5000}\right)^2 + 0,25 \cdot \left(\frac{30''}{206265''}\right)^2} \cdot \operatorname{ctg}^2(60^\circ / 2) = 23,63588 \cdot 10^{-5} = 1/4231.$$

Як бачимо, у другому випадку ($\beta = 60^\circ$) відносна похибка більша, ніж у першому ($\beta = 170^\circ$). Отже, найбільш сприятливим є варіант, коли, за інших рівнозначних умов, кут β близький до 180° .

Звітний матеріал до розділу 3:

1) розділ звіту з навчальної практики «**3 Теодолітна зйомка магістралі та зйомка ситуації місцевості**» з наступними матеріалами:

- схема (абрис) теодолітного ходу на ділянці водомірного поста;
- журнал теодолітної зйомки;
- результати визначення недоступної відстані (ширини річки тощо)

за допомогою теодоліта;

- план теодолітної зйомки;

2) щоденник практики, заповнений за 3-й, 4-й та 5-й робочі дні.

4 ВИКОНАННЯ НІВЕЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ ІІІ (ІV) КЛАСУ

Організація і виконання нівелювання ІІІ та ІV класів включає:

- складання технічного проекту і рекогносцировку місцевості;
- закладання нівелірних знаків (реперів, марок, водомірних паль та/або рейок);
- перевірки і дослідження приладів;
- виконання польових робіт;
- обробку результатів польових вимірювань і обчислення висот пунктів нівелювання.

Технічний проект ходів нівелювання ІІІ та ІV класів устанавлює:

- перелік робіт;
- обсяг робіт і їх кошторис;
- порядок виконання і технічні вказівки щодо виконання робіт.

Проектування виконується на картах мілкового масштабу (наприклад, 1:100000 або 1:50000), а потім уточнюється в деталях на картах і планах великого масштабу.

У процесі рекогносцировки місцевості:

- перевіряється збереженість вихідних пунктів;
- вибираються місця закладки нових реперів і марок, які повинні закладатися в таких місцях, де можуть бути забезпечені їх нерухомість, довготривале збереження і зручність користування ними;
- уточнюється технічний проект.

У випадках, коли проектуються лінії нівелювання ІІІ та ІV класів, рекомендується рекогносцировку місцевості виконувати одночасно із закладанням знаків. Нівелірні ходи ІІІ і ІV класів закріплюють стінними і ґрунтовими реперами (у тому числі, гвинтовими водомірними палями).

Нівелювання ІІІ класу виконують за допомогою штрихових інварних рейок типу РН-05, при використанні нівелірів Н-05, НБ, НА-1, Н-2 з плоскопаралельною пластиною, або шашкових триметрових двосторонніх рейок типу РН-3, при використанні нівелірів серії Н-3 або Н-3КЛ.

Нівелювання ІV класу виконують нівелірами серії Н-3 або Н-3КЛ з використанням шашкових триметрових двосторонніх рейок типу РН-3.

Під час нівелювання застосовуються 2 рейки з різними п'ятками (наприклад, 4687 і 4786).

Перед початком робіт нівеліри і рейки досліджують і перевіряють. Порядок виконання перевірок і досліджень нівелірів серії Н-3 і рейок РН-3 розглянутий в розділі 2 цих методичних вказівок.

4.1 Висотна прив'язка ділянки робіт до реперів Державної нівелірної мережі

Висотна прив'язка ділянки робіт до реперів Державної нівелірної мережі виконується, головним чином, шляхом нівелювання III та IV класів.

Польові роботи при нівелюванні III класу виконують способом із середини в прямому і зворотному напрямках секціями по 20-30 км.

Нормальна довжина візирного променя становить 75 м. Відстані від нівеліра до рейок вимірюють тонким тросом, просмоленою лінвою або по віддалемірних нитках.

Нерівність плечей на станціях має бути не більше 2 м, а накопичення їх по секції – не більше 5 м.

Висота візирного променя над підстильною поверхнею повинна бути не менше 0,3 м.

При роботі на станції нівелір захищають від сонячних променів за допомогою парасольки. Рейки встановлюють на костилі або башмаки прямовисно за допомогою круглого рівня.

Нівелювання виконують у періоди спокійних і чітких зображень.

У сонячні літні дні у зв'язку з сильним впливом рефракції не слід проводити нівелювання III класу протягом 1-1,5 годин після сходу і перед заходом сонця.

Нівелювання на станції виконують за наступними етапами (рис. 4.1):

1 – устанавлюють нівелір у робоче положення та наводять трубу на чорну сторону задньої рейки P_1 і, після приведення бульбашки циліндричного рівня елеваційним гвинтом на середину (суміщають зображення бульбашки) та її повного заспокоєння, знімають відліки $a_{чор}$, $a_{чор}'$, $a_{чор}''$, відповідно, по середній і віддалемірним ниткам сітки ниток (при використанні нівеліра з компенсатором всі спостереження виконують відразу після візування на рейку);

2 – візують на чорну сторону передньої рейки P_2 і, виконавши ті ж дії, які виконувалися при візуванні на чорну сторону задньої рейки P_1 , беруть відліки $b_{чор}$, $b_{чор}'$, $b_{чор}''$;

3 – за сигналом спостерігача реєчники обертають рейки червоною стороною, після чого спостерігач по середній нитці сітки ниток на рейці P_2 робить відлік $b_{чер}$;

4 – візують на червону сторону задньої рейки P_1 і знімають по середній нитці сітки ниток відлік $a_{чер}$.

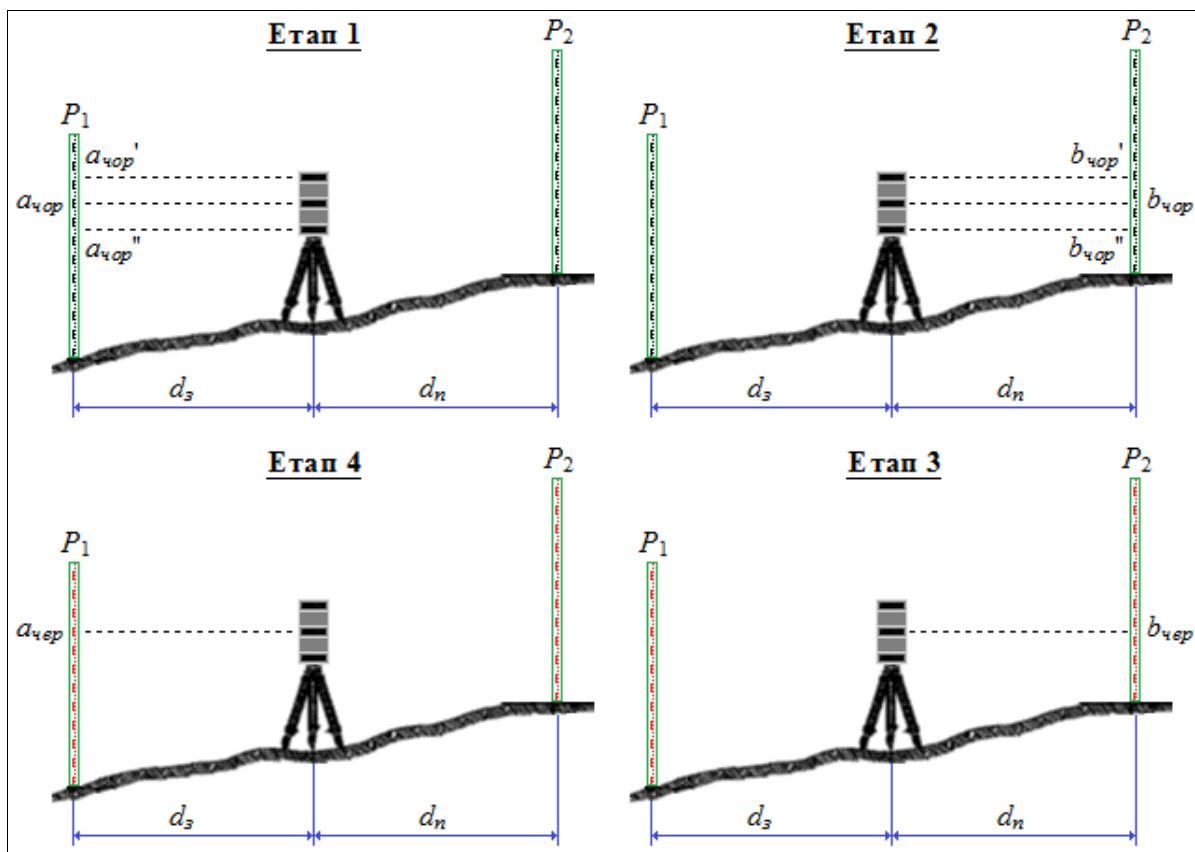


Рисунок 4.1 – Схема етапів нівелювання III (IV) класу на станції (пояснення позначень у тексті)

Результати спостережень (1)-(8) на станціях записують у польовий журнал установленної форми (табл. 4.1). *Етапи обчислень і контрольних розрахунків на станції та порядок їх запису до журналу наведені нижче.*

1. За відліками по віддалемірних нитках підраховують відстані від нівеліра до задньої $d_з$ і передньої $d_н$ рейок, порівнюють їх з результатами безпосереднього вимірювання тросом (линвою) та обчислюють нерівність плечей Δd :

$$d_з = a_{чор''} - a_{чор'} = (9) = (3) - (2) = 1380 - 1060 = 320;$$

$$d_н = b_{чор''} - b_{чор'} = (10) = (6) - (5) = 1917 - 1595 = 322;$$

$$\Delta d = d_з - d_н = (13) = (9) - (10) = 320 - 322 = -2.$$

2. За відліками на задній і передній рейках підраховують контрольні перевищення, отримані за віддалемірними нитками, і контрольне значення нерівності плечей Δd :

$$h' = a_{чор'} - b_{чор'} = (11) = (2) - (5) = 1060 - 1595 = -535;$$

$$h'' = a_{чор''} - b_{чор''} = (12) = (3) - (6) = 1380 - 1917 = -537;$$

$$\Delta d = h' - h'' = (13) = (12) - (11) = -537 - (-535) = -2.$$

Таблиця 4.1 – Журнал нівелювання III класу

Нівелір Н-3, № 254879
Спостерігач: Іванов І. І.

Дата 12.07.2011 р.
Обчислювач: Петров П. П.

Номера штативів та рейок	Спостереження за далекомірними нитками		Контрольні перевищення	Спостереження за середньою ниткою		Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм	
	задня	передня		задня	передня			
1 1-2	1060 (2)	1595 (5)	-535 (11)	1220 (1)	1758 (4)	-538 (14)	-537,5 (19)	
	1380 (3)	1917 (6)	-537 (12)	5903 (8)	6540 (7)	-637 (15)		
	320 (9)	322 (10)	-2/-2 (13)	4683 (16)	4782 (17)	+99 (18)		
2 2-1	1350	0381	+969	1610	0641	+969	+968,5	
	1871	0901	+970	6393	5325	+1068		
	521	520	+1/-1	4783	4684	-99		
3 1-2	1281	0742	+539	1584	1041	+543	+542,5	
	1886	1341	+545	6266	5824	+442		
	605	599	+6/+5	4682	4783	+101		
4 2-1	2730	0957	+1773	2828	1055	+1773	+1772,5	
	2926	1154	+1772	7611	5739	+1872		
	196	197	-1/+4	4783	4684	-99		
Посторінкові контрольні розрахунки	1642 (20)	1638 (21)	+5496 (22) +2748 (23)	<u>33415</u> (24) <u>27923</u> (25) +5492 (28)	27923 (25)	+5492 (26) +2746 (29)	+2746 (27)	
Об'єднаний підсумок по секції від ґрунтового репера 4217 до стінної марки 587								
16 (42)	30853 (30)	30855 (31)	+7227 (32) +7225 (33)	<u>714612</u> (34) <u>700155</u> (35) +14457 (38)	700155 (35)	+14457 (36) +7228,5 (39)	+7228,5 (37)	
	6,2 км (41)		-2 (40)					
Об'єднані підсумки по секції в прямому та зворотному напрямках								
Середнє перевищення:				Середнє перевищення:				
– у прямому ході			+7228,5 мм	з прямого та зворотного ходів			+7234,8 мм	
– у зворотному ході			-7241,0 мм	Поправка на середню довжину пари рейок:				
Отримана нев'язка:			-12,5 мм	+0,11 мм × (+7,2) = 0,8 мм				
Гранична нев'язка:			$\pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{6,2} = \pm 24,9 \text{ мм}$	Виправлене середнє перевищення:				+7235,5 мм

Примітки:

- (1)-(8) – черговість записів спостережених величин на станції;
 (9)-(19) – черговість записів результатів обчислень та контрольних розрахунків на станції;
 (20)-(29) – черговість записів результатів виконання посторінкових контрольних розрахунків;
 (30)-(42) – черговість записів результатів виконання розрахунків об'єднаного підсумку по секції.

3. Різниці (13) повинні дати однакові результати, а отримане число (нерівність плечей) записують у чисельник, але якщо хід тільки почався, то це ж число повторюють ще раз у знаменнику.

4. Обчислюють перевищення за відліками на чорній $h_{чор}$ і червоній $h_{чер}$ сторонах рейок та їх різницю Δh_0 , яка є величиною розбіжності нулів червоних сторін на задній і передній рейках:

$$\begin{aligned} h_{чор} &= a_{чор} - b_{чор} = (14) = (1) - (4) = 1220 - 1758 = -538; \\ h_{чер} &= a_{чер} - b_{чер} = (15) = (8) - (7) = 5903 - 6540 = -637; \\ \Delta h_0 &= h_{чор} - h_{чер} = (18) = (14) - (15) = -538 - (-637) = +99. \end{aligned}$$

5. Отримана різниця Δh_0 не повинна відхилитися від знайденої при дослідженнях цих рейок на більш ніж ± 3 мм.

6. З використанням величин, які обчислюють як різниці відліків по червоній і чорній сторонах задньої $h_{0,з}$ та передньої $h_{0,п}$ рейок, визначають різницю нулів червоних сторін задньої та передньої рейок Δh_0 , а також виконують контроль цих обчислень (шляхом порівняння Δh_0):

$$\begin{aligned} h_{0,з} &= (16) = (8) - (1) = 5903 - 1220 = 4683; \\ h_{0,п} &= (17) = (7) - (4) = 6540 - 1758 = 4782; \\ \Delta h_0 &= (18) = (17) - (16) = 4782 - 4683 = +99; \\ \Delta h_0 &= (18) = +99. \end{aligned}$$

7. Потім обчислюють середнє з перевищень $h_{сер}$ за відліками по чорній $h_{чор}$ і червоній $h_{чер}$ сторонам рейок (19) з урахуванням різниці нулів червоних сторін пари рейок Δh_0 :

$$h_{сер} = \frac{h_{чор} + (h_{чер} \pm \Delta h_0)}{2}. \quad (4.1)$$

8. Контроль спостережень на станції полягає у наступному:

– розходження між значеннями перевищень, отриманими за чорними і червоними сторонами рейок, з урахуванням різниці нулів червоних сторін пари рейок, не повинне перевищувати ± 3 мм;

– якщо розходження між значеннями перевищень, отриманими за чорними і червоними сторонами рейок, з урахуванням різниці нулів червоних сторін пари рейок, перевищує ± 3 мм, то спостереження на станції виконують ще раз, змінивши попередньо на 3-5 см висоту нівеліра.

Одночасно з польовими спостереженнями виконують посторінковий контроль, який складається з обчислення:

– сум різниць відліків по віддалемірним ниткам на задній і передній рейках: (20) = $\Sigma(9)$ та (21) = $\Sigma(10)$;

– суми контрольних перевищень (22) = $\Sigma[(11) + (12)]$, яку далі ділять навпіл і отримують (23) – контрольне перевищення на сторінці;

– суми відліків на задній рейці по чорній та червоній сторонах:

$$(24) = \Sigma[(1) + (8)];$$

– суми відліків на передній рейці по чорній та червоній сторонах:

$$(25) = \Sigma[(4) + (7)];$$

– суми перевищень: (26) = $\Sigma[(14) + (15)]$;

– суми середніх перевищень: (27) = $\Sigma(19)$.

При відсутності помилок повинні виконуватися такі рівності:

– при парному числі штативів на сторінці:

$$(28) = (24) - (25) = (26) \quad \text{та} \quad (29) = (26)/2 = (27);$$

– при непарному числі штативів на сторінці до суми (26) слід додати величину різниці нулів червоних сторін пари рейок Δh_0 з тим знаком, який вона мала на останньому штативі;

– сума контрольних перевищень (23) не повинна виходити за межі суми середніх перевищень (27) $\pm 3 \cdot n$, де n – кількість станцій на сторінці.

Наприкінці ходу виконують об'єднаний підсумок по секції (30)-(42) в прямому та зворотному напрямках (табл. 4.1), який здійснюють за даними посторінкових контрольних обчислень.

Після завершення нівелювання по секції в прямому та зворотному напрямках виконують розрахунки і формують об'єднані підсумки (табл. 4.1).

При перервах у роботі:

– нівелювання слід закінчувати на постійному репері або на трьох кілках, які є точками останніх двох станцій (кілки забивають у дно ям глибиною 0,3 м і присилають землею);

– після перерви знову вимірюють перевищення на останній станції, а при необхідності і на передостанній;

– якщо перевищення змінилося не більш ніж на 3 мм, то хід продовжують;

– якщо перевищення змінилося більш ніж на 3 мм, то нівелювання по секції виконують заново від постійного знака.

При прив'язці нівелірних ходів до стінних марок виконують наступне:

– застосовують підвісну рейку довжиною 1,2 м з такими ж поділками, як на основних рейках;

– нуль на підвісній рейці при її підвісці поєднується з центром марки;

– при відсутності підвісної рейки допускається використання лінійки з міліметровими поділками.

Крім того, прив'язку нівелірного ходу до стінної марки допускається виконати таким чином: на стіні, на якій встановлена марка, відзначають проекцію трьох ниток нівеліра, а потім заміряють сталевую рулеткою або лінійкою відстані від центра марки до проекції ниток.

У кожному випадку спостереження виконують двічі, змінюючи перед повторними спостереженнями висоту нівеліра не менш ніж на 3 см.

Під час прокладання нівелірних ходів III класу складають їх схему, на якій показують:

- усі репери та марки;
- місцеві предмети, на які передані позначки;
- перевищення за основними ходами і за ходами, які прив'язуються, їх довжини та кількості станцій.

Обробка результатів нівелювання III класу включає:

- перевірку обчислень у польових журналах (табл. 4.1) та виконання посторінкового контролю й об'єднаних підсумків по секції;
- складання відомості перевищень, які виправляються за довжиною середнього метра пари рейок;
- визначення висотної нев'язки, ув'язку перевищень і обчислення всіх позначок (висот) точок ходу.

Гранична висотна нев'язка $f_{h_{zp}}$ у нівелірних ходах III класу визначається за формулою:

$$f_{h_{zp}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(\text{км})}}, \quad (4.1)$$

де $L_{(\text{км})}$ – довжина ходу, км.

Якщо фактична нев'язка f_h не перевищує допустиму, тобто $f_h \leq f_{h_{zp}}$, то проводять вирівнювання нівелірної мережі одним із строгих способів, заснованих на принципі методу найменших квадратів. За виправленими перевищеннями обчислюють позначки (висоти) постійних та тимчасових реперів, а їх значення заносять до каталогу висот пунктів нівелювання.

Польові роботи при нівелюванні IV класу виконують в одному напрямку між пунктами, висоти яких визначені нівелюванням II та III класів.

Довжина ліній нівелювання IV класу не повинна перевищувати 8 км на забудованій території та 12 км на незабудованій.

Нормальна довжина візирного променя приймається рівною 100 м. Якщо нівелювання виконують нівеліром, труба якого має збільшення не менше 30-х, то при відсутності коливань зображень дозволено збільшувати довжину візирного променя до 150 м. Відстані від нівеліра до рейок можна вимірювати віддалеміром.

Нерівність плечей на станції не повинна не більше 5 м, а накопичення в секції – не більше 10 м.

Висота візирного променя над підстильною поверхнею повинна бути не менше 0,2 м.

При виконанні нівелювання на заболоченій місцевості рекомендують застосовувати нівеліри з компенсаторами.

Порядок роботи на станції при прокладанні нівелірних ходів IV класу в основному той же, що і при нівелюванні III класу (див. рис. 4.1).

Етапи нівелювання на станції виконують у такому порядку:

1 – установлюють нівелір у робоче положення та наводять трубу на чорну сторону задньої рейки, приводять бульбашку рівня елеваційним гвинтом на середину (суміщають зображення бульбашки), після повного заспокоєння бульбашки знімають відліки по верхній і середній ниткам;

2 – наводять трубу на чорну сторону передньої рейки і виконують дії, як і на першому етапі;

3 – наводять трубу на червону сторону передньої рейки та знімають відлік по середній нитці сітки ниток;

4 – наводять трубу на червону сторону задньої рейки та беруть відлік по середній нитці сітки ниток.

Результати спостережень записують у польовий журнал (табл. 4.2).

За наявними на станції відліками (1)-(6) обчислюють:

– половину відстані в віддалемірних одиницях до задньої і передньої рейок: (7) = (2) – (1) та (8) = (4) – (3), при цьому їх коливання не повинне перевищувати 2,5 м (при $K = 100$ коливання складає 25 одиниць);

– різницю нулів червоної та чорної сторін задньої і передньої рейок: (9) = (6) – (2) та (10) = (5) – (4);

– перевищення по чорних сторонах рейок: (11) = (2) – (4);

– перевищення по червоних сторонах рейок: (12) = (6) – (5);

– середнє перевищення на станції: (13) = [(11) + (12) ± Δh_0] / 2, де Δh_0 – різниця нулів червоних сторін пари рейок, отримана при їх дослідженні;

– різницю нулів червоних сторін пари рейок за результатами нівелювання: (14) = (10) – (9), при цьому відхилення величини (14) від Δh_0 допускається не більше ±5 мм;

– контроль спостережень на станції полягає у визначенні розбіжності між значеннями перевищень, визначених по чорних і червоних сторонах рейок, з урахуванням різниці нулів червоних сторін пари рейок, яка не повинна перевищувати ±5 мм, а якщо ця розбіжність перевищує ±5 мм, то спостереження на станції виконують знову, змінивши попередньо на 3-5 см висоту нівеліра.

