

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»
12 вересня 2024 р., протокол
№ 05

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проходження ГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРАКТИКИ

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво»
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

Рекомендовано на засіданні
кафедри гірничих технологій та
будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
27 серпня 2024 р., протокол № 08

Розробники:

к.т.н., доц. кафедри маркшейдерії ПАНАСЮК Андрій
к.т.н., доц. кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
БАШИНСЬКИЙ Сергій
ст. викладач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.
ОСТАФІЙЧУК Неля

Житомир
2024

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 43/2</i>

УДК 528

Методичні рекомендації для проходження геодезичної практики для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво».

Укладачі – к.т.н., доцент кафедри маркшейдерії ПАНАСЮК Андрій, к.т.н., доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. БАШИНСЬКИЙ Сергій, ст. викладач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. ОСТАФІЙЧУК Неля – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2024. – 43 с.

Рецензенти:

ШАМРАЙ Володимир – к.т.н., доцент кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

ШЛАПАК Володимир – к.т.н., доцент кафедри маркшейдерії.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т. – к.т.н., доц. БАШИНСЬКИЙ Сергій

Методичні рекомендації розроблені для здобувачів вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво» освітнього ступеня «бакалавр» денної та заочної форм навчання і містять детальні рекомендації для проходження геодезичної практики.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/3

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Одержання завдання, проектування, рекогносцировка і закладання пунктів зйомочного обґрунтування.....	7
2. Повірки геодезичних приладів.....	9
2.1 Повірки теодолітів.....	9
2.2. Повірки і дослідження мірної стрічки (рулетки).....	12
2.3. Повірки нівеліра і рейок.....	13
3. Польові вимірювання.....	17
3.1. Вимірювання горизонтальних кутів у теодолітному ході.....	17
3.2. Вимірювання відстаней мірною стрічкою (рулеткою).....	18
3.3. Вимірювання відстані нитковим віддалеміром.....	20
3.4. Вимірювання перевищень у ході технічного нівелювання.....	21
4. Обчислення координат і відміток пунктів знімального обґрунтування.....	24
4.1. Обчислення координат пунктів розімкнутого теодолітного ходу.....	24
4.2. Обчислення координат пунктів стандартного замкнутого теодолітного ходу.....	25
4.3. Обчислення координат пунктів замкнутого теодолітного ходу з двома вихідними пунктами.....	29
4.4. Обчислення оцінок пунктів ходу технічного нівелювання.....	34
4.5. Проектування горизонтальної площадки.....	35
5. Тахеометрична зйомка.....	37
5.1. Виконання польових вимірів.....	37
5.2. Координування точок.....	38
5.3. Побудова плану тахеометричної зйомки.....	38
6. Написання звіту з геодезичної практики.....	40
7. Порядок захисту звіту з геодезичної практики.....	41
Рекомендована література.....	43

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 4

ВСТУП

Геодезична практика проводиться після вивчення теоретичних положень інженерної геодезії і виконання лабораторно-практичних завдань протягом одного семестру (2-го) на 1-му курсі. Тривалість геодезичної практики згідно робочих навчальних планів для спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» складає 2 тижні.

Основні задачі геодезичної практики:

- засвоїти методику вимірів на місцевості;
- придбати навички проектування геодезичних робіт, рекогносцировки і закладення геодезичних пунктів;
- ознайомитись з організацією робіт по створенню знімального обґрунтування і виконанню наземної топографічної зйомки ділянки місцевості в масштабі 1:1000.

Усі роботи згідно з програмою геодезичної практики виконуються бригадами студентів у складі 4 – 6 чоловік; бригади формуються заздалегідь з таким розрахунком, щоб у ній були і юнаки, і дівчата. Роботу в бригаді організує бригадир, в обов'язки якого входить: одержання, збереження і здача приладів та устаткування. Крім того в бригаді призначається заступник бригадира.

Календарний план робіт і зміст геодезичної практики наведені в таблицях 1 і 2 відповідно.

Таблиця 1

Календарний план геодезичної практики

№ з/п	Найменування процесів	Тривалість
1.	Інструктаж з ТБ, одержання приладів, перевірки і дослідження приладів	1 день
2.	Проектування, рекогносцировка і закладка пунктів зйомочних обґрунтування	1 день
3.	Вимірювання кутів та відстаней у теодолітному ході	2 дні
4.	Обробка вимірів теодолітного ходу	1 день
5.	Вимірювання перевищень у процесі нівелювання земної поверхні по квадратах	1 день
6.	Обробка результатів нівелювання земної поверхні по квадратах	2 дні
7.	Вимірювання перевищень у процесі поздовжньо-поперечного нівелювання траси	1 день
8.	Проектування горизонтальної площадки	1 день
9.	Обробка результатів поздовжньо-поперечного нівелювання траси	1 день
10.	Тахеометрична зйомка ділянки	1 день
11.	Креслення топографічного плану ділянки	1 день
12.	Здача приладів і захист звітів	1 день
Разом		14 днів

Для виконання програми практики кожна бригада отримує наступні прилади та приладдя: теодоліт, штатив до теодоліту, дві вішки, нівелір, штатив до нівеліру, дві рейки (комплект), мірну стрічку, двометрову рулетку, шість шпильок, планшет.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 5

При одержанні приладів варто ретельно перевірити комплектність і цілісність приладів і приладь, оптику теодоліта і нівеліра, затягти всі нещільно затягнуті болти на штативах та рейках.

Крім того, у бригаді потрібно мати: зошити для чорнових записів, ручки гелієві чи кулькові, олівці прості (тверді і подвійної твердості), складаний ніж, ластика, сокирку, саперну лопатку.

Звітними документами геодезичної практики є: польові журнали вимірів, відомості обчислень координат і оцінок пунктів знімального обґрунтування, абриси тахеометричної зйомки, журнал зйомки, топографічний план ділянки місцевості, звіт про практику.

Таблиця 2

Зміст геодезичної практики

№ з/п	Найменування робіт	Обсяг робіт
1	Повірки і дослідження теодоліта	
	– установка теодоліта на штативі	+
	– горизонтування теодоліта	+
	– центрування теодоліта	+
	– перевірка рівня	+
	– перевірка колімаційної похиби	+
	– перевірка місця нуля	+
	– перевірка оптичного центру	для Т15, Т5
	– пробні виміри горизонтальних. кутів	+
2	Повірки і дослідження мірної стрічки	
	– зовнішній огляд стрічки	+
	– перевірка шкали стрічки	+
	– компарування стрічки	+
3	Повірки і дослідження нівеліра	
	– перевірка головної умови	+
	– перевірка круглого рівня	+
	– перевірка сітки ниток	+
	– визначення збільшення труби	+
	– визначення ціни поділки рівня	+
	– визначення різниці нулів рейок	+
	– пробні виміри перевищень	+
4	Вимірювання горизонтальних кутів	2 кути*
5	Вимірювання кутів нахилу	+
6	Вимірювання відстаней мірною стрічкою	+
7	Вимірювання відстаней нитковим віддалеміром	+
8	Вимірювання перевищень в процесі нівелювання земної поверхні по квадратах та у процесі поздовжньо-технічного нівелювання	+
9	Обчислення координат пунктів	+
10	Тахеометрична зйомка	
	креслення абрису	+
	виконання зйомки	2 пункти*
11	Креслення плану	+
12	Проектування горизонтальної площадки	+

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 6

Примітка: + – обсяг робіт для всієї бригади; * – обсяг роботи на одного студента.

Інструкція з техніки безпеки й охорони праці при проходженні геодезичної практики:

1. Геодезичні роботи на геодезичній практиці повинні виконуватися відповідно до програми і графіку робіт при строгому дотриманні правил техніки безпеки.

2. Систематично перед початком роботи бригадир повинен ретельно оглянути робоче місце, геодезичні прилади й інструменти. Сокири і молотки повинні бути щільно насаджені з розклиненням, а їхні рукоятки повинні бути без задилок і мати стовщення до вільного кінця. Шухляди для приладів повинні мати міцно закріплені ручки і ремені, а складні рейки – справні гвинти в місцях кріплення. Виявлені недоліки підлягають негайному усуненню, після чого інструменти можуть бути використані в роботі.

3. Переносити віхи, штативи й інші інструменти, що мають гострі кінці, дозволяється тільки, тримаючи їхніми гострими кінцями вниз. Сокири, лопати переносяться до місця роботи і назад у брезентовому чохлі.