Таблиця 4.2 – Журнал нівелювання ІV класу

Нівелір Н-3, № 254879
Спостерігач: Петров П. П.

Дата 07.07.2011 р.
Обчислювач: Іванов І. І.

Номера станцій та рейок	Далекомірні відстані до задньої та передньої рейок	Відліки на рейках, мм		Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм
		задня	передня		
	407 (7)	0245 (2)	2521 (4)		
1	410 (8)	0649 (1)	2931 (3)	-2282 (11)	
1-2	-6/-6	5436 (6)	7619 (5)	-2183 (12)	-2282 (13)
		4787 (9)	4688 (10)	-99 (14)	
	152	0201	1490		
2	147	0353	1637	-1284	
2-1	+5/-1	5040	6425	-1385	-1284
		4687	4788	+101	
	325	0275	0930		
3	319	0600	1249	-649	
1-2	+6/+5	5386	5936	-550	-650
		4786	4687	-99	
	119	1165	0239		
4	120	1284	0359	+925	
2-1	-1/+4	5971	5146	+825	+925
		4687	4787	+100	
Посторінкові контрольні розрахунки	1999 (20)	- 24719 (15) 31302 (16) +6583 (18)	31302 (16)	-6583 (17) -3292 (19)	-3191 (20)
Контрольні розрахунки наприкінці ходу					
49 (30)	27526 (28) 5,5 км (29)	- 363920 (22) 382052 (23) -18132 (25)	382052 (23)	-18132 (24) -9066 (26)	-9065 (27)

Примітки:

- (1)-(6) – черговість записів спостережених величин на станції;
 (7)-(14) – черговість записів результатів обчислень та контрольних розрахунків на станції;
 (15)-(21) – черговість записів результатів виконання посторінкових контрольних розрахунків;
 (22)-(30) – черговість записів результатів виконання контрольних розрахунків наприкінці ходу.

Одночасно з виконанням польової роботи здійснюють посторінковий контроль обчислень, для цього знаходять:

– суми відліків по середніх нитках на чорних і червоних сторонах окремо задньої (15) та передньої (16) рейок;

– суму перевищень (17), обчислених по чорних і червоних сторонах рейок, яка повинна дорівнювати різниці (18) = (15) – (16);

– при непарному числі станцій на сторінці журналу отриману суму перевищень (17) виправляють на величину різниці висот нулів червоних сторін пари рейок Δh_0 з тим знаком, який Δh_0 мала на останньому штативі;

– половина виправленої суми (17) / 2 = (19) має дорівнювати сумі середніх перевищень (20), однак за рахунок округлення чисел їх останній знак може відрізнятись на половину числа станцій на сторінці;

– розраховують суму половинних віддалей від нівеліра до рейок (21).

Наприкінці ходу виконують контрольні розрахунки (табл. 4.2), які здійснюють з використанням даних посторінкових контрольних обчислень. Черговість виконання та записів результатів контрольних розрахунків наприкінці ходу (22)-(28) аналогічні виконанню та записам результатів посторінкового контролю обчислень (15)-(21). Крім того, наприкінці ходу здійснюють підсумовування загальної довжини ходу $L_{(км)}$ в кілометрах (29) та загальної кількості станцій n (30).

При кількості станцій $n < 15$ на 1 км ходу, гранична висотна нев'язка $f_{h_{zp}}$ у нівелірних ходах IV класу визначається за формулою:

$$f_{h_{zp}} = \pm 20 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(км)}}. \quad (4.3)$$

При великих ухилах, коли кількість станцій $n > 15$ на 1 км ходу, гранична висотна нев'язка $f_{h_{zp}}$ визначається за формулою:

$$f_{h_{zp}} = \pm 5 \text{ мм} \cdot \sqrt{n}. \quad (4.4)$$

Якщо фактична нев'язка f_h не перевищує допустиму, тобто $f_h \leq f_{h_{zp}}$, то результати нівелювання мереж IV класу з достатнім числом вихідних пунктів допускається вирівнювати спрощеним способом. За виправленими перевищеньнями обчислюють позначки (висоти) постійних та тимчасових реперів, а їх значення, як і за результатами нівелювання мереж III класу, заносять до каталогу висот пунктів нівелювання.

4.2 Нівелювання ділянки берегу річки для проектування уклонного водомірного поста та визначення миттєвого уклону водної поверхні річки

Виконання нівелювання ділянки берегу річки для проектування уклонного водпоста та визначення миттєвого уклону водної поверхні річки здійснюють шляхом нівелювання III або IV класів (див. пп. 4.1). Обробка результатів такого нівелювання складається з попередніх і вирівнювальних обчислень.

Під час попередніх обчислень виконують наступне:

- перевірку матеріалів досліджень нівелірів і рейок;
- контроль польових обчислень у журналах нівелювання;
- складання відомостей перевищень;
- обчислення за попередніми вихідними даними висот нівелірних знаків спрощеними способами вирівнювання.

Вирівнювальні обчислення виконують з метою отримання ймовірних значень висот нівелірних знаків. Їх вважають остаточними, якщо вони виконані строгими способами на основі остаточних вихідних даних.

Далі представлений докладний зміст і порядок попередніх обчислень а також спрощеного способу вирівнювання одиночного нівелірного ходу.

Попередні обчислення. З метою забезпечення вірності результатів нівелювання здійснюють контроль їх виконання, шляхом перевірки в дві руки наступних даних:

- польових журналів, де заново обчислюються перевищення і числа, що їх контролюють (посторінкові та об'єднані підсумки кожної секції);
- матеріалів досліджень нівелірів і рейок, де переконуються в правильності використання отриманих результатів в обчисленнях перевищень.

Помічені помилки виправляються червоним чорнилом: закреслюється невірний результат і над ним записується вірний.

Відомості перевищень для обчислення висот знаків нівелювання III та IV класів складаються на кожну лінію.

У відомість нівелювання IV класу (табл. 4.3) з польових журналів виписують:

- типи та номери знаків;
- довжини секцій і число станцій;
- перевищення, виправлені поправкою за середню довжину метра рейок;
- дається опис місця розташування нівелірних знаків.

Внизу під рискою записують підсумкові значення:

- довжини ходу;
- кількості станцій;
- загального перевищення.

Таблиця 4.3 – Відомість перевищень і висот знаків нівелювання одиночного нівелірного ходу IV класу

Тип і № знаку	Місцеположення знаку	Відстань між знаками, км	Кількість станцій	Перевищення, м, поправки до перевищень, мм	Висота знака над рівнем моря, м
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Грунтовий репер 14	400 м на схід від с. Качури та 5 м на північ від дороги «Качури – Калістратівка»				141,820
Стінний репер 133	с.м.т. Зайцеве, у західній стіні ТЕЦ	5,4	67	+8 +1,081	142,91
Марка 3129	с. Петрівка, у стіні сільського клубу	4,8	54	+6 +7,793	150,71
Волок	Пункт тріангуляції 3 класу, 200 м на південь від с. Васюки та 10 м на схід від дороги «Васюки – Миронівка»	6,5	93	+10 –2,050	148,67
Марка 0594	с. Сало, у західній стіні магазину	4,5	62	+7 +1,960	150,635
		21,2	276	+8,784	+8,815
$f_h = \sum h - (H_{кін} - H_{поч}) = +8784 - 8815 = -31 \text{ мм};$ $f_{h_{дон}} = \pm 20 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(км)}} = \pm 20 \text{ мм} \cdot \sqrt{21,2} = \pm 92 \text{ мм}$					

Відомість перевищень III класу доповнюється ще трьома графами:

- перевищень зворотного ходу;
- різниці між перевищеннями прямого і зворотного ходів;
- середнього перевищення;

Крім того, у відомості перевищень III класу в графі 4 у знаменнику записують число станцій по секціях зворотного ходу.

Вирівнювальні обчислення. При виконанні геодезичних робіт окрім необхідних вимірювань виконують також і надлишкові вимірювання, які потім дають можливість:

- надійно контролювати вимірювання;
- підвищувати точність шуканих елементів;
- оцінювати точність визначення цих елементів.

Однак, при наявності надлишкових вимірів виникає неоднозначність отримання визначених величин, що призводить до нев'язки.

Для усунення невідповідностей, пов'язаних з виникненням нев'язки, математично виконується вирівнювання геодезичних вимірювань, в результаті якого знаходять поправки до виміряних величин.

Одиначний нівелірний хід, який прокладений між двома вихідними пунктами, або хід, побудований у формі замкнутого полігона, містить одне єдине надлишкове вимірювання.

Таким чином, в одиначному нівелірному ході внаслідок неминучих похибок, які супроводжують вимірювання перевищення, сума перевищень всього ходу не буде дорівнювати різниці висот вихідних реперів та/або марок, що обов'язково призводить до появи нев'язки.

Шукані поправки визначають шляхом розподілу отриманої нев'язки з оберненим знаком пропорційно зворотним вагам виміряних перевищень за секціями.

Вирівняні перевищення знаходять шляхом виправлення виміряних перевищень знайденими поправками.

За вирівняними перевищеннями обчислюються вирівняні найбільш надійні значення висот проміжних реперів.

Оцінка точності проведених вимірювань в одиначному нівелірному ході може бути виконана за різницею між перевищеннями, виміряними в секціях ходу в прямому і зворотному напрямках.

Відомо, що система ходів з однією вузловою точкою містить $n - 1$ надлишкових вимірювань, де n – число ходів-ланок, які сходяться у вузловій точці.

Найбільш надійне значення висоти вузлового репера в цьому випадку визначається за принципом вагового середнього з урахуванням ваг виміряних перевищень у ходах, що утворюють цю мережу.

Вирівнювання нівелірних мереж з багатьма вузловими точками виконується строго за методом найменших квадратів корелатним або параметричним способами.

Для нівелірних мереж з невеликим числом вузлових точок можна застосовувати такі наближені (спрощені) способи вирівнювання:

- спосіб еквівалентної заміни, заснований на ваговому середньому;
- спосіб послідовних наближень, заснований на параметричному способі вирівнювання;
- спосіб полігонів, заснований на корелатному способі вирівнювання.

Далі наведено *приклад вирівнювання одиночного нівелірного ходу*.

Найбільш простим є вирівнювання (обчислення висот проміжних пунктів і оцінка точності їх визначення) одиночного ходу, що спирається на два вихідних пункти.

Очевидно, що в цьому випадку сума перевищень ходу повинна бути дорівнювати різниці висот кінцевого і початкового пунктів.

Однак, неминучі похибки нівелювання порушують цю умову, утворюючи нев'язку f_h ходу:

$$f_h = \sum h - (H_{\text{кін}} - H_{\text{поч}}), \quad (4.5)$$

де $\sum h$ – сума середніх перевищень ходу;

$H_{\text{кін}}$ та $H_{\text{поч}}$ – відповідно позначки (висоти) кінцевої та початкової марок або реперів (кінцевого і початкового вихідних пунктів).

Приймаючи в якості граничної похибки її подвоєне значення (для прямого і зворотного ходу або окремих секції ходу чи нівелірного полігону відповідного класу), для визначення допустимих нев'язок $f_{h_{\text{дон}}}$ (в мм) використовують формули (4.2) та (4.3).

Порівнюючи значення отриманої нев'язки ходу f_h з величиною допустимої нев'язки ходу $f_{h_{\text{дон}}}$ переконуються в придатності польових вимірювань.

Для отримання вирівняних значень перевищень нев'язку ходу f_h розподіляють з протилежним знаком пропорційно довжинам секцій, тобто:

$$v_{h_i} = -\frac{f_h}{L} l_i, \quad (4.6)$$

де v_{h_i} – поправка в перевищення i -ї секції, мм;

l_i – довжина i -ї секції, км;

L – довжина нівелірного ходу (полігону), км.

Якщо кількість станцій на один кілометр ходу в різних секціях значно відрізняється, то нев'язку розподіляють пропорційно кількості станцій:

$$v_h = -\frac{f_h}{N}n_i, \quad (4.7)$$

де N – кількість станцій в нівелірному ході (полігоні);

n_i – кількість станцій i -й секції.

Ймовірне значення висот знаків обчислюють від початкового пункту до кінцевого, додаючи послідовно вирівняні перевищення секцій ходу. Висоти знаків III класу записують до 0,001 м, а IV класу – до 0,01 м (табл. 4.3).

Оцінку точності польових вимірювань в одиночному нівелірному ході виконують за різницями подвійних вимірів. Середню квадратичну похибку середнього перевищення за ходом (в полігоні) в 1 км обчислюють двічі, відповідно за основною та контрольною формулами:

$$m_{км} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{L}} \quad \text{або} \quad m_{км} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{[L]}}, \quad (4.8)$$

де Δ – різниця між перевищеннями у прямому і зворотному ході у секції нівелірного ходу (полігону), мм;

$[L]$ – довжина ходу, км;

L – довжина секції, км;

n – кількість різниць.

Різниця Δ між перевищеннями у прямому h_{np} і зворотному $h_{зв}$ ході у секції нівелірного ходу (полігону) визначається за формулою

$$\Delta = h_{np} + h_{зв}, \quad (4.9)$$

Оцінка точності вирівняних значень полягає обчисленні середніх квадратичних похибок M_{H_i} проміжних реперів у ході:

$$M_{H_i} = \frac{m_{км}}{\sqrt{P_{H_i}}}, \quad (4.10)$$

де P_{H_i} – вага позначки проміжного репера.

Визначення уклону водної поверхні на ділянці річки в залежності від його величини виконується шляхом нівелювання III або IV класів позначок поверхні води за наступними етапами:

1 – через 0,15-0,20 км фіксується миттєвий рівень води в 2-3 створах річки за допомогою, забитих в рівень з поверхнею води, урізних кілків;

2 – шляхом нівелювання III (IV) класів визначають перевищення між суміжними урізними кілками h_{i-i+1} (м) або падіння рівня води (в прямому та зворотному напрямках);

3 – визначають уклон водної поверхні річки між суміжними урізними кілками I_{i-i+1} (‰) та на всій дослідженій ділянці річки I_{1-n} (‰), тобто між першим і останнім урізними кілками).

Уклон водної поверхні I_{i-i+1} та I_{1-n} , ‰ визначається за формулою:

$$I_{i-i+1} = h_{i-i+1} / L_{i-i+1} \quad \text{та} \quad I_{1-n} = h_{1-n} / L_{1-n}. \quad (4.11)$$

де h_{i-i+1} – перевищення між суміжними урізними кілками (або падіння рівня води між суміжними урізними кілками), м;

h_{1-n} – перевищення між першим і останнім урізними кілками (або падіння рівня води на всій дослідженій ділянці річки), м;

L_{i-i+1} – відстань між суміжними урізними кілками, км;

L_{1-n} – відстань між першим і останнім урізними кілками, км.

У випадку подальшого використання даного уклонного водомірного поста для визначення уклону водної поверхні використовують позначки миттєвого рівня води H_i (м) річки, визначених на урізних кілках. В цьому випадку уклон водної поверхні I_{i-i+1} та I_{1-n} , ‰ визначається за формулою:

$$I_{i-i+1} = \Delta H_{i-i+1} / L_{i-i+1} \quad \text{та} \quad I_{1-n} = \Delta H_{1-n} / L_{1-n}. \quad (4.12)$$

де ΔH_{i-i+1} – різниця між позначками миттєвого рівня води на суміжних урізних кілках, м;

ΔH_{1-n} – різниця між позначками миттєвого рівня води на першому і останньому урізних кілках, м.

L_{i-i+1} та L_{1-n} – відповідно відстані між суміжними та першим і останнім урізними кілками, км.

Уклон водної поверхні є важливою гідравлічною характеристикою, яка використовується при розрахунках витрат води, проектуванні тощо.

4.3 Передача позначки через річку шириною 100-300 м

Досить часто траса нівелірного ходу III та IV класів перетинає водні перешкоди (водойми та водотоки, глибокі яри), ширина яких перевищує довжину нормального візирного променя. Способи передачі висот у цьому випадку залежать від протяжності цих перешкод і місцевих умов.

Нижче розглянуті принципові особливості деяких з них – особливі випадки нівелювання.

1. Нівелювання IV класу через водні перешкоди шириною 200-400 м дозволяється виконувати з використанням урізу води. З цією метою на протилежних берегах установлюють репери *A* та *D*, а поблизу урізу води викопують відвідні канавки, в яких забивають урізні кілки *B* та *C* на рівень поверхні води (рис. 4.2).

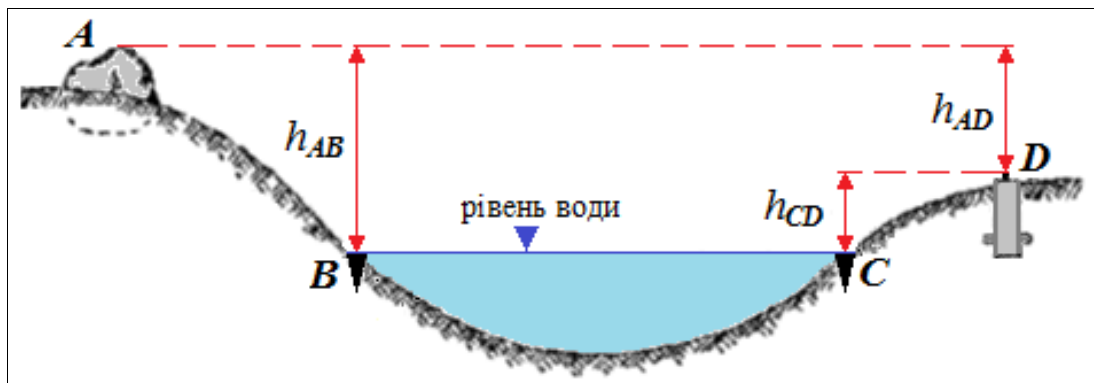


Рисунок 4.2 – Схема визначення перевищення за допомогою рівня води

Кілки *B* та *C* в канавках зв'язують нівелюванням відповідно з реперами *A* та *D* на берегах і в результаті отримують відповідні перевищення h_{AB} і h_{CD} .

Якщо вважати рівень води горизонтальним, то перевищення h_{AD} між реперами *A* та *D*, як видно з рис. 10.1, буде дорівнювати (табл. 4.4):

$$h_{AD} = h_{AB} - h_{CD}. \quad (4.13)$$

Для виконання контролю, перевищення h_{AD} повторно визначають з використанням другої пари кілків, які забивають на деякому віддаленні від першої пари. Різниця між перевищеннями не повинна відрізнятись більш ніж на ± 20 мм. Остаточне перевищення обчислюють як середнє арифметичне з двох значень.

Таблиця 4.4 – Приклад розрахунку перевищення, визначеного шляхом нівелювання IV класу через річку шириною 300 м за допомогою двох пар урізних кілків

Номер пари урізних кілків	Виміряні між реперами та урізом перевищення, м		Визначення перевищення між реперами			
			Перевищення, м	Різниця, мм		Середнє значення перевищення, м
	h_{AB}	h_{CD}		$h_{AD} = h_{AB} - h_{CD}$	фактична	
1-а пара	2,598	0,502	2,096	-8	±20	2,100
2-а пара	2,601	0,497	2,104			

2. Нівелювання III та IV класів через водні перешкоди шириною до 200 м виконують з додержанням таких вимог:

- рівності віддалей до передньої та задньої рейок;
- перевищення визначається двома прийомами, змінюючи між першим і другим прийомами висоту приладу на 3-5 см;
- розбіжність перевищень між прийомами допускати не більше ±4 мм для III класу та не більше ±7 мм для IV класу.

Найгіршим випадком нівелювання вважається такий, при якому один промінь проходить над водою, а інший – над берегом (рис. 4.3, *a*), тому що у даному випадку вплив рефракції буде різним. Однак нівелювання виконується і в цьому випадку, але обов'язково двома прийомами з обох берегів.