4. При переходах по вулицях забороняється носити рейки на плечах. Переносити їх лише в руках і неодмінно складеними при міцному закріпленні відповідних гвинтів.

5. Забороняється залишати без нагляду геодезичні прилади й інструменти. Не дозволяється залишати рейки, притулені до будинків і дерев, мірні стрічки на проїжджій частині доріг.

6. Геодезичні прилади, установлені на штативах, необхідно міцно закріплювати на місцевості, щоб уникнути їхнього падіння.

7. При переході через дорогу строго керуватися правилами, установленими для пішоходів. Особливу обережність варто дотримувати при переході на перехрестях вулиць. При веденні робіт уздовж доріг і проїздів необхідно виділяти сигнальника з прапорцями, що попереджає бригаду про транспорт, що наближається.

8. Забороняється піднімати рейки, вішки й інші предмети до проводів ліній електропередач і контактної мережі трамвайних і троллейбусних ліній на відстань, ближче аніж 2 м.

9. Вимір висоти підвіски проводів ліній електропередач можна виконувати тільки аналітично.

10. Забороняється проводити роботи в смузї відчуження високовольтних ліній електропередач, електростанцій, без узгодження з відповідними організаціями.

11. Польові роботи повинні бути припинені при наближенні грози, під час грози небезпечно знаходитися під деревами і тулитися до стовбурів, бути близько від громовідводів, високих предметів (стовпів, що розташовані окремо, дерев та ін.), контактної електромережі, високовольтних ліній.

12. Забороняється працювати в сонячні дні з непокритою головою, щоб не було теплового удару.

13. Не дозволяється працювати босим, лежати на сирій землі, сидіти на каменях, пити холодну воду, будучи розігрітим.

14. Потерпілому від нещасного випадку повинна бути надана перша медична допомога на місці до прибуття лікаря та забезпечене відправлення потерпілого в лікувальну установу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/7

1. ОДЕРЖАННЯ ЗАВДАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ, РЕКОГНОСЦІРОВКА І ЗАКЛАДАННЯ ПУНКТІВ ЗЙОМОЧНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ

Завдання на геодезичну практику видає керівник практики. У цьому завданні вказується склад бригади, задачі і тривалість практики, забезпеченість ділянки робіт топографо-геодезичними матеріалами, види й обсяги робіт, прилади й устаткування, необхідні для виконання робіт, послідовність виконання робіт, перелік матеріалів, що представляються до звіту, форми контролю роботи.

Задачами геодезичної практики є: створення знімального обґрунтування для топографічної зйомки ділянки місцевості в масштабі 1:1000; виконання тахеометричної зйомки в заданому масштабі з перетином рельєфу 1 м чи 0,5 м в залежності від особливостей місцевості.

Знімальне обґрунтування, як правило, створюється у вигляді теодолітного ходу, по пунктах якого прокладається хід технічного нівелювання.

Проектування теодолітного ходу варто виконувати (при наявності) на фотоплані масштабу 1:5000. Відстань між пунктами варто вибирати від 80 м до 150 м (по інструкції – від 40 м до 350 м); загальне число пунктів повинне бути більше від числа студентів у бригаді. Форма теодолітного ходу може бути довільною:

- стандартний розімкнутий хід – рис. 1;
- стандартний замкнутий хід – рис. 2;
- замкнутий хід із двома вихідними пунктами у середині ходу – рис. 3 (у даному ході прилеглий кут можна не вимірювати).

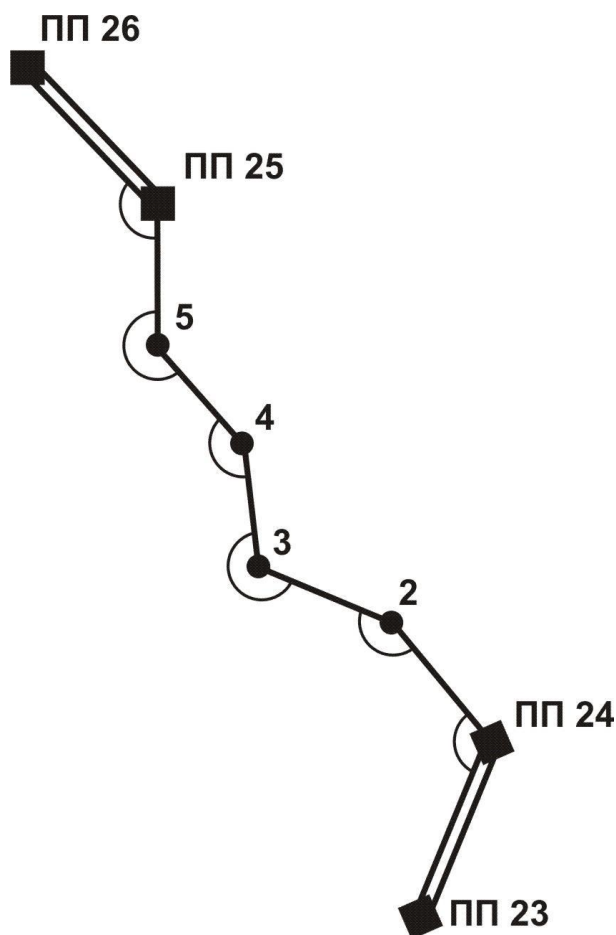


Рис 1. Схема розімкнутого теодолітного ходу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 8

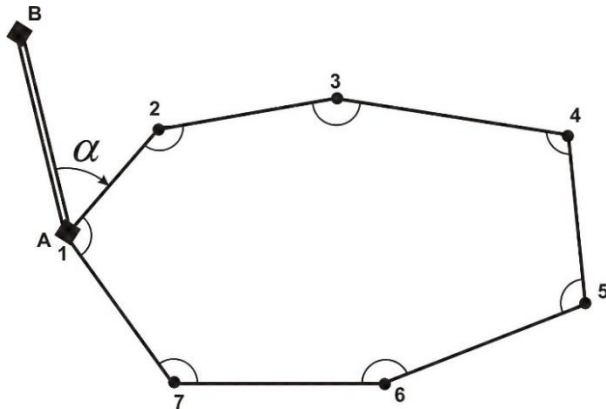


Рис 2. Схема стандартного замкнутого ходу

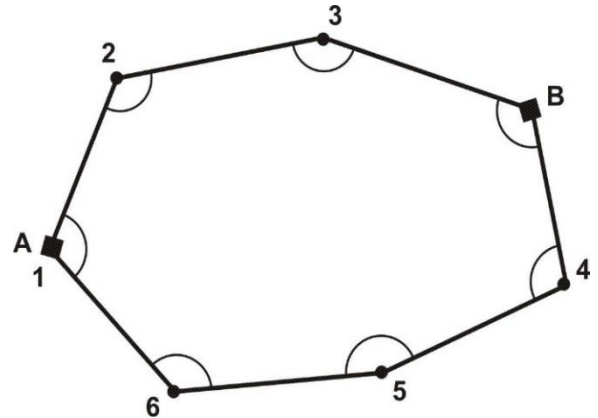


Рис 3. Схема замкнутого ходу з двома вихідними пунктами

Якщо ділянка земної поверхні, де виконується зйомка, невелика, проектування теодолітного ходу можна виконати безпосередньо на місцевості.

У процесі рекогносцировки потрібно намітити місце розташування пунктів і переконатися у взаємній видимості між сусідніми пунктами. Для цього потрібно встати двом студентам на два сусідніх пункти й обом присісти на корточки; якщо вони в такому положенні вони бачать один одного, пункти можна закріплювати. Місце закладки пункту повинно бути зручним для установки штатива теодоліта і забезпечувати гарний огляд для зйомки в радіусі 60 м – 100 м. За центр пункту зручно прийняти шлямку цвяха довжиною 40 мм, вбитого цілком у дерев'яний кілочок довжиною близько 10 см – 15 см; кілочок забивається в землю так, щоб над землею залишилося не більш 1 см його довжини (рис.4). На відстані 20 см – 30 см від кілочка виконується окопка глибиною близько 5 см у формі кута, трикутника, прямокутника. В один з кутів окопки забивається пізнавальний кілок (сторожок); висота кілка над поверхнею землі повинна бути близько 20 см; на одній із граней кілка потрібно підписати простим олівцем номер пункту, номер бригади і групи; наприклад, п.3 – бр.2 – ПЦБ–3.