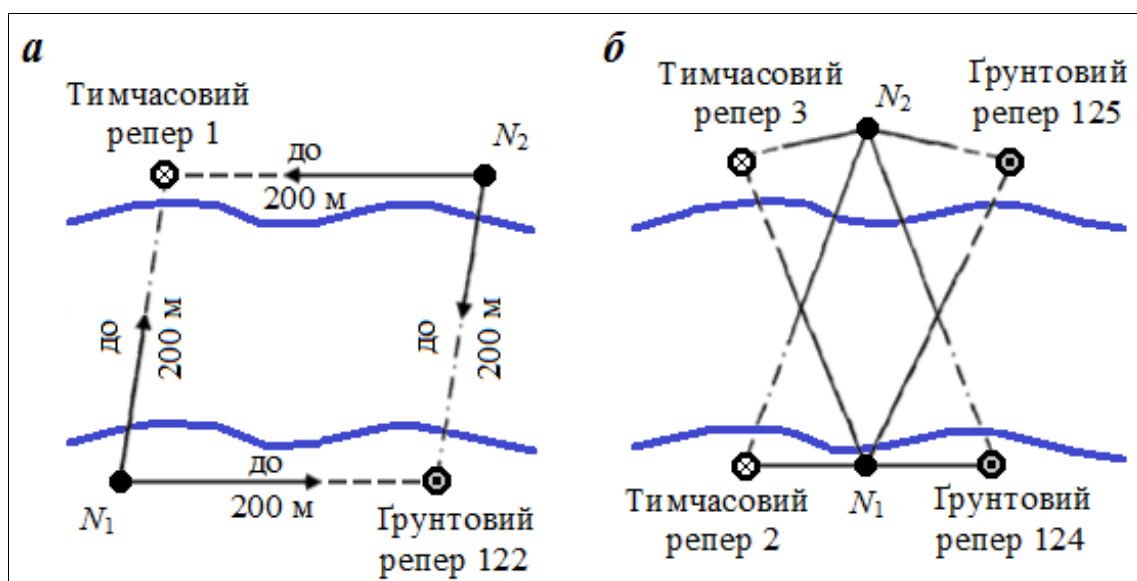


Рисунок 4.3 – Нівелювання через водну перешкоду:
a – шириною до 200 м; *б* – шириною понад 200 м

Перевищення $h_{ГР122-ТР1}$, які визначені з різних берегів, не повинні розбігатися більш ніж на ± 10 мм. Остаточне перевищення обчислюють як середнє арифметичне з двох значень (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Приклад розрахунку перевищення, визначеного шляхом нівелювання III класу через річку шириною 150 м двома прийомами з обох берегів річки

Берег річки	Виміряне двома прийомами перевищення, $h_{ГР122-ТР1}$, м	Різниця, мм		Середнє значення перевищення, м
		фактична	допустима	
Лівий	1,003	+5	± 10	1,001
Правий	0,998			

3. Нівелювання III та IV класів через водні перешкоди шириною понад 200 м можуть бути виконані при нерівних відстанях від нівеліра до рейок, зробивши перший півприйм з одного берега, другий – з іншого (рис. 4.3, б).

Якщо перше перевищення буде перебільшене, то настільки ж друге перевищення буде применшене (або навпаки).

Середнє арифметичне з обох перевищень має бути вільним:

- від впливу непаралельності візирної осі й осі рівня;
- від впливу кривини Землі та частково від впливу рефракції.

Звітний матеріал до розділу 4:

1) розділ звіту з навчальної практики «**4 Виконання нівелювальних робіт III (IV) класів**» з наступними матеріалами:

- книжка висотної прив'язки до реперів Державної нівелірної мережі;
- повздовжній і поперечні профілі ділянки берегу річки для проектування уклонного водомірного поста та результати визначення уклону водної поверхні річки;
- результати передачі позначки через річку;

2) щоденник практики, заповнений за 6-й, 7-й та 8-й робочі дні.

5 ПРОЕКТУВАННЯ ПАЛЬОВО-РЕЙКОВОГО ВОДОМІРНОГО ПОСТА

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

Рівневі спостереження – це вимірювання рівней води у водоймах і водотоках у визначеному місці у конкретний час.

Водомірний пост (водпост) – це місце, де вимірюють рівні води, яке відповідає певним вимогам та обладнується спеціальними спорудами і приладами.

5.1 Рекогносцировка схилу берега річки для проектування водомірного поста

Серед багатьох типів водомірних постів, які використовуються в Україні та світі, найпростішими та найбільш розповсюдженими є прості – рейкові, пальові, змішані (пальово-рейкові тощо).

Вибір конкретного типу поста визначається амплітудою коливання рівнів води у водному об'єкті, профілем берегового схилу, особливостями гідрологічного режиму, наявністю гідротехнічних споруд тощо.

5.1.1 Система відліків і позначок на водомірному посту

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

«Нуль графіка поста» – це умовна площина, відносно якої проводять спостереження за рівнями води на водпостах.

Положення його позначки визначається нівелюванням від репера водомірного поста і вважається постійною для всього періоду функціонування поста.

Нуль графіка поста призначають на 0,5 м нижче мінімального історичного рівня води в створі водпоста.

При дуже малих глибинах русла позначка нуля графіка поста дорівнює мінімальній позначці дна в створі водомірного поста або трохи нижче від неї.

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

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

Знявши відлік по рейці та додавши до нього величину приводки визначають рівень води над «0» графіка поста. На рис. 5.1 показано схему рівневих спостережень на пальовому водпосту (у строк спостереження приведений рівень води на посту дорівнює: $40 \text{ см} + 240 \text{ см} = 280 \text{ см}$ над «0» графіка поста або $2,80 + 121,00 = 123,80 \text{ м БС}$).

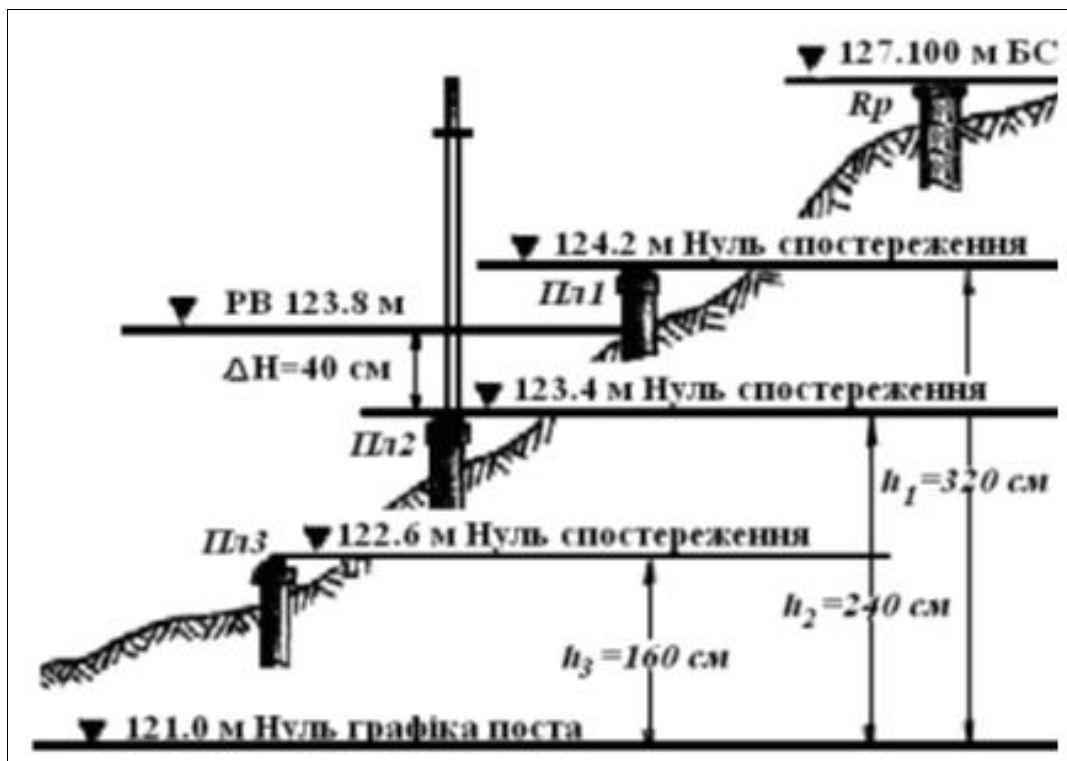


Рисунок 5.1 – Висотна система рівневих спостережень на пальовому водпосту: *Rp* – репер; *БС* – Балтійська система; *Пл1, Пл2, Пл3* – відповідно палі 1, 2, 3; *h₁, h₂, h₃* – приводки відповідно паль 1, 2, 3; *РВ* – рівень води на посту

5.1.2 Обладнання простих водомірних постів

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

Тип поста залежить від амплітуди коливання рівней води й інших умов. Якщо амплітуди коливання рівней води до 3 м, то встановлюють рейковий пост (рейки стандартні з металу, дерева, пластика з поділками через кожні 1-2 см, приклад подано на рис. 5.2). Якщо коливання рівней більше ніж 3 м, то споруджують пальовий водпост шляхом закріплення в ґрунті паль (див. приклад на рис. 5.1). На пальових водомірних постах можуть бути використані, наприклад, металеві палі ПИ-20 і переносні водомірні рейки ГР-104 та/або ГР-23 (рис. 5.3).

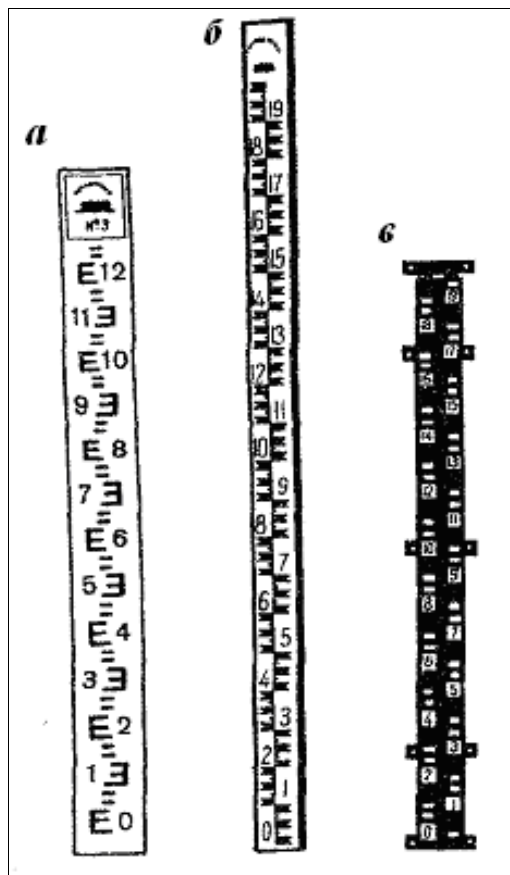


Рисунок 5.2 – Приклади стандартних стаціонарних водомірних рейок:
а – дерев'яна; *б* – металева емальована; *в* – чавунна

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

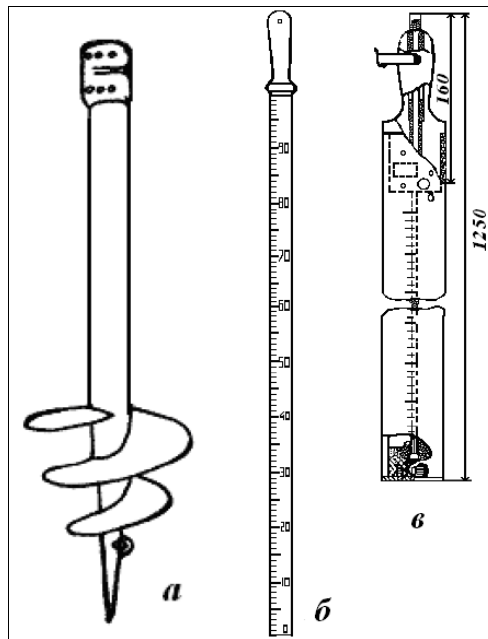


Рисунок 5.3 – Пристрої пальового водпоста:

а – стандартна металева палія ПИ-20; *б* – переносна водомірна рейка ГР-104;
в – переносна водомірна рейка із заспокоювачем ГР-23

5.1.3 Рекогносцировка і дослідження для проектування водпостів

При організації водомірних постів для рівневих спостережень виконують наступне:

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

5.2 Проектування водомірного поста (з його фактичним профілем) і винос в натуру положення та висоти контрольного репера, паль і рейки

Для проектування водомірного поста потрібна наступна інформація:

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

5.2.1 Проектування водомірного поста

При проектуванні водомірного поста потрібно зробити:

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

Проект пальового (рейкового) водпоста (рис. 5.4) доповнюють горизонтальними лініями і позначками «0» графіка поста, рівня високих вод (РВВ), рівня низьких вод (РНВ) та робочого рівня води (РРВ).

Першу палю проектують на позначці, що перевищує позначку РВВ на 0,25-0,50 м. Інші палі розташовують приблизно рівномірно по висоті з перевищеннями між суміжними палями від 0,40 м до 0,80 м.

Позначка останньої палі має бути вище позначки нуля графіка поста, але нижче позначки РНВ.

Відстані між палями в створі водпоста визначаються умовами берегового схилу і русла річки в обраному створі.

Дані проектування необхідні для винесення в натуру та закріплення в обраному створі водомірних пристроїв (паль, рейок) та контрольного репера поста.

Креслення проекту пальового водомірного поста виконують на аркуші міліметрового паперу формату А4 в обраних горизонтальному і вертикальному масштабах (див. приклад на рис. 5.4).

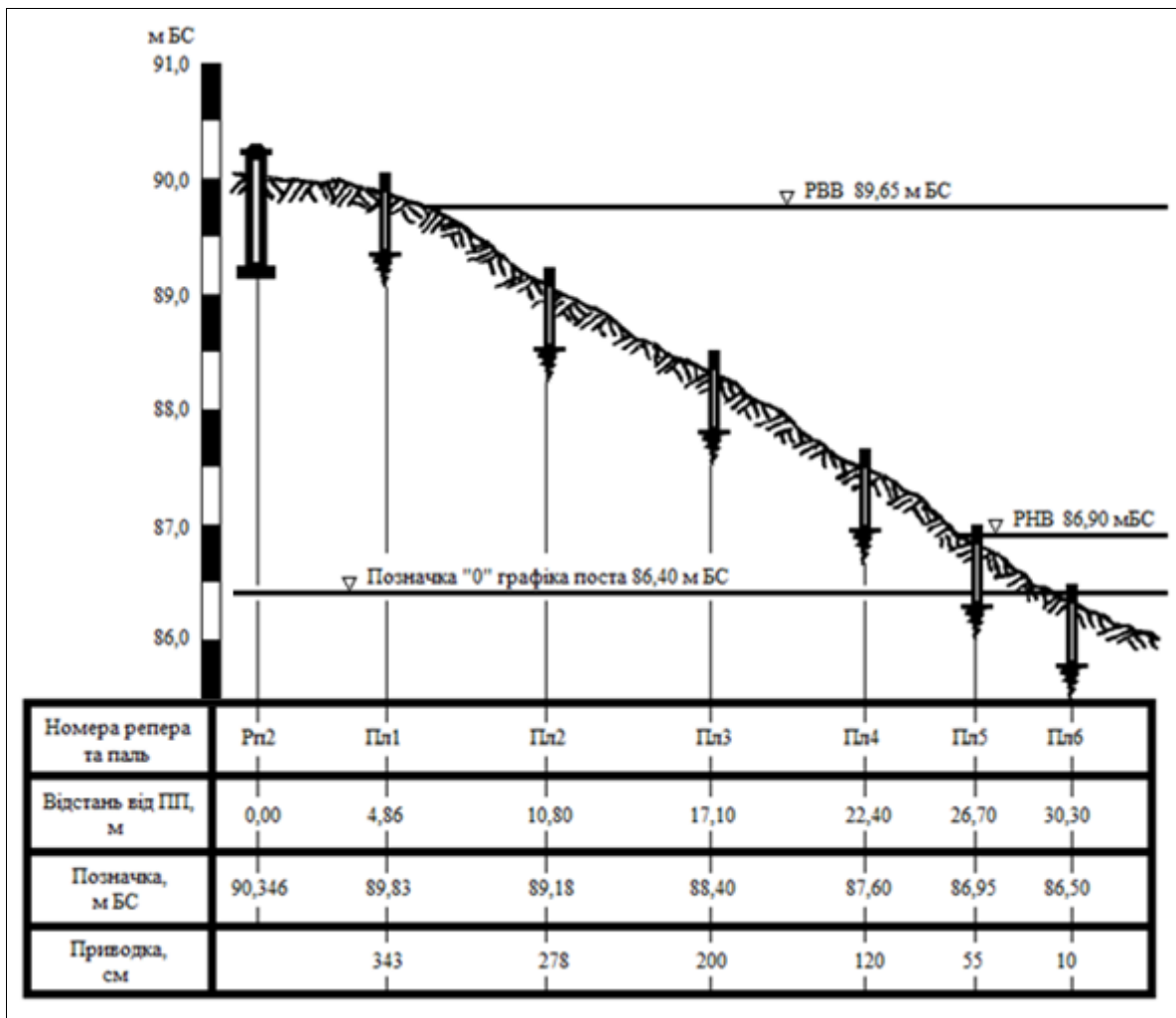


Рисунок 5.4 – Профіль пального водомірного поста

5.2.2 Винос в натуру положення та висоти контрольного репера, палі і рейки

Винос в натуру (на місцевість) положення (кутових точок) контрольного репера, палі і рейки.

Нижче (рис. 5.5) показана схема виносу на місцевість кутової точки (наприклад, точки будівельної сітки або контрольного репера, палі і рейки водомірного поста) способом кутової засічки.

Етапи розрахунку виносу на місцевість кутової точки способом кутової засічки описані нижче.

1. Побудова горизонтального розмічувального кута β_1 для виносу на місцевість кутової точки.

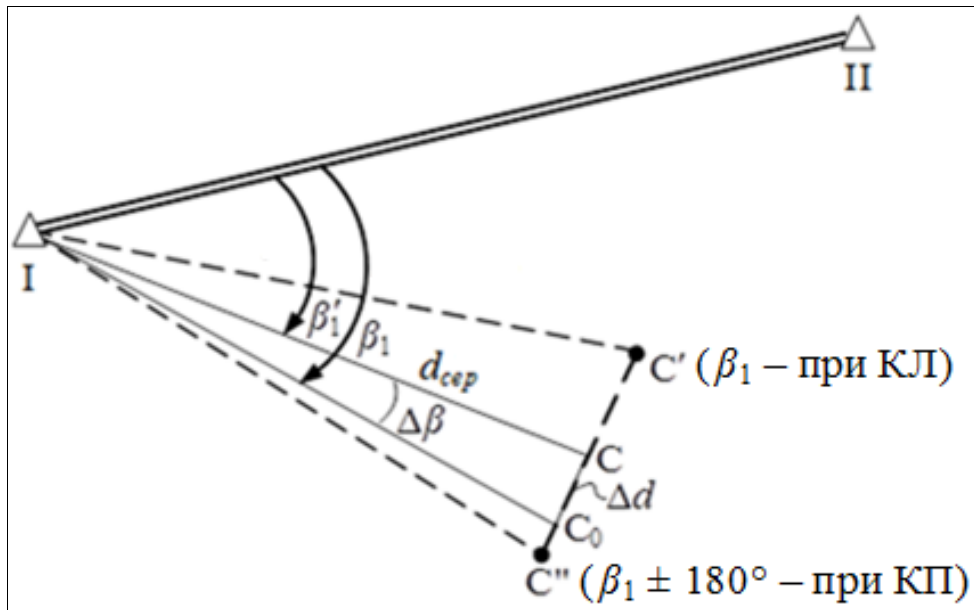


Рисунок 5.5 – Схема виносу кутової точки способом кутової засічки:
 I – геодезичний пункт, де встановлений теодоліт; II – геодезичний пункт,
 на який наводять зорову трубу теодоліту; інші пояснення – у тексті

1.1. Установлюють теодоліт у робоче положення на геодезичному пункті. При положенні вертикального круга з ліва (КЛ) встановлюють на горизонтальному крузі (ГК) відлік $0^{\circ}00'00''$. Потім закріплюють алідаду та наводять зорову трубу на інший геодезичний пункт. Закріплюють лімб ГК.

1.2. Поворотом алідади відкладають при КЛ на лімбі ГК кут β_1 (на рис. 5.5 кут β_1 відкладений вправо), з точністю, що відповідає точності теодоліта, який застосовується (наприклад, для 2Т30П – $t = 30''$). В створі візирної осі на проектній відстані d_{sep} , яка визначається згідно з порядком етапу 2, фіксують на місцевості кутову точку (на рис. 5.5 – це точка C').

1.3. З метою виключення колімаційної похибки таку саму побудову виконують при положенні вертикального круга з права (КП): $\beta_1 \pm 180^{\circ}$, а також фіксують друге положення кутової точки (на рис. 5.5 – це точка C'').

1.4. Визначають і фіксують на місцевості середину відрізка C'C'' (на рис. 5.5 – це точка C).

1.5. Для побудови (виносу) кута β_1 з підвищеною точністю (рис. 5.5), вимірюють знайдений в першому наближенні кут кількома прийомами і визначають його більш точне значення β_1' .

1.6. Знаходять різницю $\Delta\beta''$ між проектним β_1 і вимірним β_1' кутами:

$$\Delta\beta'' = \beta_1 - \beta_1'. \quad (5.1)$$

1.7. Обчислюють лінійну поправку (редукцію) $\Delta d_{ред}$ за формулою:

$$\Delta d_{ред} = d_{сеп} \cdot \Delta \beta'' / \rho'', \quad (5.2)$$

де $\Delta \beta''$ – різниця між проектним β_1 і вимірним β_1' кутами, '';

ρ'' – радіан ($\rho'' = 206265''$).

1.8. Відкладають лінійну поправку Δd від точки С, залежно від знака (на рис. 5.5 – це знак «+»), у сторону точки С' або С'' та закріплюють на місцевості чи будівельному майданчику точку С₀.

2. Побудова (або відкладання) на місцевості проектної відстані $d_{сеп}$ від геодезичного пункту до точки виносу.

2.1. Спочатку від геодезичного пункту в напрямку до точки виносу за допомогою мірної стрічки або рулетки відкладають проектну відстань $d_{сеп}$ і тимчасово фіксують кінцеву точку В' (рис. 5.6).

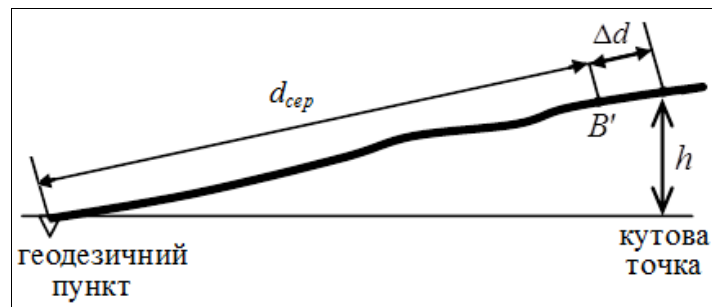


Рисунок 5.6 – Схема побудови (відкладання) на місцевості проектної відстані (пояснення позначень у тексті)

2.2. Обчислюють поправки в проектну відстань.

2.2.1. За компарування мірної стрічки або рулетки Δd_K :

$$\Delta d_K = d_{сеп} \cdot \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0}, \quad (5.3)$$

де ℓ , ℓ_0 – відповідно фактична (визначена в результаті компарування) та номінальна довжина рулетки, м.

2.2.2. За температурний вплив Δd_t :

$$\Delta d_t = d_{сеп} \cdot \alpha \cdot (t - t_0), \quad (5.4)$$

де t , t_0 – відповідно температура вимірювання та компарування, С°;

α – коефіцієнт розширення сталі ($\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$).

2.2.3. За нахил лінії до горизонту Δd_h :

$$\Delta d_h = \frac{h^2}{2 \cdot d_{cep}}, \quad (5.5)$$

де h – перевищення між кінцевими точками (кутовою точкою та геодезичним пунктом) проектної відстані d_{cep} , м, яке визначається за формулою:

$$h = H_T - H_{II}, \quad (5.6)$$

де H_T, H_{II} – відповідно позначки кутової точки та геодезичного пункту.

2.3. Обчислюють загальну поправку Δd :

$$\Delta d = \Delta d_K + \Delta d_t + \Delta d_h. \quad (5.7)$$

2.4. Загальну поправку Δd відкладають з урахуванням загального знака вправо (уперед – знак «+») або вліво (назад – знак «-») від точки B' (на рис. 5.6 – загальна поправка Δd має знак «+») і фіксують точку виносу на місцевості чи будівельному майданчику.

Винос в натуру проектних позначок (висот) контрольного репера, палі і рейки.

Суть даної задачі полягає у відшуванні на поверхні землі (під або над нею) чи на будівельних конструкціях проектної позначки будь-якої точки, положення в плані якої вже відоме. Схема виносу в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки показана на рис. 5.7.

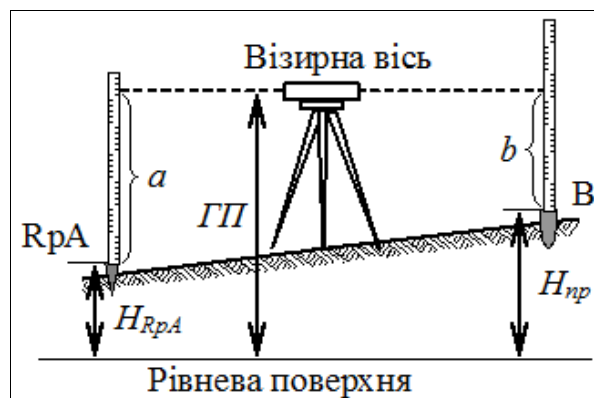


Рисунок 5.7 – Схема виносу в натуру проектної позначки H_{np}

Нижче надано опис умов забезпечення точності висотних вимірів і порядок дій на станції при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки.

1. Умови забезпечення точності висотних вимірів при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки.

1.1. З урахуванням характеристики об'єкту будівництва визначається середня квадратична похибка визначення перевищень на 1 км подвійного ходу (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Умови забезпечення точності (середня квадратична похибка) висотних вимірювань при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної будівельної сітки

№ п/п	Характеристика об'єкту будівництва	Середня квадратична похибка нівелювання на 1 км подвійного ходу, мм
1	2	3
1	Підприємства і споруди на ділянках площею більше ніж 1 км ² та/або окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови понад 100 га	±3 мм
2	Підприємства і споруди на ділянках площею менше ніж 1 км ² та/або окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови від 10 га до 100 га	±5 мм
3	Окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови менше ніж 10000 м ² та/або дороги, інженерні комунікації в межах територій, що забудовуються	±10 мм
4	Дороги, інженерні комунікації територій, які не забудовуються та/або земляні споруди, а також вертикальне планування	±20 мм

1.2. З урахуванням середньої квадратичної похибки визначення перевищень на 1 км подвійного ходу визначаються умови забезпечення точності висотних вимірів (див. табл. 5.2):

- нерівність пліч на станції, м;
- висота візирного променя над перешкодою, м;
- типи нівелірів (згідно з ГОСТ 10528-76);
- типи нівелірних рейок (згідно з ГОСТ 10528-90).

Таблиця 5.2 – Умови забезпечення точності висотних вимірів

№ п/п	Умови вимірювань та типи приладів	Середня квадратична похибка визначення перевищення на станції, мм			
		1 мм	2-3 мм	5 мм	10 мм
1	2	3	4	5	6
1	Нерівність плечей на станції, м	≤4 м	≤7 м	≤10 м	≤15 м
2	Висота візирного променя над перешкодою, м	≤0,3 м	≤0,2 м		
3	Типи нівелірів	Н-05 та/або його модифікації	Н-3 та/або його модифікації		Н-10 та/або його модифікації
4	Типи рейок нівелірних для нівелірів	РН-05	РН-3		РН-10
5	Типи лазерних мірних приладів	–	–	ПІЛ-1 (ТУ ОДО.397.202); ЛВ-5М (ТУ 2.787.001); УКЛ-1 (ТУ ЛУ ШФ2.404.000)	
6	Типи рейок для лазерних мірних приладів	–	–	Рейка з фотоприймачем та/або рейка нівелірна РН-3 для ЛВ-5М	

2. Порядок дій на станції.

2.1. Визначають вихідні дані:

– позначку репера (геодезичного пункту), H_{RpA} ;

– проектну позначку точки виносу, H_{np} .

2.2. Беруть відлік a по чорній стороні рейки на репері A (рис. 5.7).

2.3. Обчислюють горизонт приладу, $ГП$:

$$ГП = H_{RpA} + a. \quad (5.8)$$

2.4. Обчислюють проектний відлік по рейці v на точці виносу B :

$$v = ГП - H_{np}. \quad (5.9)$$

2.5. Установлюють рейку на точці виносу B з проектним відліком v (рис. 5.7). Після цього здійснюють закріплення цієї точки геодезичної розмічувальної сітки на місцевості або на будівельних конструкціях.

Звітний матеріал до розділу 5:

1) розділ звіту з навчальної практики «**5 Проектування пальово-рейкового водомірного поста**» з наступними матеріалами:

– схема (абрис) схилу берега річки для проектування водомірного поста;

– проект водомірного поста та дані виносу в натуру положення та висоти контрольного репера, палі і рейки;

2) щоденник практики, заповнений за 9-й та 10-й робочі дні.

6 НІВЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ ЗА КВАДРАТАМИ

Нівелювання поверхні є одним із видів висотного знімання, яке застосовується на відкритій або напіввідкритій місцевості з різним характером рельєфу при вишукуваннях і проектуванні для будівництва населених пунктів, промислових і цивільних будівель і споруд, аеродромів, гідромеліоративних систем, метеостанцій, землевпорядкування та ін.

Проектування горизонтальної та/або похилої площини виконується з метою розміщення забудови і підземних комунікацій, благоустрою, забезпечення транспортних зав'язків та ін. при максимальному збереженні природного середовища і мінімальному переміщенні земляних мас.

Для проектування горизонтальної площини використовуються дані геометричного нівелювання (або аналітичного інтерполювання) з визначеними фактичними позначками вершин квадратів на топографічному плані місцевості, а для проектування похилої площини також потрібні проектний ухил похилої площини та дирекційний кут напряму проектного ухилу.

6.1 Рекогносцировка ділянки місцевості для нівелювання поверхні за квадратами

Рекогносцировка ділянки місцевості для нівелювання поверхні за квадратами здійснюють з використанням топографічних карт і планів місцевості, а також шляхом її натурного огляду.

Залежно від міри відкритості місцевості, складності її рельєфу та розміру ділянки застосовують такі основні способи нівелювання поверхні: паралельних ліній; полігонів; по квадратах.

Спосіб квадратів застосовують на відкритій місцевості із слабо вираженим рельєфом.

6.2 Розбивка полігону, закріплення і створення мережі квадратів на місцевості за допомогою теодоліта і мірної стрічки

Сутність способу полягає в тому, що на визначеній ділянці місцевості за допомогою теодоліта і рулетки або електронного тахеометра розмічають сітку квадратів (рис. 6.1).

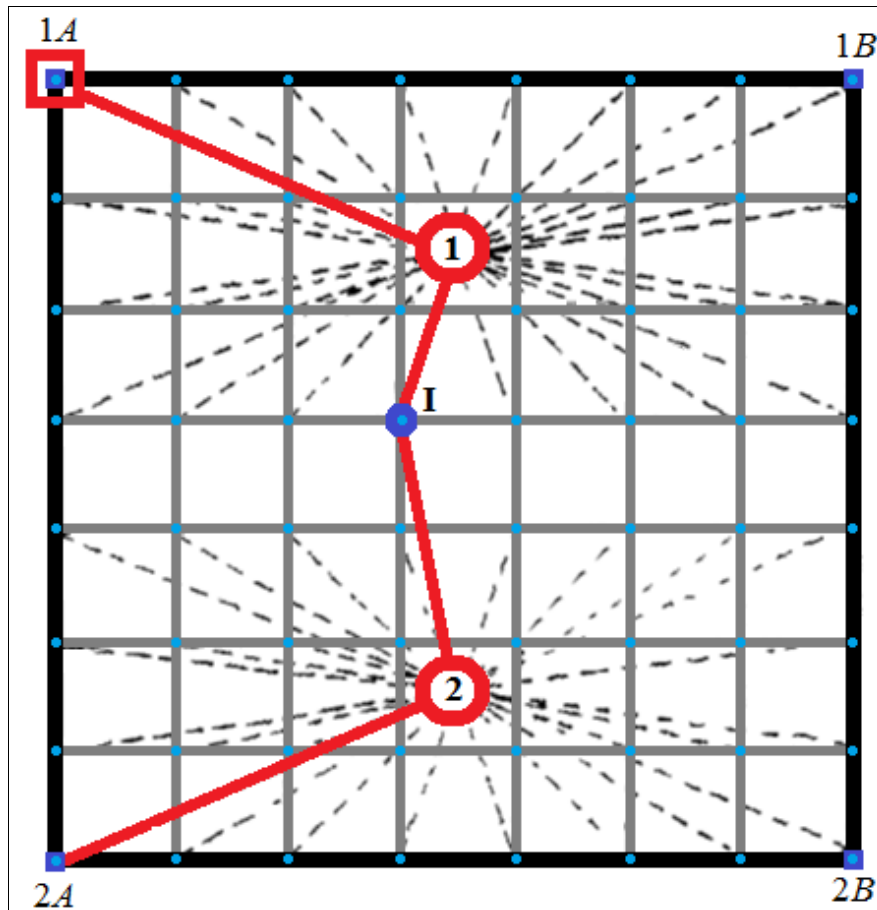


Рисунок 6.1 – Схема нівелювання поверхні по квадратах
(пояснення позначень наведені нижче у тексті)

При нівелюванні великих ділянок діють наступним чином:

- по контуру ділянки нівелювання поверхні місцевості будують великий прямокутник/квадрат (рис. 6.1), вершини $1A-1B-2B-2A$ якого закріплюють бетонними стовпами;
- великий прямокутник/квадрат $1A-1B-2B-2A$ заповнюють малими квадратами із сторонами 10 м у випадку знімань у масштабі 1:500, 20 м – у масштабі 1:1000 і 40 м – у масштабі 1:2000, а вершини цих малих квадратів закріплюють дерев'яними кілками;
- здійснюють планово-висотну прив'язку однієї або будь-яких двох вершин квадратів до пунктів державної геодезичної мережі;
- одночасно з розмічуванням малих квадратів виконують знімання ситуації відомими способами і складають абрис;
- на аркуші паперу накреслюють схему-журнал (журнал-схему), на якій показують квадрати і проставляють їх нумерацію;
- намічають послідовність обходу квадратів при нівелюванні;
- показують станції та їх номери.

6.3 Виконання нівелювання по квадратах

На схемі нівелювання вершин малих квадратів (рис. 6.1), розташованих у великому прямокутнику $1A-1B-2B-2A$ суцільними лініями показаний нівелірний хід $1A-I-2A$, який опирається на точки $1A$ та $2A$, позначки яких отримані раніше за результатами висотної прив'язки до реперів державної нівелірної мережі. Точка I є зв'язуючою між станціями 1 та 2, а штрихові лінії – напрями на точки, які нівелювалися з тієї чи іншої станції.

Послідовність обробки результатів нівелювання описана нижче.

1. Обчислюють фактичну нев'язку f_h (мм) нівелірного ходу $1A-I-2A$ за формулою:

$$f_h = \sum h - (H_{2A} - H_{1A}), \quad (6.1)$$

де h – середні перевищення між зв'язуючими точками нівелірного ходу;

H_{1A} та H_{2A} – позначки, відповідно, вершин $1A$ та $2A$, м.

2. Обчислюють граничну нев'язку f_{zp} (мм) ходу за формулою:

$$f_{zp} = 50 \cdot L^{0,5}, \quad (6.2)$$

де L – довжина нівелірного ходу $1A-I-2A$, км.

3. Якщо $f_h \leq f_{zp}$, то, розподіливши фактичну нев'язку з протилежним знаком на середні перевищення, спочатку обчислюють виправлені перевищення, а потім – позначку зв'язуючої точки I нівелірного ходу.

4. Обчислюють горизонти приладу $ГП_j$ (м) на кожній станції (в наведеному на рис. 6.1 прикладі – це станції 1 і 2) за формулою:

$$ГП_j = H_I + a, \quad (6.3)$$

де H_I – позначка зв'язуючої точки I , м БС;

a – відлік по нівелірній рейці на точці I , м.

5. Обчислюють позначки H_i (м) вершин малих квадратів через горизонт приладу за формулою:

$$H_i = ГП_j - c_i, \quad (6.4)$$

де c_i – відлік по чорній стороні нівелірної рейки на i -й вершині, м.

6. Способом графічного чи аналітичного інтерполювання будують на плані горизонталі рельєфу.

Приклад. Розглянемо результати технічного нівелювання земельної ділянки розміром 100×80 м, на якій розмічені 20 квадратів із сторонами по 20 м (рис. 6.2). Нівелювання виконувалось нівеліром Н-10КЛ і нівелірною рейкою типу РН-10 із станцій 1 і 2. Відліки по рейці, встановленої на вихідному репері з позначкою $H_{P_n} = 37,046$ м, на станціях 1 і 2 відповідно склали: $a_1 = 2921$ мм та $a_2 = 1052$ мм. Відліки по рейці на 2-х зв'язуючих точках 10 і 22 відповідно склали: із станції 1 – 2305 мм та 3345 мм; із станції 2 – 0435 мм та 1474 мм.

Усі відліки по чорній стороні рейки (відліки по червоній стороні не знімали) нанесені на схему-журнал (рис. 6.2).

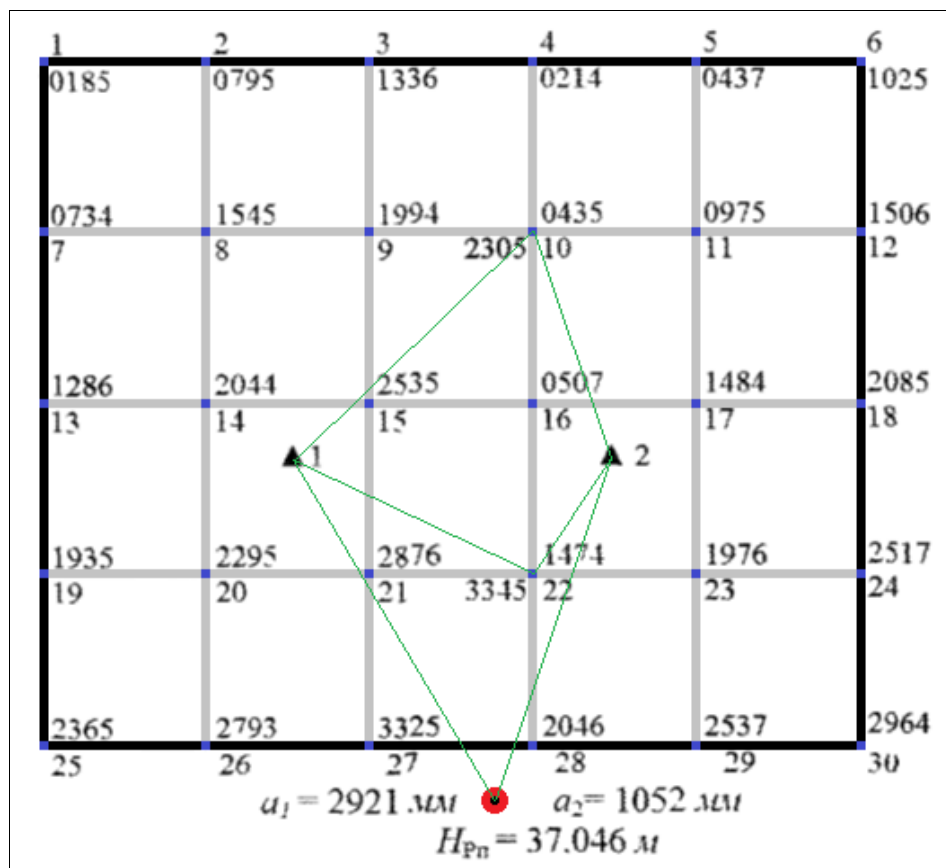


Рисунок 6.2 – Схема-журнал нівелювання по квадратах

6.4 Визначення висот точок

Камеральні роботи виконуються у послідовності, описаній нижче.

1. За формулою (6.3) обчислюють горизонт приладу $ГП_1$ на станції 1:
 $ГП_1 = 37,046 + 2,921 = 39,967$ м.

2. Далі за формулою (6.3) обчислюють горизонт приладу $ГП_2$ на станції 2: $ГП_2 = 37,046 + 1,052 = 38,098$ м.

3. Здійснюють контроль правильності відліків по рейках на репері та на зв'язуючих точках 10 і 22:

– спочатку знаходять різницю двох горизонтів приладів:

$$ГП_1 - ГП_2 = 39,967 - 38,098 = 1,869 \text{ м;}$$

– потім знаходять різниці відліків по рейках на зв'язуючих точках:

$$2,305 - 0,435 = 1,870 \text{ м – на точці 10; } 3,343 - 1,474 = 1,869 \text{ м – на точці 22;}$$

– порівняння розходження різниць складає 1 мм при допуску 5 мм.

4. Обчислюють висоти вершин квадратів (табл. 6.1).

5. Виконують контроль обчислення шляхом порівняння позначок зв'язуючих точок 10 і 22, отриманих за результатами нівелювання із станцій 1 і 2. У наведеному прикладі (табл. 6.1) розходження складає відповідно 1 і 2 мм при допуску 5 мм.

Таблиця 6.1 – Обчислення позначок вершин квадратів, нівельованих із станцій 1 та 2

Станція 1			Станція 2		
$ГП_1 = 37,046 + 2,921 = 39,967$ м			$ГП_2 = 37,046 + 1,052 = 38,098$ м		
Номера точок	c_i , м	H_i , м	Номера точок	c_i , м	H_i , м
1	0,185	39,782	4	0,214	37,884
2	0,795	39,172	5	0,437	37,661
3	1,336	38,631	6	1,025	37,073
7	0,734	39,233	10	0,435	37,663
8	1,545	38,422	11	0,975	37,123
9	1,994	37,973	12	1,506	36,592
10	2,305	37,662	16	0,967	37,131
13	1,286	38,681	17	1,484	36,614
14	2,044	37,923	18	2,085	36,013
15	2,535	37,432	22	1,474	36,624
19	1,935	38,032	23	1,976	36,122
20	2,295	37,672	24	2,517	35,581
21	2,876	37,091	28	2,046	36,052
22	3,345	36,622	29	2,537	35,561
25	2,365	37,602	30	2,964	35,134
26	2,793	37,174			
27	3,325	36,642			

6.5 Побудова плану території в горизонталях

За результатами нівелювання поверхні за квадратами складають топографічний план ділянки місцевості (рис. 6.3), на якому для зображення рельєфу місцевості наносять горизонталі, а за даними абрису – ситуацію (луки, рілля тощо).

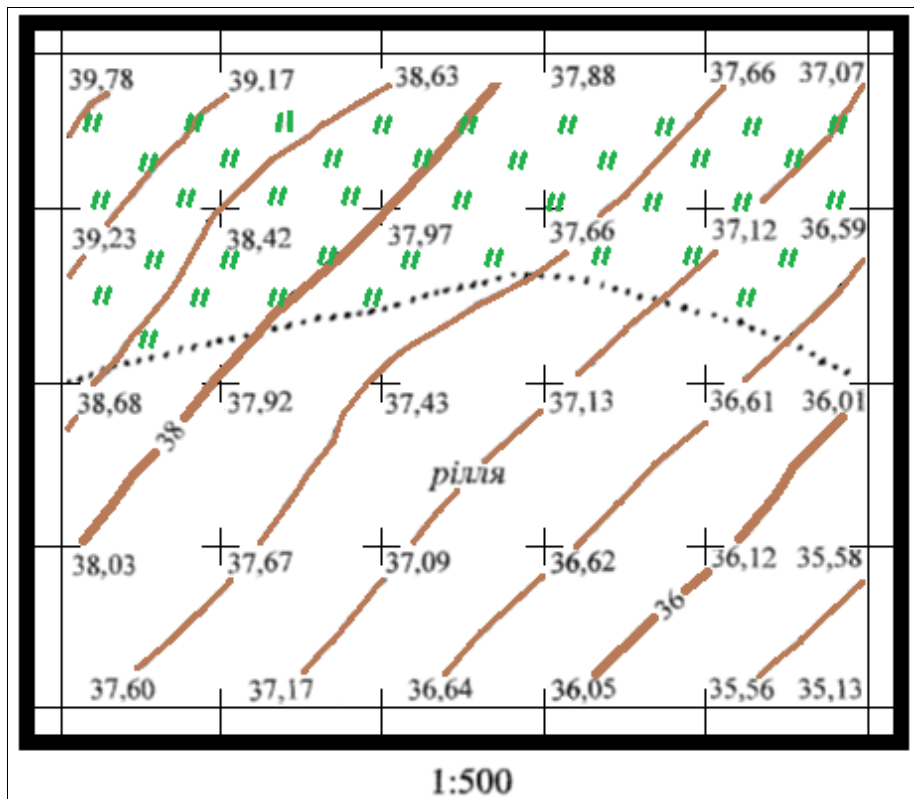


Рисунок 6.3 – Топографічний план нівелювання поверхні за квадратами

6.6 Проектування горизонтальної площини з балансом земляних робіт

Вихідні дані: результати геометричного нівелювання поверхні місцевості за квадратами або аналітичного інтерполювання позначок вершин квадратів на топографічному плані місцевості (рис. 6.4).