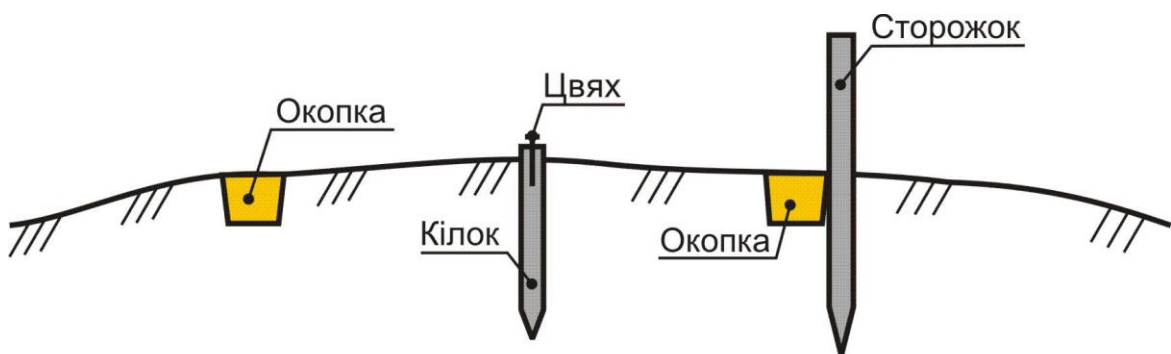


Рис. 4 Закріплення пункту теодолітного ходу

Якщо пункт розташовується на асфальтовому покритті, то його можна закріпити забитим в асфальт металевим костилем, яким звичайно кріпляться рельси до шпал.

Можливі й інші варіанти закладання і зовнішнього оформлення пунктів теодолітного ходу.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/9

2. ПОВІРКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

2.1 Повірки теодолітів

Для вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів можна застосовувати теодоліти Т30, 2Т30, 2Т30П, 4Т30П, Т15, 2Т5К, 3Т5К та їм рівноцінні. Літера "П" у шифрі теодоліта означає, що його зорова труба дає пряме зображення; літера "К" – що замість рівня при алідаді вертикального круга використовується компенсатор малих кутів нахилу.

Перевірки виконують для того, щоб переконатися у виконанні умов взаємного розташування геометричних осей теодоліта і у випадку порушення цих умов виправити положення тієї чи іншої вісі.

Перед виконанням перевірок потрібно вивчити розташування затискних і навідних гвинтів і навчитися користатися ними по призначенню.

Насамперед потрібно встановити теодоліт на штативі в захищеному від прямих сонячних променів місці і виконати горизонтування теодоліта, тобто привести вісь обертання алідади у вертикальне положення; для цього потрібно виконати наступні операції:

- обертаючи алідаду, встановити рівень при алідаді горизонтального круга паралельно лінії, що з'єднує два піднімальні гвинти, і, обертаючи ці два гвинти в протилежні сторони, привести бульбашку рівня в нуль-пункт;
- повернути алідаду на 90° , тобто, встановити рівень по напрямку третього підйомного гвинта; обертаючи цей гвинт, привести бульбашку рівня в нуль-пункт.

При наведенні зорової труби на візирну мітку (наприклад, на вішку) слід, обертаючи алідаду і трубу, навести на вішку білий хрест в окулярі візира і, притримуючи однією рукою алідаду, обережно затиснути її гвинтом. Потім, притримуючи однією рукою зорову трубу, іншою рукою затиснути гвинт труби. Після цього, дивлячись в окуляр труби, потрібно відфокусувати зображення вішки і, обертаючи навідні гвинти алідади і труби, встановити зображення вішки в центрі сітки ниток. Для зменшення похибки через нахил вішки хрест сітки ниток потрібно наводити на саму нижню видиму частину вішки (рис. 5).

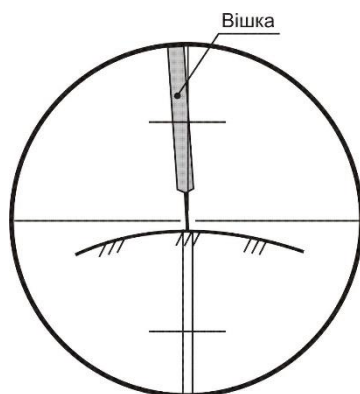


Рис. 5 Правильне наведення зорової труби на вішку (для теодолітів з прямим зображенням зорової труби)

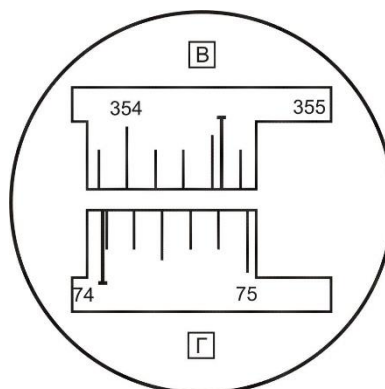


Рис.6 Поле зору мікроскопа теодоліта Т30 (мікроскоп штрихового типу)

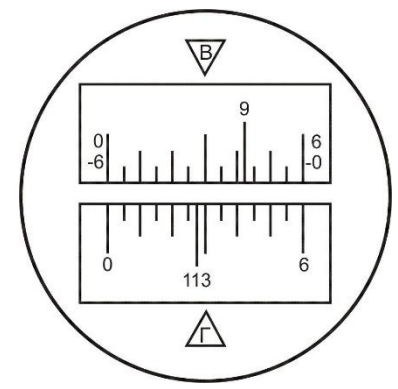


Рис.7 Поле зору мікроскопа теодоліта 2Т30 (мікроскоп шкалового типу)

Велике значення при вимірюванні кутів має уміння правильно відраховувати по лімбах теодолітів за допомогою штрихового (Т30) і шкалового (2Т30, Т15 і Т5) мікроскопів. Таке уміння ґрунтується на знанні пристрою відлікових пристосувань теодолітів і уважному та акуратному відношенні до процесу взяття відліку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05-05.02/192.00.1/Б/ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/10

Деякі характеристики теодолітів Т30, 2Т30 і Т15 приведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Загальні характеристики теодолітів

Найменування характеристик	Марки теодолітів		
	Т30	2Т30	Т15
1. Ціна поділок лімба	10'	1°	1°
2. Відліковий пристрій	штриховий мікроскоп	шкаловий мікроскоп	шкаловий мікроскоп
3. Довжина шкали відлікового пристрою	–	1°	1°
4. Кількість поділок в шкалі	–	12	60
5. Ціна поділок шкали	–	5'	1'
6. Точність відліку	1'	0,5'	0,1'

Взяття відліку за допомогою штрихового мікроскопа теодоліта Т30: в окулярі мікроскопа (що розташований поруч з окуляром труби) знайти відліковий індекс (штрих з горизонтальним підсіканням) і взяти по шкалі лімба відлік, що відповідає положенню відлікового індексу (рис. 6 – відлік по горизонтальному колу 74°09', по вертикальному колу 354°33').

Взяття відліку по лімбі за допомогою шкалового мікроскопа теодоліта 2Т30: зафіксувати штрих градусної поділки лімба всередині шкали мікроскопа (між цифрами 0 і 6) – це будуть градуси відліку; по положенню цього штриха взяти відлік по шкалі мікроскопа з точністю до півхвилини (рис. 7 – відлік по горизонтальному колу 113°27.5', по вертикальному колу 9°42,0'). Варто пам'ятати, що шкала мікроскопа вертикального круга має подвійну оцифровку. Якщо в градусного розподілу вертикального лімба немає знаку, для відліку по шкалі мікроскопа використовується позитивна оцифровка; якщо в градусного розподілу є знак "мінус", то для відліку по шкалі використовується негативна оцифровка.

1. Повірка рівня. Вісь рівня при алідаді горизонтального круга повинна бути перпендикулярна до вісі обертання алідади. Ця перевірка включає наступні операції:

- обертаючи алідаду, встановити рівень паралельно лінії, що з'єднає два підйомні гвинти; обертаючи ці гвинти в протилежні сторони, привести бульбашку в нуль-пункт;
- повернути алідаду точно на 180°; порахувати кількість поділок n , на які бульбашка рівня відхилилася від нуль-пункту;
- обертаючи ці ж два підйомні гвинти, змістити бульбашку рівня у бік нуль-пункту на $n/2$ поділок;
- обертаючи виправні гвинти рівня, привести бульбашку в нуль-пункт.

Якщо після повороту алідади на 180°, бульбашка рівня іде за межі шкали, то відхилення бульбашки варто вимірювати в оборотах піднімальних гвинтів і виправляти рівень методом послідовних наближень; крім того, у цьому випадку можна застосувати спосіб Г.Ф. Лисова [7].

Порядок перевірки рівня по способі Г.Ф. Лисова:

- обертаючи один (будь-який) підйомний гвинт, нахилити теодоліт на 1° – 2° (близько двох повних оборотів гвинта);
- обережно обертаючи алідаду, знайти таке її положення, коли пухирець рівня буде точно в нуль-пункті (користуватися навідним гвинтом алідади!); узяти відлік N_1 по горизонтальному колу;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 11

– обережно обертаючи алідаду, знайти друге її положення, коли пухирець рівня буде точно в нуль пункті (користатися навідним гвинтом алідади!); узяти відлік N_2 по горизонтальному колу;

– обчислити установочний відлік $N = \frac{1}{2} \cdot (N_1 + N_2) + 90^0$ і встановити його на горизонтальному колі;

– виправними гвинтами рівня привести бульбашку в нуль-пункт.

Після виправлення рівня потрібно заново привести вісь обертання алідади у вертикальне положення (виконати горизонтування теодоліта).

2. *Повірка колімаційної похибки.* Візирна вісь труби повинна бути перпендикулярна до вісі обертання труби. Для виконання цієї перевірки необхідно виконати наступні операції:

– навести зорову трубу при *КЛ* на добре видиму крапку поблизу горизонту, взяти відлік по горизонтальному колу N_L ;

– перевести трубу через зеніт і, обертаючи алідаду, навести трубу при *КП* на цю ж крапку, взяти відлік по горизонтальному колу N_R ;

– обчислити подвійну колімаційну помилку за формулою:

$$2C = N_L - (N_R \pm 180^0)$$

Наприклад: $N_L = 23^{\circ}14,5'$; $N_R = 203^{\circ}16,0'$; $2C = -1,5'$.

Якщо величина $2C$ перевищує $5'$, тоді виконуються наступні операції:

– обчислити правильний відлік при *КП*;

– обертаючи алідаду мікрометричним гвинтом, встановити цей відлік на лімбі горизонтального колу – у полі зору труби крапка зміститься з вертикальної нитки;

– відкрити захисний чохол на окулярі зорової труби і забезпечити доступ до виправних гвинтів сітки ниток;

– послабити вертикальні виправні гвинти і, обертаючи горизонтальні гвинти, навести вертикальну нитку на крапку; затиснути усі виправні гвинти;

– повторити визначення колімаційної помилки.

3. *Повірка сітки ниток.* Вертикальна нитка сітки ниток повинна бути паралельна вісі обертання алідади. Для виконання перевірки потрібно виконати наступні операції:

– обертаючи алідаду, навести зорову трубу на добре видиму крапку;

– навідним гвинтом труби плавно зміщати трубу по висоті спочатку вниз, потім доверху; якщо зображення крапки не відхиляється від вертикальної нитки, умова виконана; якщо зображення крапки відхиляється від вертикальної нитки, то при вимірюванні кутів варто завжди наводити трубу на візирну мітку таким чином, щоб ціль була в центрі поля зору труби.

4. *Повірка місця нуля.* При горизонтальному положенні візирної вісі зорової труби і бульбашки рівня при вертикальному крузі в нуль-пункті (для теодолітів Т15 і Т5) відлік по вертикальному колу повинний бути рівний нулю. Для виконання перевірки місця нуля виконують наступні операції:

– навести зорову трубу на крапку при *КЛ*;

– за допомогою мікрометричного гвинту алідади вертикального колу привести бульбашку рівня при вертикальному крузі в нуль пункті, узяти відлік по вертикальному колу V_L ;

– перевести трубу через зеніт і навести трубу на цю ж крапку при *КП*;

– привести бульбашку рівня в нуль-пункті, взяти відлік по вертикальному колу V_R ;

– обчислити місце нуля;

для теодоліта 2Т30 за формулою:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 12

$$MO = \frac{1}{2} \cdot (V_L + V_R)$$

для теодоліта Т15 за формулою:

$$MO = \frac{1}{2} \cdot [V_L + (V_R - 180^\circ)]$$

Наприклад: теодоліт 2Т30: $V_L = 7^\circ 14'$; $V_R = -7^\circ 12'$; $MO = +1'$.

У теодолітів Т30 і 2Т30 немає рівні при вертикальному крузі, тому місце нуля в них визначається після ретельної установки вісі обертання алідади у вертикальне положення.

Місце нуля вертикального круга можна не виправляти, але потрібно регулярно його визначати і стежити за тим, щоб протягом дня значення місця нуля було приблизно постійним.

5. *Повірка оптичного центру.* Ця перевірка виконується в теодолітів Т15 і Т5. Для цього потрібно спочатку встановити штатив приблизно над центром пункту так, щоб площадка головки штативу була горизонтальна. Потім варто ретельно привести вісь обертання алідади у вертикальне положення і, дивлячись в окуляр оптичного центру і зміщаючи теодоліт по площадці, ввести центр пункту в мале коло поля зору центру. Після цього повернути алідаду точно на 180° і подивитися в окуляр оптичного центру, чи не вийшов центр пункту з малого кола. Якщо зміщення центра пункту велике (за межі малого кола), то теодоліт варто здати в ремонт або спробувати відюстирувати оптичний центр у присутності викладача.

2.2. Повірки і дослідження мірної стрічки (рулетки)

1. *Зовнішній огляд* – переконатися у відсутності поломок у різних місцях стрічки, особливо на початку і в кінці, у відсутності сильних перегинів; у випадку наявності заклепок перевірити безперервність шкали стрічки.

2. *Визначення постійної поправки Δl*

$$\Delta l = L_\phi - L_o$$

де L_ϕ – фактична довжина стрічки;

L_o – проектна довжина стрічки (підписана на корпусі стрічки).

Поправка Δl визначається шляхом виміру базису з відомою довжиною D_o

$$\Delta l = \frac{D_o - D_L}{n + \frac{r}{L_o}}$$

де n – кількість цілих разів укладення стрічки в довжині базису;

r – домір (залишок);

$$D_L = n \cdot L_o + r$$

Приклад 1: $L_o = 20,00$ м; $D_o = 19,941$ м; $n = 0$; $r = D_l = 19,92$ м. $\Delta l = +0,021$ м; $L_\phi = 20,021$ м.

Приклад 2: $L_o = 20,00$ м; $D_o = 74,473$ м; $n = 3$; $r = 14,51$ м. $D_l = 74,51$ м; $\Delta l = -0,010$ м; $L_\phi = 19,990$ м.

Значення L_ϕ і Δl варто округляти до 0,001 м (до міліметрів).

Іноді поправки Δl і фактичну довжину L_ϕ робочої стрічки визначають, порівнюючи її довжину з довжиною іншої мірної стрічки чи рулетки, довжина якої відома; тобто функцію базису виконує мірна стрічка (рулетка) з відомою довжиною.

Визначення поправки Δl називається компаруванням стрічки (рулетки), а місце фіксації базису D_o – компаратором. Фактична довжина стрічки L_ϕ приймається рівної $L_\phi = L_o + \Delta l$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 13

2.3. Повірки нівеліра і рейок

Перед виконанням повірок нівеліра необхідно привести його вісь обертання у вертикальне положення за допомогою підйомних гвинтів і настановного круглого рівня. Для цього потрібно обернути підйомні гвинти в довільному напрямку доти, поки бульбашка рівня установиться в центрі малого кола.

Нівелірна рейка має чорну шкалу на одній стороні і червону шкалу на іншій стороні. Поділки оформлені у виді дециметрів, розділених на 10 частин; кожен дециметр підписаний двозначним числом, наприклад – 03, 17, 29 – на чорній стороні і 48, 57, 74 – на червоній стороні. Початок кожного дециметра фіксується тонким горизонтальним штрихом, від якого будується п'яти сантиметрова фігура у формі літери Е; потім ідуть ще 5 поділок: три білих і два зафарбованих (рис. 8). У трубі з переверненим зображенням поділки рейки зростають зверху до низу.