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

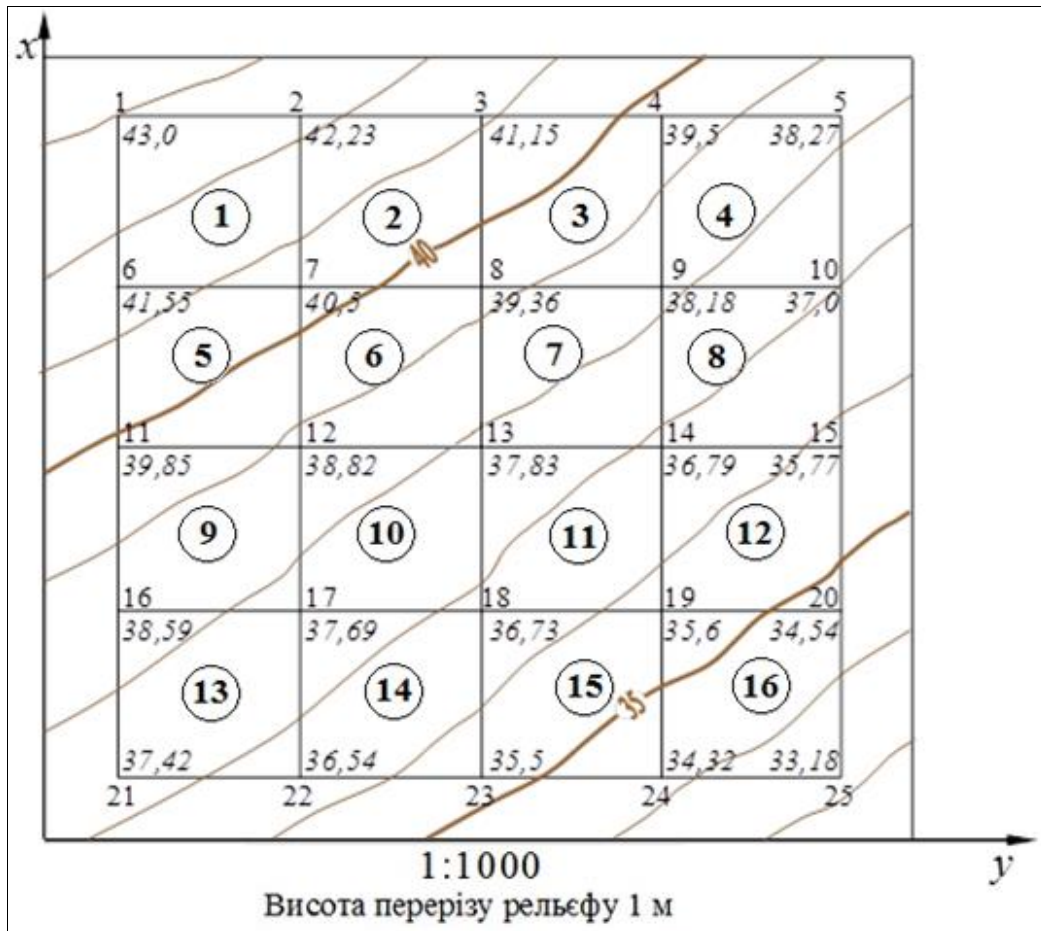


Рисунок 6.4 – Топографічний план ділянки місцевості
(1-16 – номери квадратів, які обведені колами)

Етапи виконання проектування описана нижче за текстом.

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

$$H_{np,0} = \frac{\sum H_{\phi}^I + 2\sum H_{\phi}^{II} + 3\sum H_{\phi}^{III} + 4\sum H_{\phi}^{IV}}{4n}, \quad (6.4)$$

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

n – загальна кількість квадратів.

У наведеному вище прикладі (див. рис. 6.4) лише до одного квадрату належать наступні вершини: 1 (до квадрату 1), 2 (до квадрату 4), 21 (до квадрату 13), 25 (до квадрату 16).

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

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

Одночасно до двох квадратів (рис. 6.4) належать наступні вершини: 2 (до квадратів **1** та **2**), 3 (до квадратів **2** та **3**), 4 (до квадратів **3** та **4**), 6 (до квадратів **1** та **5**), 10 (до квадратів **4** та **8**), 11 (до квадратів **5** та **9**), 15 (до квадратів **8** та **12**), 16 (до квадратів **9** та **13**), 20 (до квадратів **12** та **16**), 22 (до квадратів **13** та **14**), 23 (до квадратів **14** та **15**), 24 (до квадратів **15** та **16**).

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

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

Одночасно до трьох квадратів (рис. 6.4) не належать жодної вершини. Отже, сума фактичних позначок вершин, які належать одночасно до трьох квадратів, дорівнює: $\sum H_{\phi}^{III} = 0 \text{ м.}$

Одночасно до чотирьох квадратів (рис. 6.4) належать наступні вершини: 7 (до квадратів **1, 2, 5, 6**), 8 (до квадратів **2, 3, 6, 7**), 9 (до квадратів **3, 4, 7, 8**), 12 (до квадратів **5, 6, 9, 10**), 13 (до квадратів **6, 7, 10, 11**), 14 (до квадратів **7, 8, 11, 12**), 17 (до квадратів **9, 10, 13, 14**), 18 (до квадратів **10, 11, 14, 15**), 19 (до квадратів **11, 12, 15, 16**).

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

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

Далі за формулою (6.4) отримаємо проектну позначку центра ваги площини:

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

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

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

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

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

Величини робочих позначок записують червоним кольором біля відповідних вершин квадратів на картограмі земляних робіт (рис. 6.5).

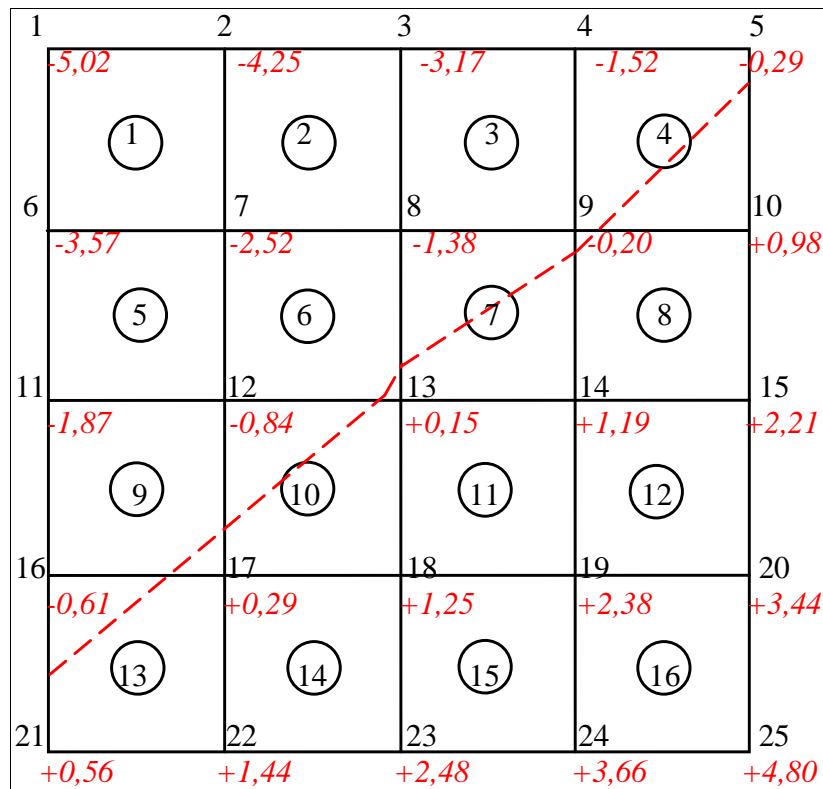


Рисунок 6.5 – Картограма земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини у масштабі 1:1000 (----- лінія нульових робіт)

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

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

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

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

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

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

Далі на відповідних сторонах квадратів позначають точки нульових робіт і шляхом їх з'єднання прямими штриховими лініями отримують межу між виїмкою та насипом (рис. 6.5).

4. Обчислення об'ємів земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини (див. табл. 6.2) виконується за формулами:

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

де V_B, V_H – відповідно об'єми виїмки та насипу, м^3 ;

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

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

S – площа квадрата, м^2 .

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

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

У прикладі похибка визначення об'ємів земляних робіт склала:

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

Таблиця 6.2 – Розрахунок об'ємів земляних робіт при проектуванні горизонтальної площини

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

Звітний матеріал до розділу 6:

1) розділ звіту з навчальної практики «6 Нівелювання поверхні за квадратами» з наступними матеріалами:

- схема (абрис) мережі квадратів;
- журнал з даними нівелювання;
- план території в горизонталях;
- проект горизонтальної площини (наприклад, для будівництва метеорологічного майданчика) з балансом земляних робіт;

2) щоденник практики, заповнений за 11-й, 12-й та 13-й робочі дні.

7 ПРОМІРИ ГЛИБИН І ПРОЕКТУВАННЯ МЕАНДРІВ РІЧКИ

Проміри глибин водойм і водотоків – це вид натурних вимірювань, який дозволяє отримати інформацію про розподіл глибин, характер і ґрунт дна водних об'єктів.

Вихідними даними для проектування профілю траси меандрів річки (при відновленні природних морфологічних елементів річок) або профілю траси автодороги (при будівництві автомобільної дороги) є, відповідно, дані промірів глибин та результати технічного нівелювання. Проектування виконують також з використанням інших вихідних матеріалів (позначок вихідних реперів, даних пікетажного журналу, значень дирекційних кутів, заданих елементів кругової кривої повороту меандрів річки або траси автодороги тощо).

7.1 Рекогносцировка ділянки річки для виконання промірів глибин води

Основним видом геодезичного забезпечення моніторингу водних об'єктів (річок, озер, каналів, ставків і водосховищ різних розмірів тощо) є передусім планово-висотне обґрунтування гідрологічних (гідрометричних) та гідроекологічних (гідрохімічних і гідробіологічних) робіт. До складу цих робіт входять: висотна прив'язка до реперів Державної геодезичної мережі за допомогою нівеліру, визначення позначок водної та земної поверхні, розбивка й орієнтування магістралі та створів з використанням приладів для лінійних вимірювань, кутомірних приладів і GPS, визначення ширини річки за допомогою теодоліту, GPS, мірної стрічки, тросу, визначення положення поверхневих поплавців або швидкісних вертикалей у гідрометричному створі з використанням теодоліту (при визначенні витрат води поверхневими поплавцями і гідрометричними млинками), виконання промірів глибин на водоймах і водотоках різних розмірів з використанням ехолоту, лоту механічного з вантажем рибоподібної форми, лоту ручного або лотліню), штанги гідрометричної, рейки водомірної переносної, обробка одержаних матеріалів.

Перед початком польових робіт на водних об'єктах обов'язково виконують рекогносцировку (способом GPS і окомірно-бусольна зйомки).

Рекогносцировка – це здійснення попередніх огляду і обстеження ділянки водного об'єкту та прилеглої місцевості, з метою вибору місць розташування пунктів спостережень і вимірювань.

Рекогносцировку можна виконувати з використанням: планшету для записів (рис. 7.1), ручної бусолі (рис. 7.2), лотліня (рис. 7.3), лоту механічного (рис. 7.4), приймача GPS (рис. 7.5), ехолоту (рис. 7.6), мірних приладів (мірних стрічок, рулеток, лазерних віддалемірів), годинника (бажано з секундною стрілкою), плавзасобів тощо.

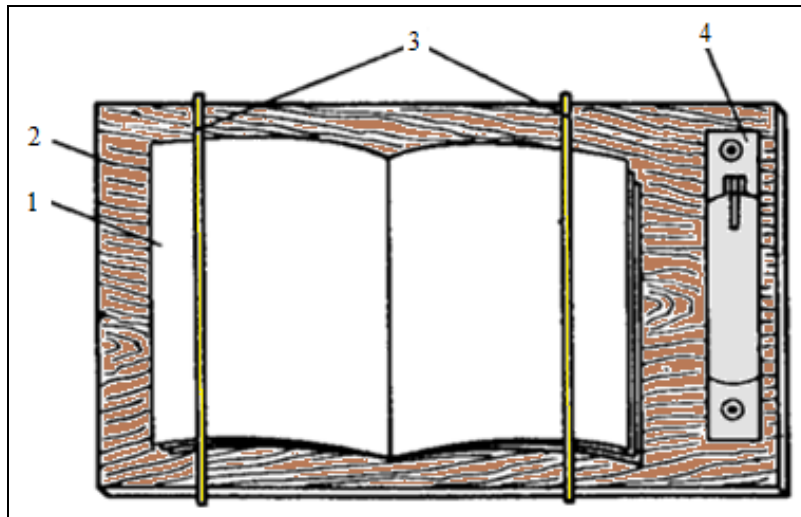


Рисунок 7.1 – Планшет для записі вимірювань:

1 – польовий журнал, 2 – лист фанери, 3 – гумка, 4 – футляр з олівцем

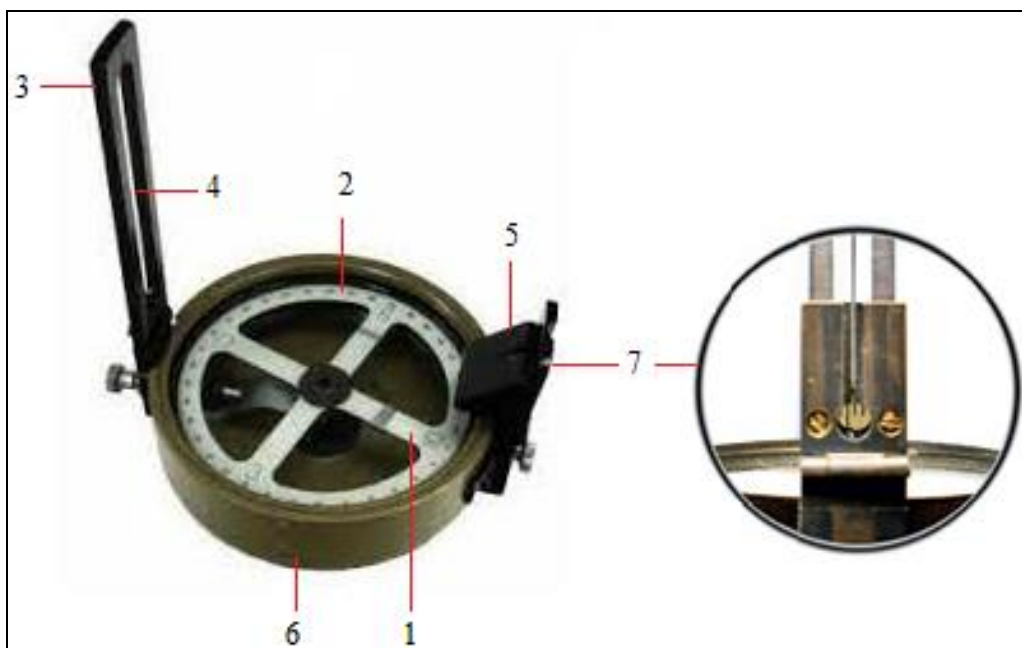


Рисунок 7.2 – Ручна бусоль БШ-1 (бусоль Шмалькальдера):

1 – магнітна стрілка, 2 – лімб, 3 – предметний діоптр, 4 – візирна нитка, 5 – діоптр для ока, 6 – кільце для захисту, 7 – призматична лупа

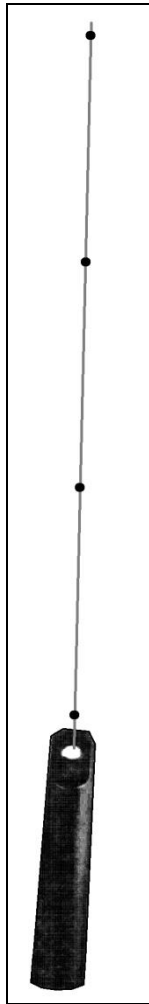


Рисунок 7.3 – Лот промірний ручний (лотлінь) ЛПР-48 з вантажем та розміченим лінем (або тросом)

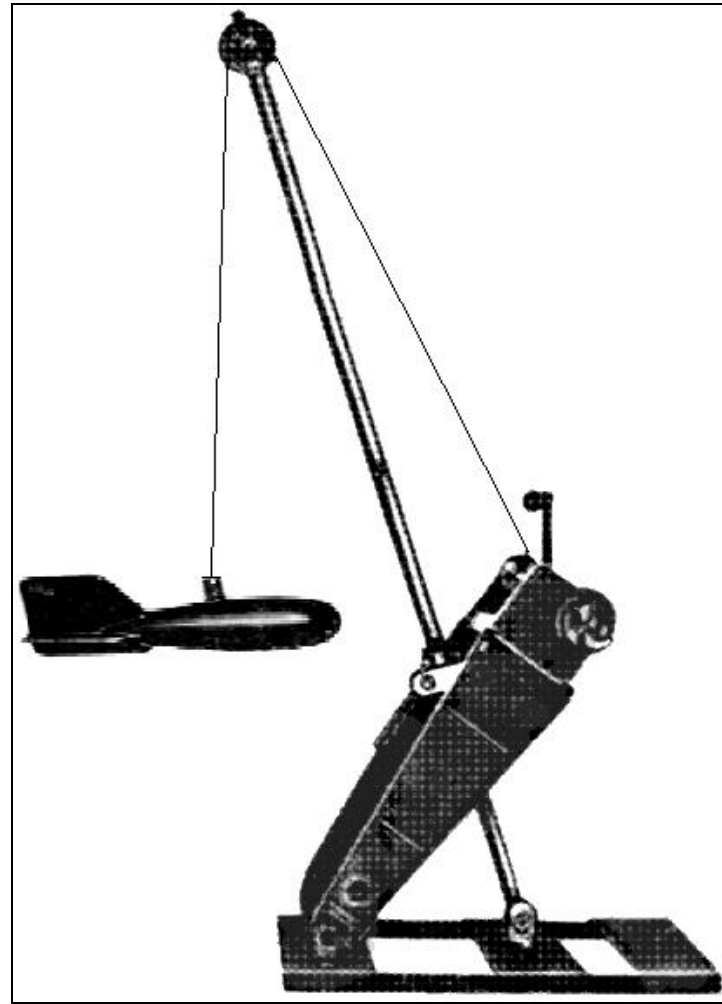


Рисунок 7.4 – Лот механічний (гідрометрична лебідка) «Нева» (ПН-23) з вантажем рибоподібної форми



Рисунок 7.5 – Орбітальне угруповання супутників системи GPS та цивільний GPS навігатор «GPSmap 60CS» (фірма «Garmin»)

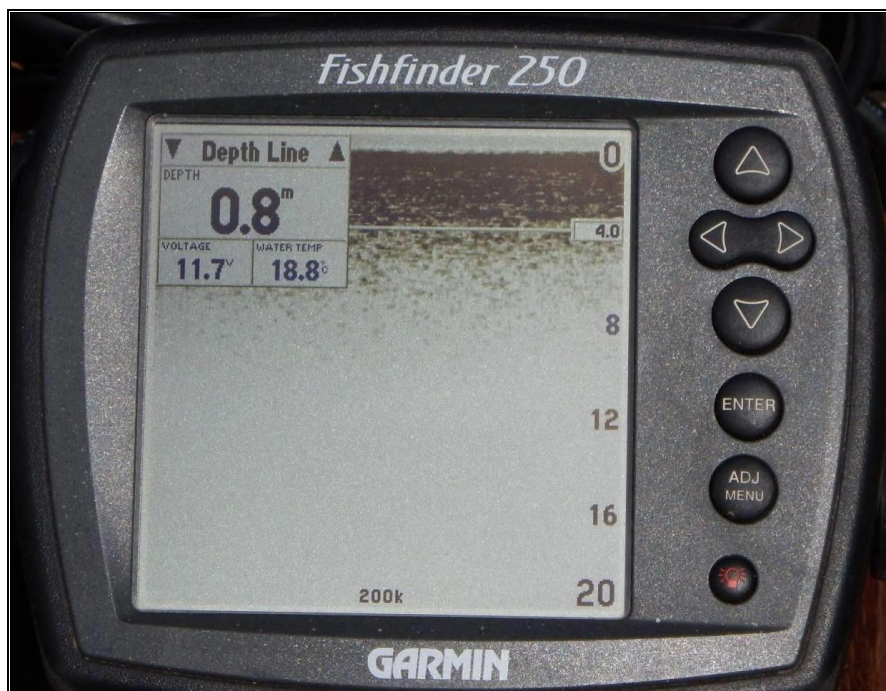


Рисунок 7.6 – Екран електронного ехолоту «Fishfinder 250» (фірма «Garmin»)

7.2 Планово-висотна прив'язка репера на ділянці промірів глибин за допомогою GPS-навігатора та/або ГНСС-станції

Для планової прив'язки репера на ділянці промірів глибин, а також для координування станцій (визначення і фіксації місця положення) гідроекологічних робіт, промірних вертикалей (для визначення глибин) й інших досліджень на водних об'єктах (в системі WGS-84) застосовують сучасну технологію GPS (Global Positioning System). GPS-навігатори (приймачі) дають географічні координати, висоту, швидкість та напрям руху, електронну карту місцевості тощо.