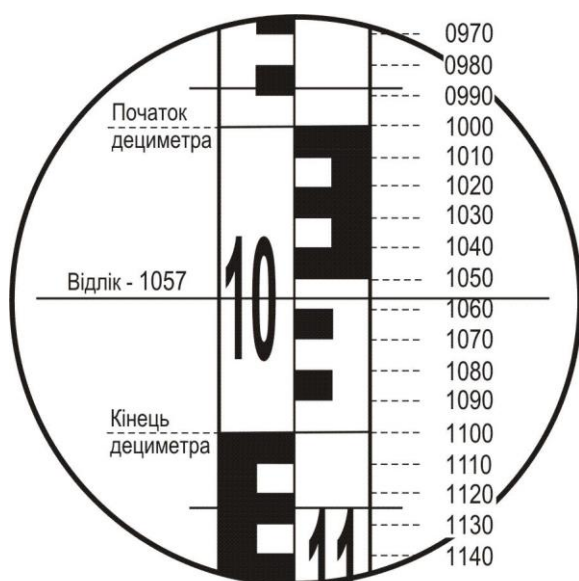


Рис. 8. Зображення рейки в трубі нівеліра

Відлік по нівелірній рейці береться в міліметрах і завжди виражається чотиризначним числом: перші дві цифри – номер дециметра, 3-я цифра – число повних сантиметрових поділок від початку дециметра до середньої нитки, 4-а цифра – десяті частки наступної сантиметрової поділки (на рис. 8 відлік по центральній нитці 1057).

1. *Повірка головної умови нівеліра з рівнем при трубі.* Вісь циліндричного рівня і візирна вісь труби повинні лежати в паралельних вертикальних площинах і бути паралельними.

Повірка першої частини головної умови включає наступні операції:

- встановити вісь обертання нівеліра у вискове положення;
- обертаючи нівелір по азимуту, встановити трубу перпендикулярно лінії, що з'єднує два піднімальні гвинти (по напрямку третього піднімального гвинта);
- елеваційним гвинтом привести бульбашку рівня в нуль-пункт;
- обертаючи два підйомні гвинти на 2 – 3 обороти в протилежних напрямках, нахилити нівелір спочатку в одну сторону, потім в іншу; якщо бульбашка рівня залишається на місці чи відхиляється обидва рази в одну і ту ж сторону, тоді умова виконана; якщо бульбашка відхиляється в різні сторони, то умова порушена.

Друга частина повірки виконується подвійним нівелюванням вперед і включає наступні операції:

- на місцевості забивають два кілочка на відстані 40 – 50 метрів;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 14

- встановлюють нівелір над першим кілочком так, щоб окуляр труби знаходився з кілочком на одній висковій лінії; вимірюють висоту i_1 центра окуляра над кілочком у міліметрах; на другий кілочок вертикально встановлюють рейку;
- наводять трубу на рейку, за допомогою елеваційного гвинта встановлюють бульбашку рівня в нуль-пункт і беруть відлік по рейці по центральній нитці b_1 ;
- змінюють місцями нівелір і рейку і повторюють вимір – одержують i_2 і b_2 ;
- обчислюють величину x по формулі

$$x = \frac{1}{2} \cdot (i_1 + i_2) - \frac{1}{2} \cdot (b_1 + b_2)$$

і потім – кут непаралельності вісі рівня і візирної вісі труби по формулі:

$$i = \frac{x_{\text{мм}}}{S_{\text{мм}}} \cdot \rho''$$

де $\rho'' = 206265''$; по інструкції кут i не повинний перевищувати $20''$, що на відстані 50 м відповідає допуску x в 4 мм.

Приклад: $i_1 = 1440$; $b_1 = 1172$;

$i_2 = 1380$; $b_2 = 1643$;

$i_1 + i_2 = 2820$; $b_1 + b_2 = 2815$; $S = 40$ м; $x = +2,5$ мм; $i = 12''$.

Якщо кут i перевищує $20''$, то варто виправити його, виконавши наступні дії:

- обчислити правильний відлік $b_2^o = b_2 + x$;
- елеваційним гвинтом встановити середню нитку на відлік по рейці b_2^o ;
- виправними гвинтами рівня при трубі привести бульбашку рівня в нуль-пункт;
- заново виконати перевірку другої частини головної умови.

Виправлення рівня, якщо це необхідно, дозволяється тільки в присутності викладача.

2. *Певірка круглого рівня.* Вісь круглого рівня повинна бути паралельна вісі обертання нівеліра. Для виконання цієї перевірки потрібно виконати наступні операції:

- ретельно встановити вісь обертання нівеліра у вертикальне положення за допомогою піднімальних гвинтів, елеваційного гвинта і циліндричного рівня при трубі;
- виправними гвинтами круглого рівня привести його бульбашку в нуль-пункт.

3. *Перевірка сітки ниток.* Горизонтальна нитка сітки ниток повинна бути перпендикулярна вісі обертання нівеліра, тобто бути горизонтальною. Ця перевірка виконується наступним чином:

- встановити рейку в 30 м від нівеліра;
- навести трубу на рейку; встановити зображення рейки в центрі сітки ниток;
- елеваційним гвинтом привести бульбашку рівня в нуль-пункт; взяти відлік по рейці b_o ;
- навідним гвинтом труби змістити зображення рейки вліво, потім вправо; обидва рази взяти відліки по горизонтальній нитці b_l і b_n відповідно.

Якщо відліки b_l і b_n відрізняються від b_o більш, ніж на 1 мм, сітку ниток потрібно розгорнути; цю операцію можна виконувати тільки в присутності викладача. Для виключення впливу нахилу горизонтальної нитки потрібно завжди встановлювати зображення рейки точно в центрі сітки ниток.

Крім повірок для нівеліра і рейок виконують деякі дослідження.

1. *Визначення збільшення зорової труби:*

- закріпити рейку у вертикальному положенні на відстані 8 – 10 м від нівеліра;
- навести зорову трубу на рейку;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 15

– виділити в полі зору труби одну поділку рейки і спроектувати її на рейку, що видно іншим (неозброєним) оком; порахувати, скільки поділок на рейці укладається в одній поділці зображення рейки – це і буде збільшення труби.

Якщо в полі зору труби виділяється n поділок і в них укладається N поділок рейки, тоді збільшення труби дорівнює $V^x = \frac{N}{n}$

2. *Визначення ціни поділки циліндричного рівня.* Для виконання цього дослідження необхідно виконати наступні операції:

- встановити рейку вертикально на відстані 40 – 50 м від нівеліра;
- навести зорову трубу на рейку;
- за допомогою елеваційного гвинта нахилити трубу разом з рівнем так, щоб бульбашка рівня розташувалася поблизу лівого краю шкали рівня, і дати їй заспокоїтися; взяти відліки по шкалі рівня по лівому (L_1) і правому (P_1) кінцях бульбашки і без перерви – відлік по рейці (N_1) по середній нитці. Якщо шкала рівня не підписана, потрібно підписати її хоча б подумки;
- за допомогою елеваційного гвинта нахилити трубу разом з рівнем в іншу сторону так, щоб бульбашка розташувалася поблизу правого кінця шкали рівня, і дати їй заспокоїтися; взяти відліки по шкалі рівня по лівому (L_2) і правому (P_2) кінцях бульбашки і без перерви – відлік по рейці (N_2) по середній нитці; на цьому закінчується прямий хід;
- за допомогою елеваційного гвинта ледве змістити бульбашку рівня;
- дати рівню заспокоїтися; взяти відліки по шкалі рівня по лівому (L_1') і правому (P_1') кінцях бульбашки і без перерви – відлік по рейці (N_1') по середній нитці;
- за допомогою елеваційного гвинта нахилити трубу разом з рівнем в іншу сторону так, щоб бульбашка розташувалася поблизу лівого кінця шкали рівня, і дати їй заспокоїтися; узяти відліки по шкалі рівня по лівому (L_2') і правому (P_2') кінцях бульбашки і без перерви – відлік по рейці (N_2') по середній нитці;
- виміряти за допомогою ниткового віддалеміру відстань S від нівеліра до рейки;
- обчислити ціну поділки рівня в прямому і зворотному ході за формулою:

$$\tau'' = \frac{\Delta N_{\text{м.м}} \cdot \rho''}{S_{\text{м.м}} \cdot \Delta b}$$

де

$$\Delta N = |N_2 - N_1|$$

$$\Delta b = |U_2 - U_1|$$

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot (L_1 - P_1)$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot (L_2 - P_2)$$

окремо для прямого і зворотного ходу;

- обчислити середнє значення ціни поділки рівня

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \cdot (\tau_{\text{пр}} + \tau_{\text{звор}})$$

Приклад визначення ціни розподілу рівня наведений у таблиці 4.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 16

Таблиця 4

Визначення ціни розподілу рівня за допомогою рейки

Хід	Відліки по шкалі рівня						Δb	по рейці мм		ΔN
	L_1	P_1	U_1	L_2	P_2	U_2		N_1	N_2	
прямий	0,4	11,7	6,05	13,0	24,2	18,60	12,55	146,4	158,2	11,8
обернений	1,3	12,3	6,80	13,5	24,9	19,20	12,40	146,8	158,9	12,1

$$S = 9,10 \text{ м} = 9100 \text{ мм. } \tau_{np} = 21,3'' , \tau_{ze} = 22,1'' , \tau_{cep} = 21,7''.$$

3. *Визначення різниці висот нулів рейки.* Це дослідження виконується в наступному порядку.