Висотне обґрунтування необхідне для проведення робіт у єдиній Державній системі висот. Також, висотне обґрунтування потрібне при виконанні ряду гідрологічних і гідроекологічних робіт. Наприклад, під час організації водомірних постів, для визначення уклонів водної поверхні, шорсткості і деформацій русел тощо. Для збереження висотних позначок у районі проведення робіт закладається один або два реperi – основний і контрольний. Висотні позначки цих реперів визначаються нівелюванням до реперів Державної висотної мережі та/або за допомогою ГНСС-станції.

7.3 Розбивка магістралі та створів і координування промірних вертикалей за допомогою плавучого ланцюга та GPS-навігатора

До комплексу промірних робіт на річках різних розмірів входять:

- 1) розбивка магістралі і промірних створів (див. рис. 7.7);
- 2) визначення і закріплення промірних вертикалей на плані (в створі);
- 3) фіксація рівнів води на початку і по завершенню промірних робіт (на основному або тимчасовому водомірному посту);
- 4) власне вимірювання глибин у створі;
- 5) визначення характеру ґрунту дна водойми.

Існує два методи промірів глибин:

- дискретний (глибини вимірюються в окремих точках);
- метод безперервної зйомки глибин.

До приладів для вимірів глибин механічним способом в окремих точках відносяться – жердина гідрометрична, штанга гідрометрична, лот ручний, переносні рейки (водомірні та нівелірні), лот механічний.

Виконання промірів глибин дискретним методом з використанням акустичних способів реалізується за допомогою ехолотів з точковими показниками глибин.

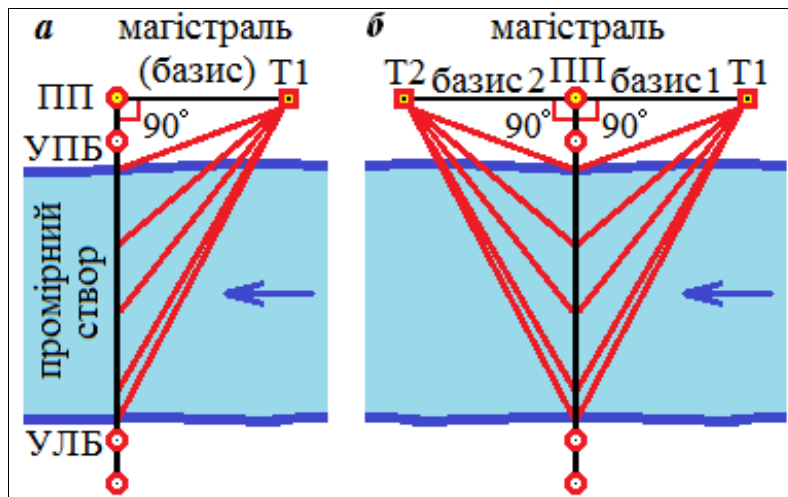


Рисунок 7.7 – Схема розбивки і закріплення магістралі (базису) та промірних створів і засічок (координування) промірних вертикалей одним (а) або двома (б) теодолітами: Т1, Т2 – положення теодолітів; ПП – положення постійного початку в промірному створі (точка на магістралі); УПБ, УЛБ – відповідно урізи правого та лівого берегів річки

Для виконання дискретних промірів на малій річці використовують:

- 1) теодоліт або ручна бусоль, стрічка землемірна або рулетка, тички, кілки – для розбивки магістралі та створів;
- 2) розмічений ланцюг (линь, стрічка землемірна або рулетка) та їздовий канат – для координування положення промірних вертикалей та переміщення човна у створі;
- 3) штанга гідрометрична (рейка нівелірна, переносна водомірна рейка, лот ручний) – для виконання промірів глибин на вертикалях.

Для виконання промірних робіт здійснюється прив'язка створів до планової основи через магістраль – це умовна лінія, пряма або ламана, яка прокладається вздовж водного об'єкта по обраному маршруту і відносно якої намічаються промірні створи (рис. 7.8).

Магістраль виконує роль базису (спільний постійний початок для створів), закріплюється на місцевості тичками або кілками. Створи намічають перпендикулярно до магістралі. Якщо можна пройти суходолом, магістраль прокладають берегом паралельно руслу, для її орієнтування беруть азимут по бусолі (теодоліту). В разі неможливості просування суходолом вздовж річки або роботі в акваторії озера, водосховища, моря в якості магістралі використовують плавучий ланцюг (трос з пінопластовими поплавцями через кожні 5 м), який також орієнтують по азимуту.

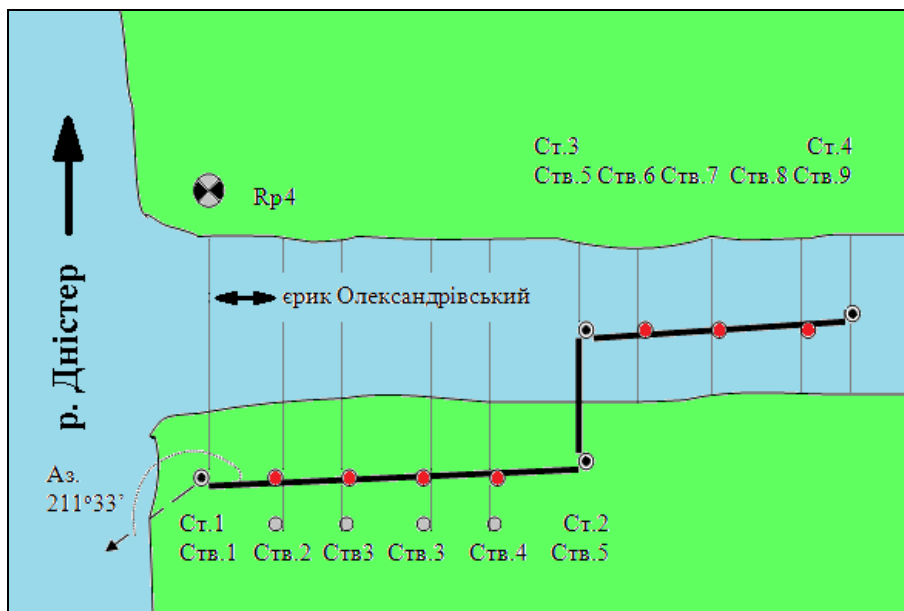


Рисунок 7.8 – Приклад схеми ділянки магістрального ходу

На кожному створі намічають промірні точки, кількість і відстань між якими, а також спосіб закріплення, залежать від ширини річки.

Координування промірів глибин при використанні дискретного методу – це визначення місця положення промірних вертикалей відносно обраного базису, тобто безпосередній вимір відстаней від постійного початку промірного створу до точок, у яких вимірюються глибини у водоймі. Найпростіше координування промірних точок виконується за допомогою мірної стрічки або рулетки, розміченого канату або тросу.

За необхідності, точки на магістралі, а отже і промірні створи, можуть бути прив'язані до Державної геодезичної мережі, для чого закладають репери і проводять відповідне нівелювання. В залежності від розміру річки для визначення її ширини використовують різні геодезичні прилади: теодоліт, GPS, мірну стрічку, розмічений трос тощо.

Замальовують схему магістралі та створів (абрис) і записують їх азимуту та відстані між ними. Проміри в створах роблять в два ходи, фіксуючи результати вимірювань в книжку КГ-2.

7.4 Виконання промірів глибин (за допомогою ехолоту, лотліня, штанги гідрометричної, лоту механічного) і обробка результатів вимірювань

На водоймах і водотоках проміри глибин і товщі намулу у останні десятиріччя виконують за допомогою ехолоту та приймачів GPS.

Акустичний спосіб промірів глибин з використанням електронного ехолоту дає можливість виконувати безперервні проміри глибин. Сучасні ехолоти (рис 7.6) забезпечують автоматизоване вимірювання глибин з високою точністю, швидкістю та достатньо прості у використанні.

Визначення глибини ехолотом засновано на зв'язку відстані та часу проходження ультразвукових імпульсів від вібратора-випромінювача через водне середовище до дна і назад до вібратора-приймача. Швидкість розповсюдження ультразвуку у воді залежить здебільш від її температури та солоності. Тому для забезпечення необхідної точності вимірювання глибин перед початком промірів виконують градування ехолота по температурі та солоності води в місці виконання робіт (або обирають відповідний режим вимірювання за допомогою програмного інтерфейсу).

Для малих річок широке застосування знайшли малогабаритні ехолоти. Основні частини ехолотів: центральній прилад, блок живлення, вібратор-випромінювач, допоміжне обладнання та пристосування. Центральний прилад автоматично записує глибини та координати, керує ультразвуковими імпульсами. Сучасні ехолоти мають компактні розміри, інтеграцію з комп'ютером та навігатором GPS.

Під час виконання промірів глибин ехолот зазвичай обслуговує один оператор, який вмикає прилад, робить записи вимірювань (або фіксацію вимірювань на GPS) та вимикає прилад після закінчення робіт. Всі операції виконують згідно інструкції (керівництва з експлуатації) до ехолоту.

На нешироких річках і озерах, а також на ставках, проміри глибин виконують вздовж розміченого тросу, при проходженні човна по тросу оператор здійснює фіксацію даних вимірювань в моменти суміщення випромінювача з мітками на тросі. При цьому неохопленими можуть залишитися прибережні мілини з глибинами менш ніж 0,5 м (у випадках, коли неможливо підійти з приладом або є обмеження щодо мінімальної глибини вимірювання ехолотом), ширину таких мілководь визначають рулеткою, а глибину – рейкою.

Дані промірів глибин використовуються для побудови поздовжнього та/або поперечного профілів водойм і водотоків.

7.5 Побудова профілів повздовжнього та поперечного перерізів річки та визначення основних морфометричних характеристик

За даними промірів глибин річки виконують побудову профілів її повздовжнього та поперечного перерізів річки і визначення основних морфометричних характеристик.

При обробці даних промірних робіт в книжці КГ-2 за матеріалами вимірювань виконують графічну побудову профілів поперечного перерізу в окремих створах річки (або каналу) та обчислюють морфометричні характеристики русла в створі (рис. 7.9). Профіль є найбільш зручним для аналізу і подальшого використання результатів промірів глибин.

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

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

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

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

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

Кожний профіль будується на окремому аркуші, а всі записи та побудова виконуються простим олівцем (підписи і розмірності мають бути акуратними і чіткими). Профіль треба підписати, вказати масштаби, прізвища виконавця і особи, яка перевірила правильність креслення.

Для кожного профілю поперечного перерізу обчислюють такі морфометричні характеристики:

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

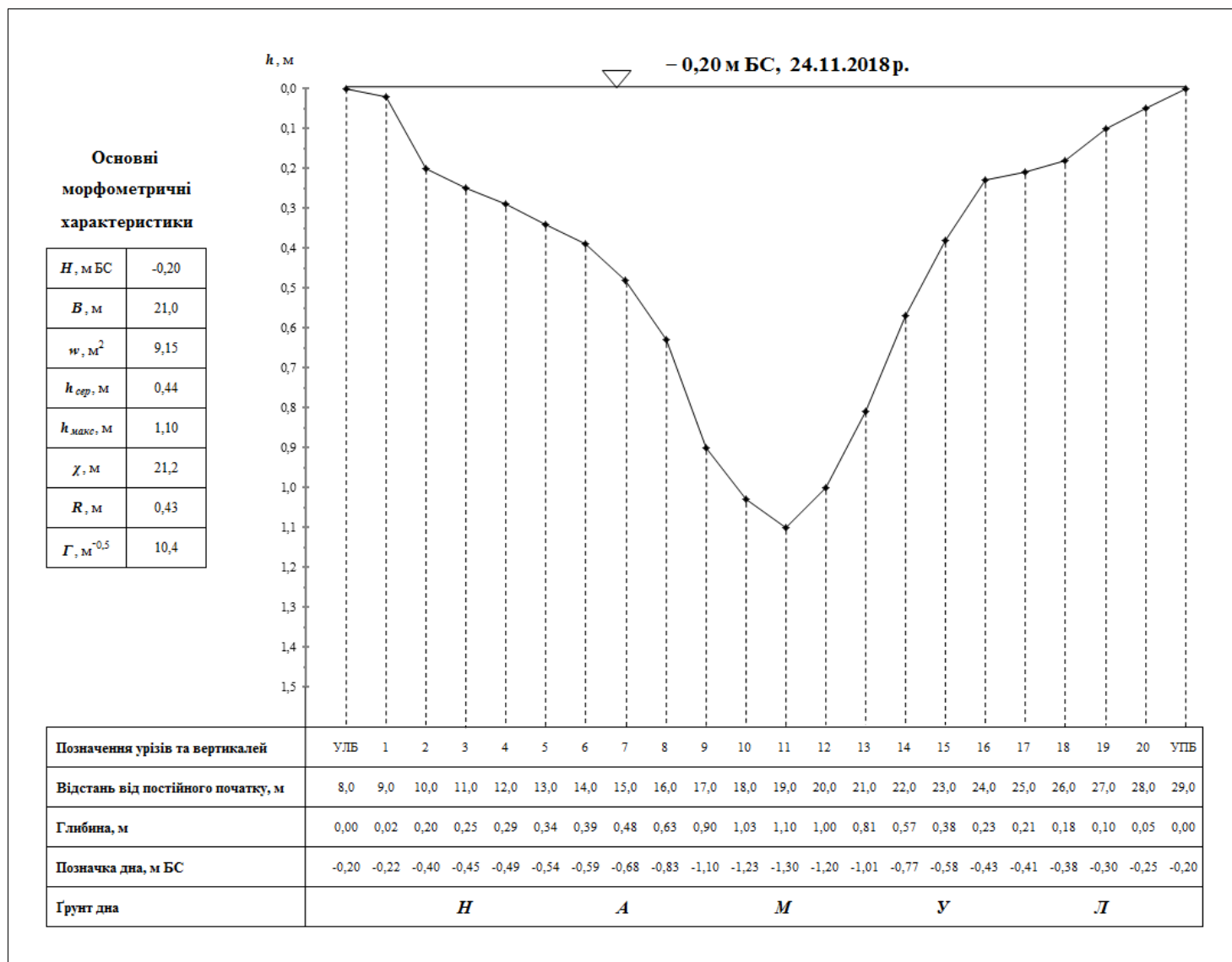


Рисунок 7.9 – Приклад профілю поперечного перерізу, р. Курудорова – м. Біляївка (створ № 6)

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

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

Водний переріз русла річки, озера або іншої водойми – це простір, обмежений знизу – дном, з боків – берегами, зверху – поверхнею води. Площу водного перерізу w та змочений периметр χ розраховують в табличній формі (табл. 7.1) або за допомогою відповідної схеми (рис. 7.10).

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

$$h_{\text{сеп}} = \frac{w}{B}. \quad (7.1)$$

Максимальна глибина h_{max} виписується з даних промірів (табл. 7.1).

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

$$R = \frac{w}{\chi}. \quad (7.2)$$

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

$$\Gamma = \frac{\sqrt{B}}{h_{\text{сеп}}}. \quad (7.3)$$

Нижче наведений **приклад** розрахунку основних морфометричних характеристик р. Курудорова – м. Біляївка (створ № 6), які обчислені з використанням даних промірів глибин (від 24.11.2018 р.) і результатів визначення площі водного перерізу та змоченого периметру (табл. 7.1). Результати округлені до трьох значущих цифр (наприклад, 21,16 м = 21,2 м).

Робочий рівень води (позначка поверхні води) у період промірів глибин (див. табл. 7.1) становив: $H = -0,20$ м БС.

Ширина річки визначена як різниця між відстанями від постійного початку до урізів дальнього (в табл. 7.1 – УПБ) і ближнього (в табл. 7.1 – УЛБ) берегів: $B = 29,0$ м – $8,0$ м = $21,0$ м.

Таблиця 7.1 – Результати визначення площі водного перерізу та змоченого периметру за даними промірів глибин 24 листопада 2018 р., річка Курудорова – пункт місто Біляївка (створ № 6), позначка поверхні води -0,20 м БС (грунт дна – намул)

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

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

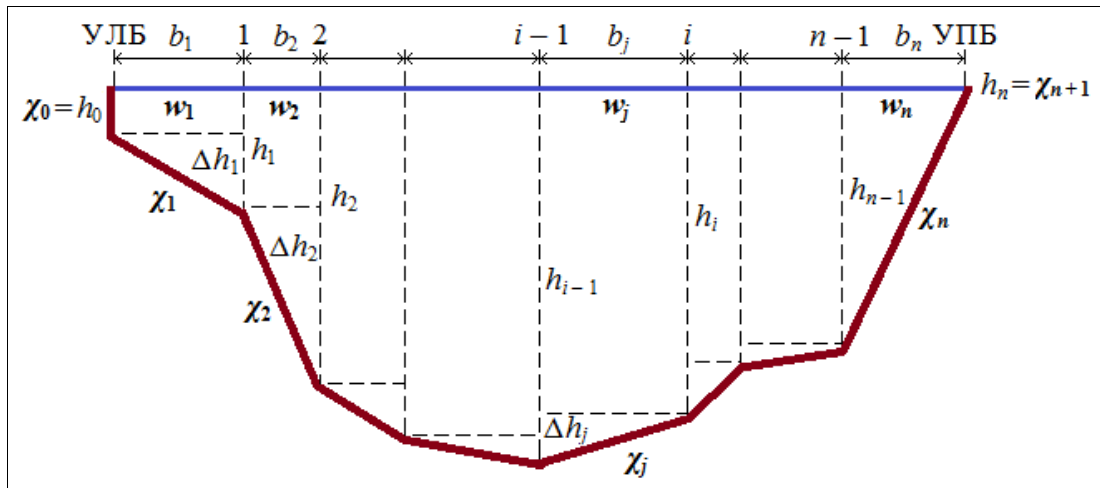


Рисунок 7.10 – Схема обчислення площі водного перерізу річки (або каналу) та змоченого периметра або довжини лінії дна річки у промірному створі (пояснення наведені в тексті та у табл. 7.1)

Площа водного перерізу за результатами виконаних розрахунків (див. табл. 7.1) складає: $w = 9,15 \text{ м}^2$.

Середня глибина обчислена за формулою (7.1) як відношення площі водного перерізу до ширини річки: $h_{\text{сеп}} = w/B = 9,15 \text{ м}^2/21,0 \text{ м} = 0,44 \text{ м}$.

Максимальна глибина за даними промірів глибин (див. табл. 7.1) дорівнює: $h_{\text{max}} = 1,10 \text{ м}$.

Довжина змоченого периметру (лінії дна) за результатами виконаних розрахунків (див. табл. 7.1) складає: $\chi = 21,2 \text{ м}$.

Гідравлічний радіус обчислений за формулою (7.2) як відношення площі водного перерізу до довжини змоченого периметру (лінії дна) річки: $R = w/\chi = 9,15 \text{ м}^2/21,2 \text{ м} = 0,43 \text{ м}$.

Параметр Глушкова обчислений за формулою (7.3) з використанням ширини та середньої глибини річки: $\Gamma = B^{0,5}/h_{\text{сеп}} = 21,0^{0,5}/0,44 = 10,4 \text{ м}^{-1}$.

Побудова повздовжнього профілю річки, каналу, озера, лиману, водосховища, ставка тощо виконується на аркуші міліметрового паперу формату А4. Однак, через велику різницю між довжиною (кілометри) та глибиною (метри), під час побудови повздовжнього профілю водойми вертикальний масштаб беруть детальнішим ніж горизонтальний.

Відстань між промірними вертикалями визначають за даними GPS, з використанням координат точок, в яких вимірювалась глибина. На профілі наносять лінію дна водойми, а також вказують ґрунт її дна.

Внизу під профілем розміщують таблицю з вхідними даними, а ліворуч від вертикальної осі – таблицю з основними морфометричними характеристиками (рис. 7.11).