На відстані близько 20 м від нівеліра міцно забивають у землю 4 кілки різної довжини а у їх торці забивають цвяхи з напівсферичними шляпками.

Послідовно на кожен кілок ставлять першу рейку і роблять відліки по червоній і чорній сторонах. Потім такі ж відліки роблять по другій рейці. Після зміни висоти нівеліра на 5 – 7 см виконують другий такий же прийом. Порядок запису відліків і обчислень наведений у таблиці 5.

Таблиця 5

Визначення різниці висот нулів рейок

N прийому	N кілка	Відліки по рейці 1			Відліки по рейці 2		
		чорна ст.	червона ст.	різниця	чорна ст.	червона ст.	різниця
	1	363	5150	4787	362	5051	4689
	2	412	5200	4788	411	5099	4688
I	3	491	5277	4786	491	5178	4687
	4	592	5379	4787	591	5279	4688
	1	409	5196	4787	410	5099	4689
	2	457	5245	4788	458	5147	4689
II	3	538	5325	4787	539	5277	4688
	4	638	5426	4788	636	5325	4689
	Σ	3900	42198	38298	3898	41405	37507
	Ср.	487,5	5274,8	487,3	487,2	5175,6	4688,4

Різниця висот нулів червоної і чорної сторін рейки 1 – 4787 мм.

Різниця висот нулів червоної і чорної сторін рейки 2 – 4688 мм.

Різниця висот нулів рейок (1 – 2):

- чорних сторін $487,5 - 487,2 = + 0,3$ мм,
- червоних сторін $5274,8 - 5175,6 = + 99,2$ мм,
- пари рейок $+ 0,3 - 99,2 = - 98,9$ мм = – 99 мм.

3 величинами – 99мм у випадку (1–2) і + 99мм у випадку (2–1) порівнюють різниці значень перевищення на станції, отримані по чорних і червоних сторонах рейок.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 17

3. ПОЛЬОВІ ВИМІРЮВАННЯ

3.1. Вимірювання горизонтальних кутів у теодолітному ході

Підготовка до вимірювання:

- встановити теодоліт на штативі на пункті, що є вершиною кута;
- виконати центрування і горизонтування теодоліту;
- встановити вішки у вертикальне положення на пункти, що фіксують першу і другу сторони кута; вішка ставиться в створі сторони кута поруч з кілочком, у який вбитий цвях (рис. 9).

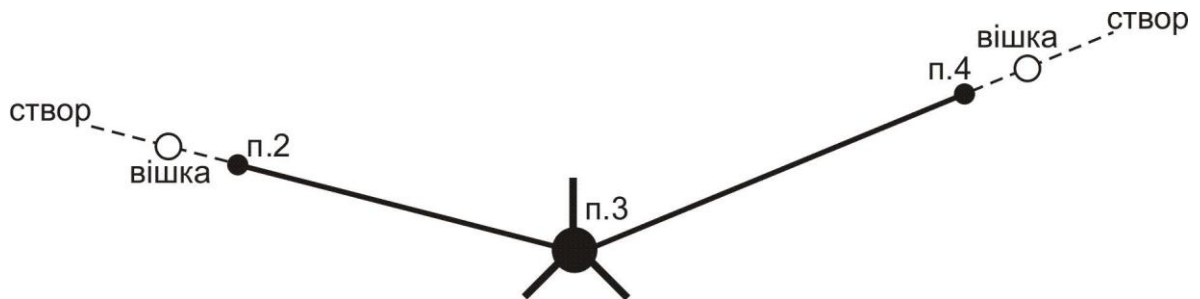


Рис. 9. Схема установки вішок у створі сторін вимірюваного кута

Центрування і горизонтування теодоліту можна виконати двома способами:

а) *За допомогою ниткового виска.* Поставити штатив з виском над центром пункту так, щоб верхня площадка голівки штатива була горизонтальною, а висок у спокійному стані відхилився від центра пункту не більш ніж на 5 мм. Потім встановити на штатив теодоліт і закріпити становий гвинт; у разі потреби посувати теодоліт по площадці, щоб висок не відхилився від центра пункту більш ніж на 5 мм. Виконати горизонтування теодоліта за допомогою піднімальних гвинтів і рівня при алідаді горизонтального круга.

б) *За допомогою оптичного центру* (теодоліти Т15 і Т5):

- встановити штатив разом з теодолітом над центром пункту так, щоб верхня площадка голівки штатива була горизонтальною і в полі зору оптичного центру було видне зображення центра пункту (шляпка цвяха). Помірно поглибити в землю всі три ніжки штатива;

- обертаючи алідаду, встановити рівень паралельно лінії, що з'єднує вістря двох ніжок штатива. Обертаючи піднімальні гвинти (будь-які та у будь-якому напрямку), привести зображення центра пункту точно в центр малого кола поля зору оптичного центру;

- зменшуючи чи збільшуючи довжину однієї ніжки штатива з пари, привести бульбашку рівня в нуль-пункт з точністю до двох поділок; повернути алідаду на 90° , тобто, встановити рівень по напрямку третьої ніжки штатива;

- зменшуючи чи збільшуючи довжину цієї ніжки штатива, привести бульбашку рівня в нуль-пункт;

- перевірити центрування і у разі потреби повторити останні 5 дій ще раз;

- на закінчення необхідно виконати (якщо це виявиться необхідним) точне горизонтування теодоліта за звичайною методикою за допомогою підйомних гвинтів і рівня при алідаді горизонтального круга.

У теодолітів Т30 і 2Т30 немає оптичного центру, але його роль може виконувати зорова труба, встановлена вертикально об'єктивом униз на відлік $90^\circ 00'$. Для візування труби на центр пункту в корпусі теодоліта є наскрізний круглий отвір діаметром близько 10 мм.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 18

Вимірювання кута способом окремого кута (способом прийомів):

- при *КЛ* (колі зліва) навести трубу на задню точку п.2 (рис. 9), взяти відлік по горизонтальному кругу L_2 ;
- обертаючи алідаду, навести трубу на передню точку п.4, взяти відлік по горизонтальному кругу L_4 ;
- обчислити значення лівого по ходу кута при *КЛ* по формулі, $\beta' = L_4 - L_2 [+ 360^\circ]$; якщо відлік L_4 менше відліку L_2 (кут виходить від'ємним), тоді потрібно додати 360° ;
- змістити лімб горизонтального круга приблизно на $1^\circ - 1^\circ 30'$;
- перевести трубу через зеніт у положення *КП* (круг право);
- обертаючи алідаду, навести трубу на задню точку п.2, взяти відлік по горизонтальному кругу P_2 ;
- обертаючи алідаду, навести трубу на передню точку п.4, взяти відлік по горизонтальному кругу P_4 ;
- обчислити значення лівого по ходу кута при *КП* по формулі $\beta'' = P_4 - P_2 [+ 360^\circ]$; якщо відлік P_4 менше відліку P_2 (кут виходить від'ємним), тоді потрібно додати 360° ;
- якщо виконується умова $|\beta' - \beta''| \leq \Delta\beta_{\text{дон}}$, тоді обчислюється середнє значення кута $\beta = \frac{1}{2} \cdot (\beta' + \beta'')$; значення $\Delta\beta_{\text{дон}}$ варто прийняти для теодолітів Т30 і 2Т30 $\Delta\beta_{\text{дон}} = 2'$, для теодолітів Т15 і Т5 $\Delta\beta_{\text{дон}} = 1'$.

Якщо вимірюються праві по ходу кути, то при обчисленні кута при *КЛ* і *КП* потрібно від відліку на задню точку (п.2 – рис. 9) віднімати відлік на передню точку (п.4 – рис. 9).