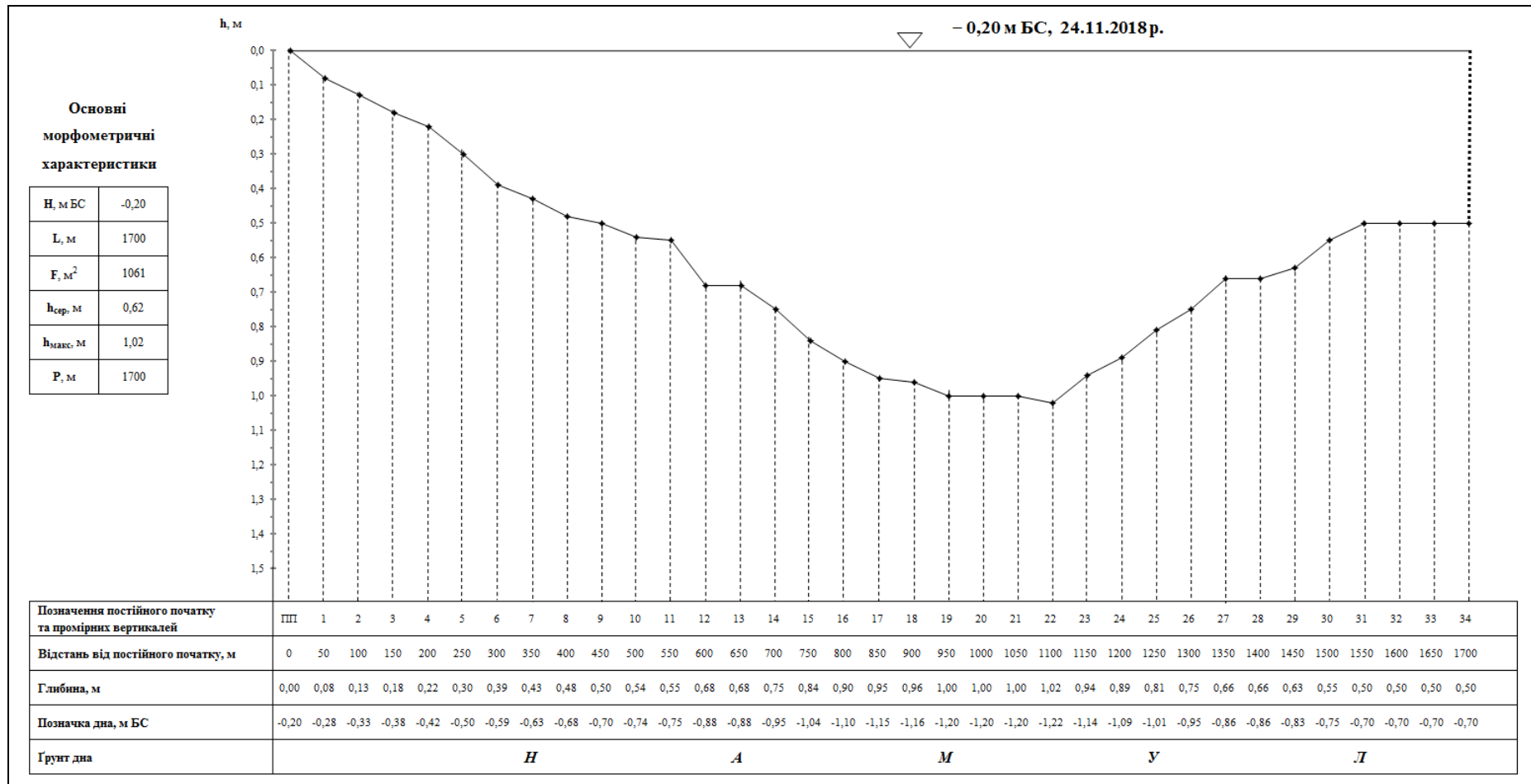


Рисунок 7.11 – Приклад поздовжнього профілю р. Курудорова (на ділянці від м. Біляївка до місця впадіння в р. Турунчук)

7.6 Побудова плану ділянки річки в горизонталях (ізобатах)

За даними промірів глибин також може бути побудований план рельєфу дна водойми (водотоку чи їх окремих ділянок) у горизонталях (лініях рівних позначок дна) або ізобатах (лініях рівних глибин). Для креслення плану використовують простий олівець. На плані вказуються такі відомості: масштаб, прізвища виконавців і особи, яка перевірила правильність креслення, підписані ізолінії, напрям на північ, назву, позначку рівня води та дату промірів глибин.

Нижче показаний приклад плану ділянки річки, побудованого в ізобатах (рис. 7.12).

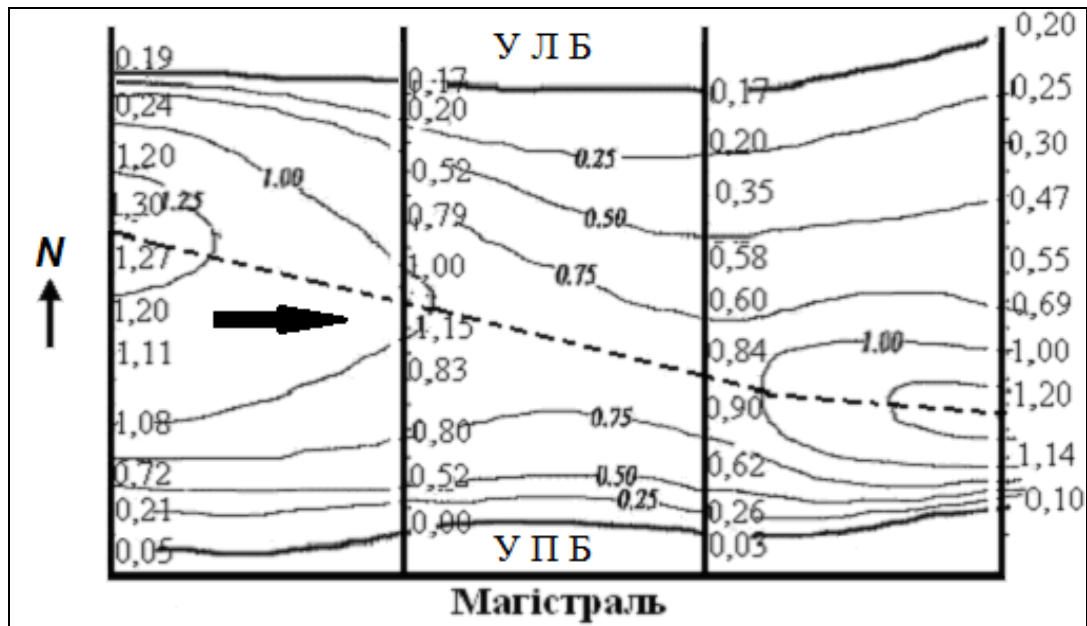


Рисунок 7.12 – Приклад плану ділянки ерика Олександрівського в ізобатах (1,55 м БС, 12.08.2017 р.)

На аркуш білого паперу формату А3 в масштабі наносять магістраль та перпендикулярно до неї – створи, в яких наносять і з'єднують урізи берегів (лівого і правого), послідовно наносять точки промірів і зліва від кожної точки випишують величини позначок дна (м БС). Через поле точок проводять горизонталі – лінії рівних висот (позначок). Отримані ізолінії мають бути суцільними і можуть замикатись. На ізолініях треба виписати відповідні їх значення глибини або висоти (позначки). Також пунктиром з'єднують точки з максимальними глибинами в створах, отримуючи лінію фарватеру (лінія найбільших глибин або найменших позначок).

7.7 Проектування положення і профілю (заданого уклону) траси меандрів річки (або траси автодороги)

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

Вихідні дані для проектування профілю траси:

- позначки вихідних (початкового та кінцевого) реперів (наприклад, $H_{Rp1} = 135,597$ м та $H_{Rp2} = 135,329$ м);
- пікетажний журнал (рис. 7.13);
- журнал технічного нівелювання траси (табл. 7.2);
- дирекційний кут ділянки траси до початку її повертання (наприклад, $\alpha = 168^\circ 14'$);
- елементи повороту траси: кут повороту (наприклад, $\theta = 20^\circ 48'$) та радіус кривої (наприклад, $R = 100$ м).

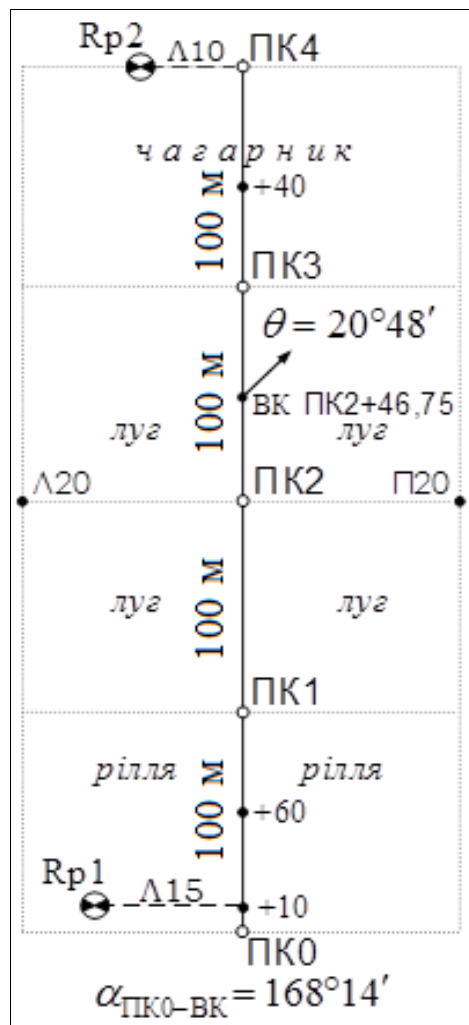


Рисунок 7.13 – Пікетажний журнал

Таблиця 7.2 – Журнал технічного нівелювання траси

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

$$\sum h_{сер} = -0,250 \text{ м};$$

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

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

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

Примітка: для русла річки використовують дані промірів глибин з розрахованими позначками (висотами) точок дна на промірних вертикалях.

Етапи і порядок дій при проектуванні профілю траси наведені нижче.

1. Обчислення висотних позначок пікетів.

1.1. На кожній станції обчислюють перевищення між зв'язуючими точками за чорними і червоними відліками (табл. 7.2 – графі 6 і 7):

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

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

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

1.4. Обчислюють в графі 8 (див. табл. 7.2) виправлені перевищення: $h_i^0 = h_i + \varepsilon$, де $\varepsilon = -f_h/n$. Контроль виконують за формулою: $\sum_1^n \varepsilon = -f_h$.

1.5. Обчислюють в графі 10 позначки пікетів: $H_i = H_{i-1} + h_i^0$.

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

$$\begin{aligned} \text{ГП} &= H_{i \text{ зад.}} + a_{i \text{ зад. чор}} \\ \text{ГП}_2 &= H_{\text{ПК0}} + a_{\text{чорПК0}} = 134,307 + 2,048 = 136,355 \text{ м;} \\ \text{ГП}_4 &= H_{\text{ПК2}} + a_{\text{чорПК2}} = 135,874 + 2,292 = 138,166 \text{ м;} \\ \text{ГП}_5 &= H_{\text{ПК3}} + a_{\text{чорПК3}} = 137,843 + 0,051 = 137,894 \text{ м.} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} H_{+60} &= \text{ГП}_2 - c_{+60} = 136,355 - 2,911 = 133,444 \text{ м;} \\ H_{\text{П20}} &= \text{ГП}_4 - c_{\text{П20}} = 138,166 - 0,029 = 138,137 \text{ м;} \\ H_{\text{Л20}} &= \text{ГП}_4 - c_{\text{Л20}} = 138,166 - 0,562 = 137,604 \text{ м;} \\ H_{+40} &= \text{ГП}_5 - c_{+40} = 137,894 - 2,085 = 135,809 \text{ м.} \end{aligned}$$

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

2.1. На аркуші міліметрового паперу необхідного розміру (наприклад, формату А4) креслять **сітку профілю** (рис. 7.14).

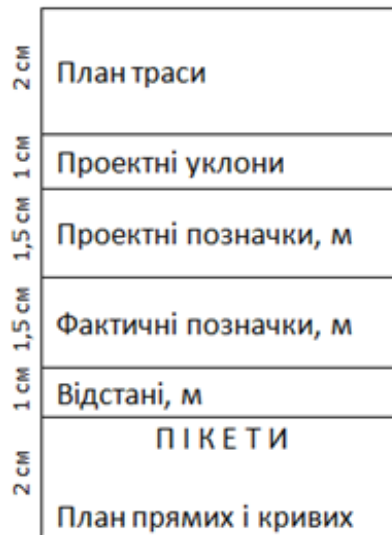


Рисунок 7.14 – Зразок і розміри сітки профілю

2.2. У графі «Відстані, м» відкладають у масштабі 1:2000 пікети і плюсові точки та вказують наступні відстані: між пікетами (не завжди); від заднього пікету до плюсової точки; між плюсовими точками. Прикладом може бути плюсова точка + 60, що знаходиться між ПК 0 та ПК 1 на відстані 60 м від ПК 0 за ходом траси.

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

2.4. У графі «Фактичні позначки, м» над пікетами і плюсовими точками виписують (з табл. 7.2) їх позначки, закруглив їх до сотих часток метра.

2.5. Придавши лінії **умовного горизонту** (рис. 7.15) позначку 130 м, з таким розрахунком, щоб точка + 60, яка має найменшу позначку 133,44 м, була віддалена від неї на 2-3 см. Потім від лінії умовного горизонту в масштабі 1:200 вверх над пікетами і плюсовими точками відкладають різниці між їх фактичними позначками і позначкою умовного горизонту (наприклад, для ПК 0: $134,31 - 130 = 4,31$ м; для + 60: $133,44 - 130 = 3,44$ м).

2.6. З'єднавши верхні кінці відкладених різниць прямими лініями, отримуємо фактичний профіль місцевості за напрямком ПК 0 - ПК 4 (рис. 7.14).

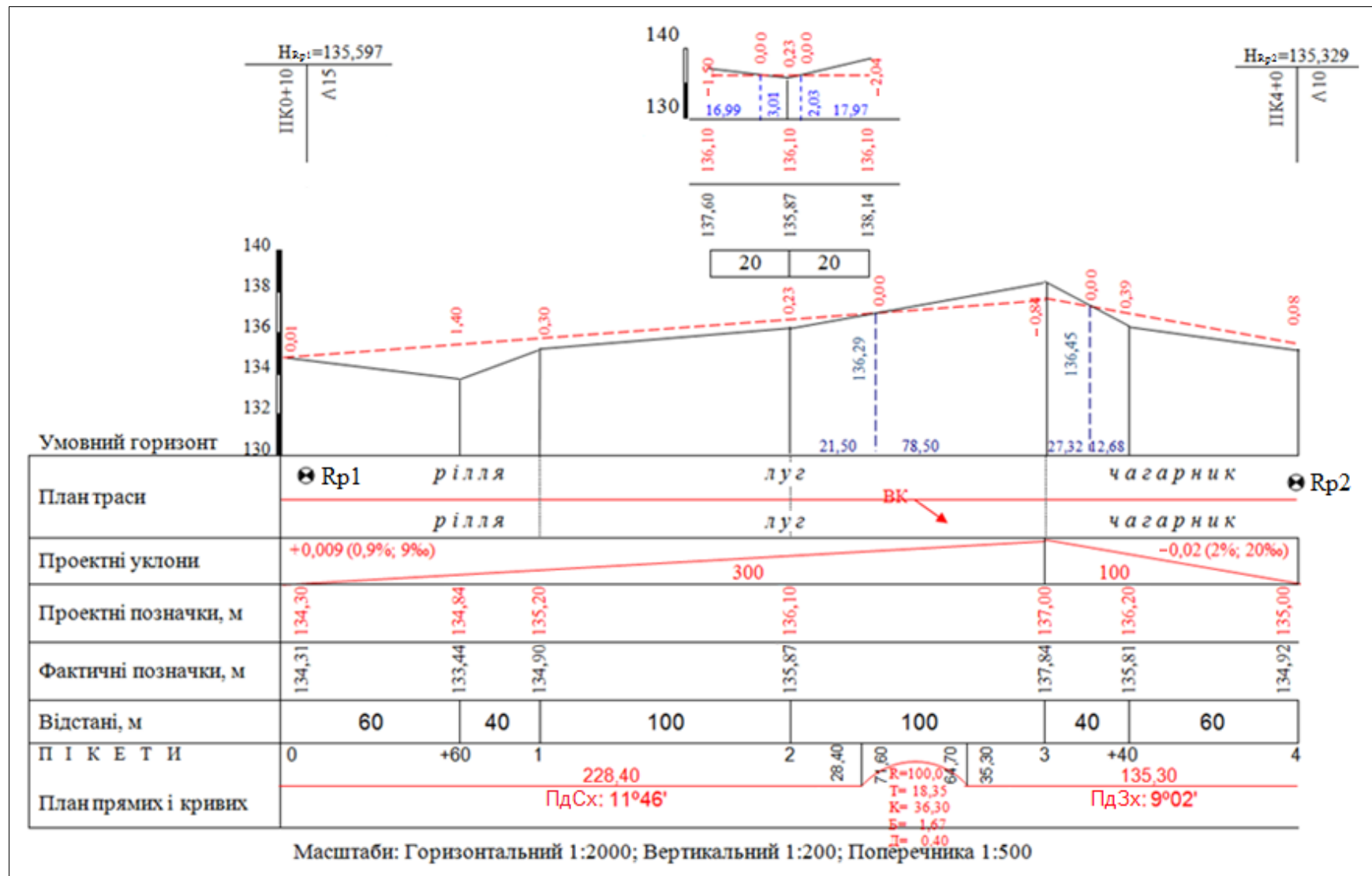


Рисунок 7.15 – Повздовжній профіль траси і поперечника

3. При побудові проектного профілю траси враховують такі умови:

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

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

5. Побудова плану траси, кута повороту, початкового і кінцевого реперів. Графу «План траси» заповнюють за даними пікетажного журналу (рис. 7.13). Замість умовних знаків дозволяється записувати назву угідь.

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

Основними елементами кругової кривої (рис. 7.16) є наступні:

– кут θ повороту траси, який вимірюється під час прокладання трасуючого магістрального ходу;

– радіус R кругової кривої, який визначається в залежності від місцевих умов і категорії лінійної споруди;

– тангенс T (довжина дотичних AC і BC);

– крива K (довжина дуги AFB);

– бісектриса B (довжина відрізка CF);

– домір D (різниця між сумарною довжиною дотичних AC і BC та довжиною дуги AFB).

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

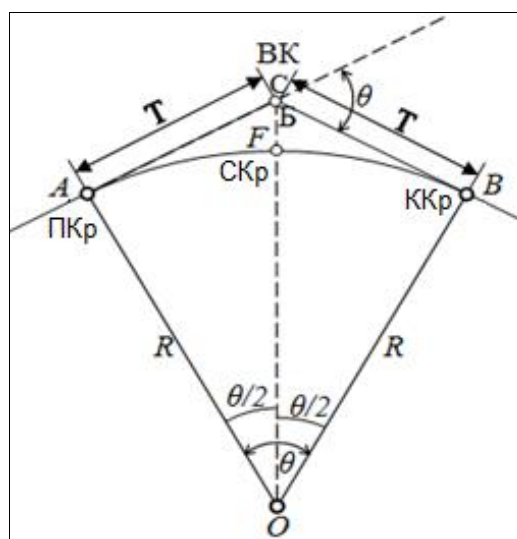


Рисунок 7.16 – Схема основних елементів кругової кривої повороту траси (пояснення позначень надані у тексті)

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

$$\left. \begin{aligned} T &= R \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}; \\ K &= R \cdot \frac{\theta}{\rho}; \\ B &= 2 \cdot R \cdot \frac{\left(\sin \frac{\theta}{4}\right)^2}{\cos \frac{\theta}{2}}; \\ D &= 2 \cdot T - K = R \cdot \left(2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} - \frac{\theta}{\rho}\right). \end{aligned} \right\} \quad (7.4)$$

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

Пікетажні положення головних точок обчислюють за системою формул:

$$\left. \begin{aligned} \text{ПКр} &= \text{ВК} - T; \\ \text{ККр} &= \text{ПКр} + K; \\ \text{СКр} &= \text{ПКр} + \frac{1}{2} \cdot K. \end{aligned} \right\} \quad (7.5)$$

Контроль розрахунку виконують за системою формул:

$$\left. \begin{aligned} \text{ККр} &= \text{ВК} + T - D; \\ \text{СКр} &= \text{ККр} - \frac{1}{2} \cdot K. \end{aligned} \right\} \quad (7.6)$$

Приклад.

Нехай вершина кута ВК знаходиться на ПК 2+46,75 (рис. 7.13), кут повороту траси $\theta = 20^\circ 48'$ та радіус закруглення $R = 100$ м.

Підставивши значення θ та R у систему формул (7.4) отримаємо:

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

Обчислимо (з контролем розрахунку) за формулами (7.5) та (7.6) пікетажні положення початку, кінця і середини кругової кривої:

пікетажні положення (7.5):		контроль розрахунку (7.6):	
ВК	ПК 2 + 46,75	ВК	ПК 2 + 46,75
$-T$	18,35	$+T$	18,35
ПКр	ПК 2 + 28,40		ПК 2 + 65,10
$+K$	36,30	$-D$	0,40
ККр	ПК 2 + 64,70	ККр	ПК 2 + 64,70
ПКр	ПК 2 + 28,40	ККр	ПК 2 + 64,70
$+1/2 \cdot K$	18,15	$-1/2 \cdot K$	18,15
СКр	ПК 2 + 46,55	СКр	ПК 2 + 46,55

Графу «План прямих і кривих» (рис. 7.14 та 7.15) заповнюють згідно з результатами розрахунків пікетажного положення головних точок кругової кривої (див. **Приклад**). Початок і кінець кривої (рис. 7.15) відмічають перпендикулярами, проведеними від лінії плану траси прямих і кривих до лінії пікетів. Поруч з перпендикулярами записують відстані від початку (28,40 м і 71,60 м) та кінця (64,70 м і 35,30 м) кривої до найближчих пікетів (відповідно до ПК 2 та ПК 3). При повороті траси вправо випуклість кривої направляють уверх (рис. 7.15), а при повороті вліво – униз.

На прямих ділянках траси – від ПК 0 до початку кривої та від кінця кривої до ПК 4 (рис. 7.15), виписують їх довжини (228,70 м та 135,30 м) і дирекційні кути ($168^{\circ}14'$ та $189^{\circ}02'$) або румби (ПдСх: $11^{\circ}46'$ та ПдЗх: $9^{\circ}02'$).