Запис відліків і обчислення кутів виконують в журналі встановленої форми (табл. 6).

Таблиця 6

Зразок записів у журналі при вимірі горизонтальних кутів

Точка стояння теодоліта	Точка візування	<i>КЛ</i> <i>КП</i>	Відліки по горизонтальному	Значення кута в напівприйомі	Середнє значення кута
п.3	п.2	<i>КЛ</i>	000°15'	158°19'	158°19,5'
	п.4	<i>КЛ</i>	158°34'		
	п.2	<i>КП</i>	181°53'	158°20'	
	п.4	<i>КП</i>	340°13'		

3.2. Вимірювання відстаней мірною стрічкою (рулеткою)

У вимірюванні відстані мірною стрічкою (рулеткою) беруть участь 4 людини: дві – для зйомки, одна – для записів і одна – для тримання вішки.

Процес виміру однієї відстані включає наступні операції:

- людина з вішкою надягає контрастний одяг, іде на кінець лінії і там встає над центром пункту;
- передній знімальник бере кінець стрічки і шпильки і йде по створу лінії;
- по команді заднього знімальника він зупиняється і по його сигналах, зміщаючись праворуч – ліворуч, стає в створ лінії з точністю до 20 см;
- задній знімальник прикладає нуль стрічки до центра пункту; передній знімальник струшує стрічку, натягає її із силою близько 10 кг і проти останнього штриха стрічки вертикально встромляє шпильку в землю;
- обидва знімальники встають і синхронно йдуть вперед по створу лінії;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 19

- біля встромленої в землю шпильки задній знімальник дає команду зупинитися і операції установки переднього знімальника в створ, прикладання нульового штриха до шпильки, струшування стрічки, її натягу й втикання в землю шпильки повторюються;
- задній знімальник витягає шпильку з землі і рух вперед відновлюється;
- наприкінці лінії вимірюють домір (залишок), тобто відстань від останньої встромленої в землю шпильки до центра пункту кінця лінії;
- записник йде разом зі знімальниками і рахує кількість укладень стрічки; він же записує в журнал значення доміру; контроль. Кількість укладень стрічки дорівнює кількості шпильок, зібраних заднім знімальником.

Якщо сторона теодолітного ходу має неоднаковий кут нахилу по всій довжині, то її потрібно розділити на дві (чи більш) ділянки, з яких кожна має постійний кут нахилу. Кожну ділянку і її кут нахилу варто вимірювати окремо (рис. 10). Горизонтальне прокладення такої сторони ходу дорівнює сумі горизонтальних прокладень окремих її ділянок (на рис. 10 $S = S_1 + S_2$).

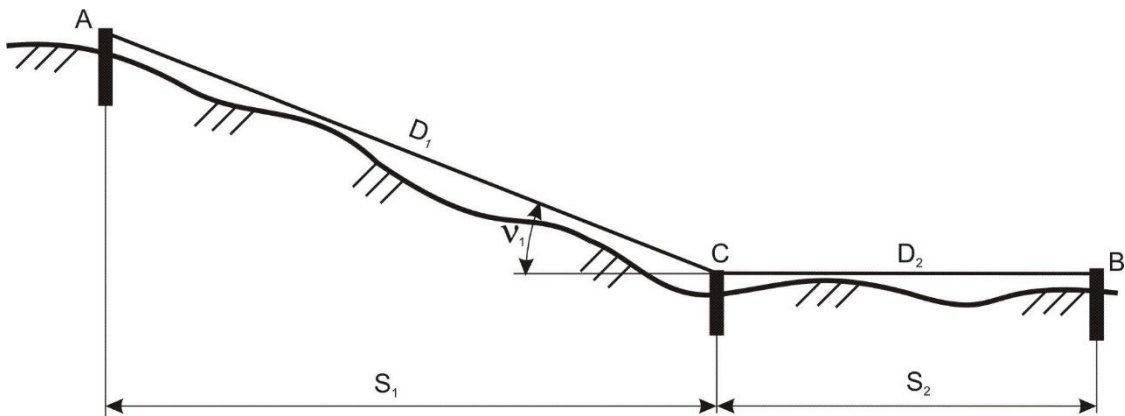


Рис. 10. Схема виміру довжини лінії по ділянках

Якщо сторона ходу перетинає балку шириною не більше довжини мірної стрічки, тоді на брівці яру закріплюють тимчасову точку C і вимірюють дві частини, що вийшли, сторони ходу по окремої (рис. 11). У зворотному ході (від точки B до точки A) точку C розташовують на іншій брівці яру.

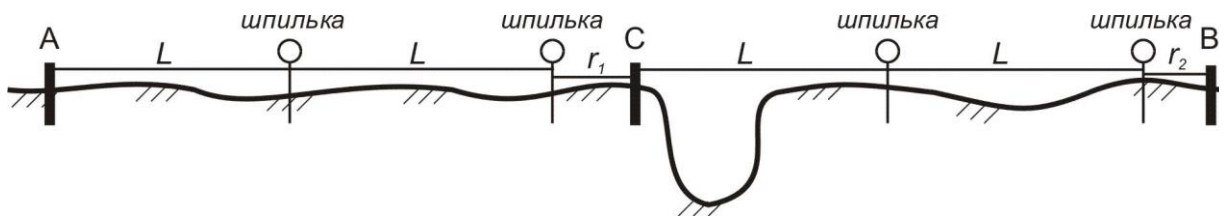


Рис. 11. Схема виміру відстані через перешкоду

Пройшовши весь теодолітний хід у прямому напрямку, виконують зворотний хід, повторюючи усі вимірювальні операції. За обмірюване значення лінії приймають середнє з двох вимірів (прямо і назад), якщо вони розрізняються не більш, ніж на 1/1000 від довжини лінії (10 см на кожні 100 м). Для виключення прорахунків при вимірі відстаней мірною стрічкою рекомендується заздалегідь виміряти довжини сторін теодолітного ходу за допомогою нитяного далекоміра (під час виміру горизонтальних кутів). Обмірювана довжина сторони ходу обчислюється як середнє з першого і другого вимірів (із прямий і зворотний ходи) за формулою:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/20

$$D = n \cdot L_0 + \frac{1}{2} \cdot (r_{np} + r_{обр})$$

де n – кількість укладень стрічки,

L_0 – номінальна довжина стрічки,

r_{np} – залишок (домір) при першому вимірюванні;

$r_{обр}$ – залишок (домір) при другому вимірюванні.

Горизонтальне прокладення сторони обчислюється по формулі:

$$S = D + \Delta L + \Delta h + \Delta t$$

де ΔL – виправлення за фактичну довжину стрічки (за результатами компарування стрічки);

Δt – поправка за температуру;

$$\Delta t = D \cdot \alpha \cdot (t - t_0);$$

тут t – температура стрічки під час вимірювання,

t_0 – температура стрічки під час компарування,

α – коефіцієнт лінійного розширення сталі, $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$ на один градус температури;

Δh – поправка за нахил (за перевищення),

$$\Delta h = -2 \cdot D \cdot \sin^2\left(\frac{\nu}{2}\right) \text{ або } \Delta h = -\frac{h^2}{2D}$$

де ν – кут нахилу сторони ходу,

h – перевищення початку і кінця сторони.

Всі обчислення варто виконувати до міліметрів, а потім округлити S до сантиметрів.

На рівній місцевості ($\nu < 1^\circ$) поправку за нахил лінії можна не обчислювати і прийняти її рівною нулю. Приклад обчислення горизонтальних прокладень наведено у таблиці 7.

Таблиця 7

Обчислення горизонтальних прокладень вимірних відстаней

$$L_0 = 20,000; \Delta l = + 0,027; t = t_0$$

N стор.	Вимірювання $D, \text{ м}$	Кут ν гр. мин.	Перевищення $h \text{ м}$	Поправки			$\sum \Delta \text{ м}$	$S \text{ м}$
				$\Delta h \text{ м}$	$\Delta t \text{ м}$	$\Delta l \text{ м}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	124,45	–	2,453	– 0,024	–	+ 0,167	+ 0,143	124,59
2	41,16	6°45'	–	– 0,285	–	+ 0,056	– 0,229	40,93
	92,31	0°20'	–	0	–	+ 0,125	– 0,125	92,44 133,37

Примітки:

- у графу 2 записується середня відстань із прямого і зворотного ходу;
- із двох граф (3 і 4) заповнюється тільки одна;
- знаки в кутах нахилу і перевищеннях не ставляться.