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

Для наведеного прикладу напрямок траси після її повороту складе:

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

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

Профіль поперечника будують за спрощеною профільною сіткою в однаковому горизонтальному і вертикальному масштабах (наприклад, 1:500 чи іншому). Для цього із журналу технічного нівелювання (табл. 7.2) виписують фактичні позначки ПК 2 (135,87 м) і двох точок П 20 (138,14 м) та Л 20 (137,60 м). Далі побудова поперечного профілю відбувається за правилами побудови поздовжнього профілю (рис. 7.15).

8. Оформлення профілю виконують з використанням умовних знаків.

Звітний матеріал до розділу 7:

1) розділ звіту з навчальної практики «7 Проміри глибин і проектування меандрів річки» з наступними матеріалами:

- схема (абрис) ділянки річки для виконання промірів глибин води;
 - результати визначення позначки (висоти) і координат контрольного репера на ділянці промірів глибин за допомогою GPS-навігатора та/або ГНСС-станції;
 - схема магістралі та створів з позначенням координат промірних вертикалей;
 - книжка (таблиця) з даними промірів глибин (з позначками дна) на ділянці річки;
 - профілі повздовжнього та поперечного перерізів річки (з основними морфометричними характеристиками);
 - план ділянки річки в горизонталях (ізобатах);
 - проект положення і профіля (заданого уклону) траси;
- 2) щоденник практики, заповнений за 14-й, 15-й та 16-й робочі дні.**

8 СКЛАДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ З НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ

Вимоги до оформлення звіту з навчальної практики.

За матеріалами виконаних робіт кожна бригада оформляє звіт, до складу якого входять журнали польових вимірювань і заповнені бланкові матеріали, креслення, відомості обчислень. Крім того, додані до звіту матеріали мають супроводжуватись пояснювальною запискою, яка коротко відображає методичні вимоги при виконанні робіт (з посиланням на відповідну літературу, зокрема і на ці методичні вказівки) 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 Б**).

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.

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: А2 (420×594 мм), А3 (297×420 мм), 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 (книжки) польових вимірювань і заповнені бланкові матеріали розміщуються безпосередньо після сторінки, в тексті якої вперше йдеться про них. Вони не вводяться до загальної нумерації. На всі журнали (книжки) польових вимірювань і заповнені бланкові матеріали повинні бути посилання в тексті звіту.

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» [12].

Звітний матеріал до розділу 8:

- 1) титульний лист, вступ, висновки, використана література, додатки тощо;
- 2) повністю оформлений і зшитий звіт з навчальної практики.
- 3) щоденник практики, заповнений за 17-й та 18-й робочі дні.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Робоча програма навчальної практики ППЗ.18 «Геодезія» з дисципліни ППЗ.05 «Геодезія» для студентів 2-го курсу денної та заочної форм навчання, спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій», перший (бакалаврський) рівень вищої освіти. Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 15 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/9838/> (дата звернення: 17.05.2022).
2. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «Геодезія» (частина 1) для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр»). Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 30 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/9846/> (дата звернення: 17.05.2022).
3. Інструкція № 67. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2006. 11 с.
4. Інструкція № 68. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2006. 11 с.
5. Інструкція про надання першої допомоги потерпілим при нещасних випадках. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2009. 3 с.
6. Шмидт С. В. Техника безопасности при гидрологических работах. Ленинград : Гидрометеиздат, 1961. 176 с.
7. Пам'ятка з безпеки життєдіяльності для студента. Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2007. 25 с.
8. Правила по технике безопасности на топографо-геодезических работах (ПТБ-88) / Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР : Справочное пособие. М. : Недра, 1991. 303 с.
9. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Геодезія (частина 1): конспект лекцій. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2022. 221 с.
10. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Методичні вказівки до практичних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» (частина 1) для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса: ОДЕКУ, 2022. 84 с.
11. Гриб О. М., Гращенкова Т. В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Геодезія» (частина 1) для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса: ОДЕКУ, 2022. 144 с.
12. ДСТУ 3008-2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016, 31 с. URL: <http://aphd.ua/v-ukrani-nabuv-chynnosti-dstu-83022015-proformlennia-bibliorafichnykh-posylan/> (дата звернення: 17.05.2022).

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Колодеев Є. І., Гриб О. М. Лабораторний практикум з геодезії: навч. пос. / Одеса: Екологія, 2007. 68 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/347/> (дата звернення: 17.05.2022).
2. Гриб О. М. Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем. Навчальна практика: навч. пос. / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2021, 76 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/9050/> (дата звернення: 17.05.2022).
3. Стукальський В. П., Шаргар О. М. Геодезія : навч. пос. Одеса : ВМВ, 2013. 560 с.
4. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2012. 337 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2185/1/724031%20zah.pdf> (дата звернення: 17.05.2022).
5. Шаргар О. М., Колиханін С. П. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної та лабораторних робіт з дисципліни «Інженерна геодезія» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» галузь знань – 19 «Архітектура та будівництво» спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса: ОДАБА, 2021. 28 с.
6. Гриб О. М. Геодезія та картографія: конспект лекцій / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2017. 102 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/310/> (дата звернення: 17.05.2022).
7. Шаргар О. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Геодезія» для студентів 2-го курсу напрямку 19 – «Геодезія та землеустрій», освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр». Одеса: ОДАБА, 2019. 32 с.
8. Колодеев Є. І., Гриб О. М., Яров Я. С. Гідрометрія та гідрохімія. Збірник методичних вказівок до виконання практичних робіт / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2009. 180 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/638/> (дата звернення: 17.05.2022).
9. Колодеев Є. І., Гриб О. М. Методи гідрометеорологічних вимірювань (гідрологічні вимірювання). Навчальна польова практика: навч. пос. / Одеса: ТЕС, 2009. 75 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/636/> (дата звернення: 17.05.2022).
10. Водний кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР. Електронний ресурс. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text> (дата звернення: 17.05.2022).

- 11.** Земельний кодекс України від 25.10.1995 р. № 2768-III. Електронний ресурс. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 17.05.2022).
- 12.** Бєлов В. В. Морська геодезія: конспект лекцій. Одеса : Екологія, 2011. 64 с. URL: <http://eprints.library.odetu.edu.ua/id/eprint/3502/> (дата звернення: 17.05.2022).
- 13.** Панчук Ю. М., Янчук О. Є. Лабораторний практикум з інженерної геодезії : навч. пос. Рівне : НУВГП, 2010. 134 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1850/> (дата звернення: 17.05.2022).
- 14.** Ільків Є. Ю. Геодезія : лабораторний практикум. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2018. 152 с. URL: <http://194.44.112.13/chytalna/6034/> (дата звернення: 17.05.2022).
- 15.** Білокриницький С. М. Геодезія : навч. пос. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. 576 с. URL: <https://studfile.net/preview/6829789/> (дата звернення: 17.05.2022).
- 16.** Дмитрів О. П. Геодезія. Частина I : навч. пос. Рівне : НУВГП, 2019. 166 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/16813/> (дата звернення: 17.05.2022).
- 17.** Геодезія : навч. пос. / Горлачук В. В., Семенчук І. М., Анисенко О. В., Мацко П. В. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 252 с.
- 18.** Дарчук К. В., Мельник А. А. Топографія з основами геодезії : навч. пос. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. 148 с.
- 19.** Войтенко С. П. Інженерна геодезія : підручник. 2-ге вид., виправ. і доп. Київ : Знання, 2012. 574 с.
- 20.** Стукальський В. П., Шаргар О. М. Основи інженерної геодезії. Навчальний посібник. Одеса: ВМВ, 2015. 230 с.
- 21.** Інструкція про порядок і процедуру виконання промірних робіт при визначенні глибин на морських і річкових акваторіях для будівельно-експлуатаційних цілей (№ 186 від 10.05.2005 р.) / К.: Міністерство транспорту та зв'язку України, 2005. 193 с.

ДОДАТКИ

Додаток А.

Бланки журналів КГ-64, КГ-65 та книжки КГ-2

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА
Науково-експертний центр моніторингу навколишнього середовища

КГ-64

ЖУРНАЛ № _____

нівелювання вodomірного поста

Річка (інший водний об'єкт): _____

Пост: _____ Станція: _____

Адміністративний район: _____

Область, країна: _____

Дата нівелювання « ____ » _____ 20 ____ р.

Час нівелювання: початок ____ год. ____ хв., кінець ____ год. ____ хв.

Нівелювання виконав: _____

Обробив: _____

Перевірів: _____

Начальник станції: _____

Відомості про нівеліри і рейки _____

Стан реперів, палів і рейок та причини вимірювання їх позначок _____

№ статтю	Найменування точок (резерв, валюта, пункт)	Відтік по рейсі			Перевіщення	
		Задіяв	Передіяв	Проціжня	+	-

4

Середнє перевищення		Горизонт інструмента	Позначка, м або (ЕС) / умов.	Примітка
+	-			

5

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА
Науково-експертний центр моніторингу навколишнього середовища

КГ-65

ЖУРНАЛ № _____

**прив'язки реперів гідрометеорологічних станцій і постів
до державної нівелірної мережі**

Назва станції (поста): _____

Річка (інший водний об'єкт): _____

Місцезнаходження висхідного репера: _____

Адміністративний район: _____

Область, країна: _____

Дата початку нівелювання « ____ » _____ 20__ р.

Дата кінця нівелювання « ____ » _____ 20__ р.

Нівелювання виконав: _____

Обробив: _____

Перевірив: _____

Начальник станції: _____

1

Для заміток

16

ІНСТРУМЕНТИ

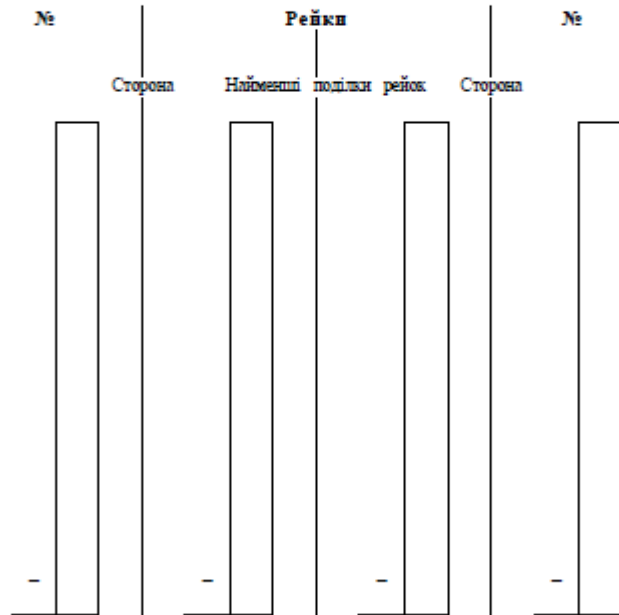
Нівелір

№ _____

Збільшення труби _____

Коефіцієнт віддалеміру _____

Ціна поділки рівня _____



На рейках вказуються початок і кінець рахунку, поділок, кількість поділок на кожній стороні рейок і висоти нулів або початок рахунку над п'ятками рейок.

2

СХЕМА НІВЕЛІРНОГО ХОДА

Умовні позначення:

3

№ столічки	№№ пікетів Відстань в метрах	Відлік по рейці		Перевіщення		Середнє перевіщення	
		Задня	Передня	+	-	+	-

№ столічки	№№ пікетів Відстань в метрах	Відлік по рейці		Перевіщення		Середнє перевіщення	
		Задня	Передня	+	-	+	-
Контрольні обчислення	$Z_1 =$						
	$Z_2 =$						
	$Z_1 - Z_2 =$						$Z_{ср}$

№ столб-ки	№№ пунктов Відстань в метрах	Відлік по рейці		Перезимлення		Середнє перезимлення	
		Задня	Передня	+	-	+	-

№ столб-ки	№№ пунктов Відстань в метрах	Відлік по рейці		Перезимлення		Середнє перезимлення	
		Задня	Передня	+	-	+	-
Контрольні обчислення	Z ₁ =						
	Z ₂ =						
	Z ₁ - Z ₂ =						Z _{суп}

№ століт-ки	№№ пікетів Відстань в метрах	Відлік по рейці		Перевіщення		Середнє перевіщення	
		Задня	Передня	+	-	+	-

№ століт-ки	№№ пікетів Відстань в метрах	Відлік по рейці		Перевіщення		Середнє перевіщення	
		Задня	Передня	+	-	+	-
Контрольні обчислення	Z ₁ =						
	Z ₂ =						
	Z ₁ - Z ₂ =						Z _{ср}

№ столб-ки	№№ пикетов Вдстань в метрах	Відлік по рейці		Перевищення		Середнє перевищення	
		Задня	Передня	+	-	+	-

12

№ столб-ки	№№ пикетов Вдстань в метрах	Відлік по рейці		Перевищення		Середнє перевищення	
		Задня	Передня	+	-	+	-
Контроль обчислення	Z _n =						
	Z _n =						
	Z _n - Z _n =						

13

Z_{ср}

Замальовка та опис вихідного репера і репера, який прив'язується

--	--

14

Замальовка та опис вихідного репера і репера, який прив'язується

--	--

15

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет
НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА
Науково-експертний центр моніторингу навколишнього середовища

КТ-2

КНИЖКА № _____

для запису промірів глибин та льодяного покриву

Річка (інший водний об'єкт) _____

Пост _____ Станція _____

Адміністративний район _____

Область, країна _____

Керівник _____
(підпис)

Поправки глибини на віліс трюса з рибоподібним вантажем

Кут відхилення трюса, ° Глибина, м	10°	15°	20°	25°	30°	35°
	Поправка, м					
2	0,02	0,04	0,07	0,10	0,14	0,18
3	0,03	0,05	0,09	0,13	0,19	0,25
4	0,03	0,07	0,11	0,17	0,24	0,33
5	0,04	0,08	0,13	0,21	0,29	0,40
6	0,04	0,09	0,15	0,24	0,35	0,47
7	0,05	0,10	0,18	0,28	0,40	0,54
8	0,05	0,12	0,20	0,31	0,45	0,61
9	0,06	0,13	0,23	0,35	0,50	0,68
10	0,07	0,14	0,25	0,39	0,56	0,76
11	0,07	0,15	0,27	0,42	0,61	0,83
12	0,08	0,17	0,29	0,46	0,66	0,90
13	0,08	0,18	0,32	0,49	0,71	0,97
14	0,09	0,19	0,34	0,53	0,77	1,04
15	0,09	0,20	0,36	0,57	0,82	1,11
16	0,10	0,22	0,39	0,60	0,87	1,18
17	0,10	0,23	0,41	0,63	0,92	1,25
18	0,11	0,24	0,43	0,67	0,97	1,32
19	0,11	0,26	0,45	0,71	1,03	1,39
20	0,12	0,27	0,47	0,74	1,08	1,47

№ _____ д _____ 20____ р. Розпочато у _____міс. _____дня _____год. Зак. закінчено о _____год. _____хв.

Профіль № _____

Діагноз поставлений: а _____см _____місець _____місяць _____років _____годів.

За поєднаним показом профілактики: _____місяць _____місяць _____місяць.

Варіанти ангіопротекції: спринцювання, рясцювання, _____місяць _____місяць.

Типові захворювання: з м'язами, з синами, з шкідливими, з _____місяць _____місяць.

Важливі захворювання: _____місяць _____місяць _____місяць _____місяць.

Повторні захворювання: _____місяць _____місяць _____місяць _____місяць.

Варіанти лікування: _____місяць _____місяць _____місяць _____місяць.

Висота ринка води на основному полі носу:

Висота ринка води	Висота ринка води	Висота ринка води
Полі носу	Полі носу	Полі носу
Полі носу	Полі носу	Полі носу
Полі носу	Полі носу	Полі носу
Полі носу	Полі носу	Полі носу

Виміряв робочого ринка води на першій та другій половині на основному полі носу (визначення кількості води становить _____м або _____см графіка, _____м або _____см графіка).

	Типова форма							Висота ринка води, мм. (абс./БС/СМ)	Типова форма					Висота ринка води, мм. (абс./БС/СМ)	
	I	II	III	IV	V	VI	VI		VI	VI	VI	VI			
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

	Типова форма							Висота ринка води, мм. (абс./БС/СМ)	Типова форма					Висота ринка води, мм. (абс./БС/СМ)	
	I	II	III	IV	V	VI	VI		VI	VI	VI	VI			
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

	Типова форма							Висота ринка води, мм. (абс./БС/СМ)	Типова форма					Висота ринка води, мм. (абс./БС/СМ)	
	I	II	III	IV	V	VI	VI		VI	VI	VI	VI			
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															

Проміжки вимірювання _____ Обчислення перерізів _____ Обчислення перерізів _____

д. _____ 20 ____ р. Розпочато у дні березня о _____ год. _____ хв. закінчено о _____ год. _____ хв.

Преп'ят № _____

Преп'ят розташовані: а. _____ кв. _____ місте осередного розп'ята.
 За розміром по штарк підійшло: _____ діля. _____ берестя.

Вирішати виділено штарк: суцільно, ругатию, _____.
 Типовири виконувати: з м'якчу, з сонна, з шкарпа, з акувати, відділ. _____

Видири виконувати штаркою без штаркою: _____ м².

Позначити м'якчу: гілля, розп'ятека.
 Вирішати на підобию штаркою:

4. – до типу штарк: _____ м, на штарком бересті _____ м,
 – до типу штарк(и) штарк(и) м'якчу: _____ м,
 – на м'якчу бересті _____ м, на штарком бересті _____ м,
 – до типу штарк(и) штарк(и) м'якчу: _____ м,
 – на м'якчу бересті _____ м, на штарком бересті _____ м.

Вирішати р'якка м'якчу на осередному штаркою.	Вирішати м'якчу на осередному штаркою.
Вирішати р'якка м'якчу на осередному штаркою	Вирішати м'якчу на осередному штаркою
Позначити	Позначити
Классифікація	Классифікація
Підприємство	Підприємство

Вирішати р'якка м'якчу на штаркою: за даними штаркою на основному розп'ятеку (визначити штаркою штаркою) штаркою: _____ м діля. / кв. / штаркою.

Хвоста штаркою	Т штаркою					Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою	Вирішати м'якчу на штаркою
	I штаркою	II штаркою	Орідіати штаркою	Кур штаркою	Позначити м'якчу на штаркою											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

5.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Прямий штаркою _____ Обчислення штаркою _____

№ _____ у _____ 20__ р. Розпочають _____ місце _____ місяця _____ року

Підряд № _____ м.п. _____ за: закінчено о _____ год. _____ хв.

Держпостанови № _____ м.п. _____

За необхідної поправки підписати: _____ місце _____

Вартість виготовлення: сирнича, сирково-сирнича, _____ міс. _____

Типовий конкурсний зразок: 3 модуль, 3 сонця, 3 місяця, 3 аспекти, відкр. _____

Видати конкурсний макетний зразок: _____ міс. _____

Попередити макет: після, попередити _____

Вартість на необхідного поправки: _____ міс. _____

— до типу поправки: _____ міс. _____

— до типу макетного макетного макету: _____ міс. _____

— до типу макетного макету: _____ міс. _____

Види макету	Види макету	Види макету
Висота макету	Висота макету	Висота макету
Класифікація	Класифікація	Класифікація
Трибуна	Трибуна	Трибуна

Вартість робочого макету на першій за даними макетом на основному макеті (визначення кількості макетів) _____ міс. _____

Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету	Види макету
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	

Проміжки виконавця _____ Обчислення першості _____

№ р. 20... г. Районного у м.п. Белгара о год. ж. ; задн.ч.го о год. ж.

Письмо №

Дорогой приглашенный! а см
 Ваше основное занятие

За последние 10 лет пережил:

Встретил в жизни: сына, дочь, внука, невестку, ...
 Типичный маршрут: в школу, в садик, в магазин, ...
 Самые интересные моменты: ...

Помните людей: друга, соседа ...
 Встречи и знакомства:

— по типу: ...
 — по типу: ...
 — по типу: ...
 — по типу: ...

№	Имя	Отчество	Титулы и звания				Дата рождения	Место рождения
			Почетное звание	Звание	Степень	Подполковник		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

Высота роста: ... см

Взвешивал	Номер пола:	Виды под	Продолжение	Начи с
роста	полы:	полы:	полы:	полы:
Полнота	роста:	роста:	роста:	роста:
Классика	роста:	роста:	роста:	роста:
Триглит	роста:	роста:	роста:	роста:

Ваша работа: ...

13

№	Имя	Отчество	Титулы и звания				Дата рождения	Место рождения
			Почетное звание	Звание	Степень	Подполковник		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								

Примеры: ...

Нівелювання робочого рівня води

№ ст.	№ проф. репер. пункт	Відлік по рейці			Перевіщення		Середнє перевіщення		Горизонт нівеліра	Відмітка		Примітка та відомості про нівелір і рейку
		Задя.	Перед.	Пром.	+	-	+	-		м абс./БС	м умов.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Нівелювання виконав _____ Обробив _____
 Обчислення перевірів _____

Нівелювання робочого рівня води

№ ст.	№ проф. репер. пункт	Відлік по рейці			Перевіщення		Середнє перевіщення		Горизонт нівеліра	Відмітка		Примітка та відомості про нівелір і рейку
		Задя.	Перед.	Пром.	+	-	+	-		м абс./БС	м умов.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Нівелювання виконав _____ Обробив _____
 Обчислення перевірів _____

Додаток Б.
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 «Геодезія»
з навчальної дисципліни «Геодезія»
за період з 27.06.2022 р. по 16.07.2022 р.
студентів групи ГЗ-20

Виконавці (бригада № 1):

- 1) Іванов І.І. – бригадир
- 2) Петров П.П.
- 3) ...
- 4) ...
- 5) ...

Керівники практики:
доц. Гриб О.М. – відп. керівник
ас. Гращенко Т.В.

Одеса – 2022

Навчальне електронне видання

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

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

Видавець і виготовлювач

Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016
тел./факс: (0482) 32-67-35
E-mail: info@odeku.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5242 від 08.11.2016 р.