3.3. Вимірювання відстані нитковим віддалеміром

На одному кінці лінії встановити теодоліт на штативі, виконати його горизонтування і центрування. На іншому кінці лінії вертикально встановити нівелірну рейку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/21

Навести трубу на рейку так, щоб верхня віддалемірна нитка була сполучена з круглим відліком N_1 (наприклад, $N_1 = 1000$); взяти відлік N_2 по нижній горизонтальній нитці (наприклад, $N_2 = 1116$).

Довжина лінії обчислюється по формулі, $D = c \cdot l$ де c – коефіцієнт віддалеміра, що дорівнює 100; l – відлік по рейці. У нашому прикладі $D = 100 \cdot (116 \text{ мм}) = 11600 \text{ мм} = 11,6 \text{ м}$. Якщо відлік N_1 чи N_2 береться по центральній горизонтальній нитці, тоді коефіцієнт віддалеміру потрібно взяти рівним 200.

Для наближених вимірів корисно пам'ятати, що 1 см на рейці (одна поділка рейки) відповідає 1 м на місцевості, а 1 дм на рейці відповідає 10 м на місцевості.

3.4. Вимірювання перевищень у ході технічного нівелювання

Відмітки будь-якого геодезичного пункту B зазвичай одержують по формулі:

$$H_D = H_A + h;$$

де H_A – відома відмітка якого-небудь пункту;

h – перевищення між обумовленим пунктом B і вихідним пунктом A .

Для виміру перевищень методом геометричного нівелювання потрібний нівелір, комплект із пари рейок і нівелірні башмаки.

Якщо відстань між пунктами невелика (до 150 м) і перевищення між ними також невелике (до 2 м), то перевищення можна вимірити з однієї установки (однієї станції) нівеліра і обійтися без башмаків (рис. 12).

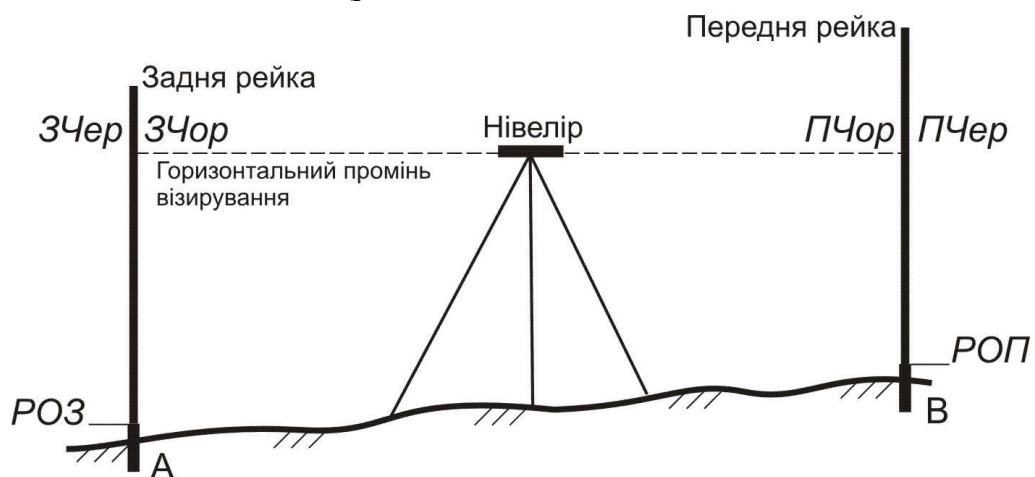


Рис.12. Схема взяття відліків на станції технічного нівелювання

Порядок вимірювання перевищення на станції наступний:

1. Встановити нівелір приблизно посередині між пунктами A і B , привести нівелір у робоче положення; відстань від нівеліра до рейок не повинна бути занадто великою (не більше 100 м) чи занадто малою (не менш 5 м); якщо ця відстань за умовами місцевості виходить менше 5 м, то рекомендується поставити нівелір в стороні від рейок (рис. 13).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 22

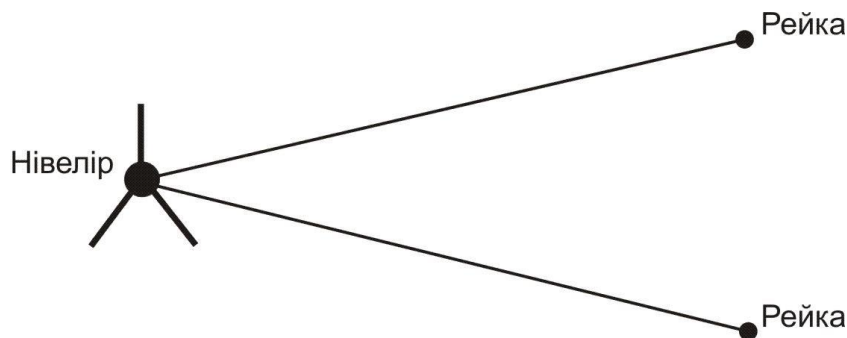


Рис. 13. Одна з можливих схем розташування нівеліра і рейок

2. Встановити вертикально рейки на пункті *A* (задня рейка) і на пункті *B* (передня рейка); рейка встановлюється на центр пункту (верхня частина марки вихідного пункту чи шляпка цвяху на обумовленому пункті); навести зорову трубу на задню рейку, відфокусувати зображення рейки й встановити його в центрі поля зору; елеваційним гвинтом привести бульбашка рівня точно в нуль-пункт і взяти відлік по чорній стороні рейки по центральній горизонтальній нитці *ЗЧор*; записати відлік у журнал.

3. Дати команду «реєчнику» розгорнути рейку червоною стороною; перевірити положення бульбашки точно в нуль-пункті і взяти відлік по червоній стороні рейки по центральній горизонтальній нитці *ЗЧер*; записати відлік у журнал.

4. Повернути нівелір на передню рейку і повторити операції 3 і 4 для передньої рейки – в результаті вийдуть відліки *ПЧор* і *ПЧер*; записати відліки в журнал;

5. Виконати обробку вимірів на станції, тобто:

– обчислити різниці нулів для задньої *Р0З* и передньої *Р0П* рейок

$R0Z = ZЧер - ЗЧор$; $R0P = ПЧер - ПЧор$; записати їх у журнал;

– обчислити перевищення по чорним *ЧорП* і червоним *ЧерП* сторонах рейок і записати їх у журнал

$ЧорП = ЗЧор - ПЧор$; $ЧерП = ЗЧер - ПЧер$;

– обчислити різницю перевищень $ЧорП - ЧерП$ і записати її в журнал;

– перевірити умову $ЧорП - ЧерП = Р0П - Р0З$;

– при виконанні попереднього умови обчислити середнє перевищення

$СП = \frac{1}{2} \cdot [ЧорП + (ЧерП \pm 100)]$, округлити його до міліметрів і вписати в журнал. Знак "плюс" або "мінус" вибирається з таким розрахунком, щоб величина в круглих дужках майже дорівнює $ЧорП$.

Допуски на станції: на розбіжність обчисленої і теоретичної різниці нулів рейок 5 мм; на розбіжність чорного і червоного перевищень 5 мм.

Зразок журналу для технічного нівелювання приведений у таблиці 8.

Таблиця 8

Зразок записів у журналі технічного нівелювання

№ станцій	Відстані до рейок	Відліки по рейках		Перевищення мм	Сер. перевищення. мм
		задній	передній		
1				– 692 (7)	– 693 (10)
		1471 (1)	2163 (3)		
1–2		6172 (2)	6966 (4)	– 794 (8)	
		4701 (5)	4803 (6)	+ 102 (9)	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	<i>Випуск 1</i>	<i>Зміни 0</i>	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 43/23</i>

Примітки: графа "Відстані до рейок" і перший рядок у графі "Відліки по рейках" у технічному нівелюванні не заповнюються; числа в дужках вказують номери операцій.

Якщо хоча б один допуск буде порушений, потрібно акуратно закреслити запис станції і повторити на ній усі виміри.

Якщо відстань між пунктами *A* і *B* велика чи перевищення між ними більше 2 м, тоді перевищення вимірюють по ділянках; як проміжні пункти використовують нівелірні башмаки. Робота на кожній станції виконується по описаній вище методиці, а перевищення між пунктами обчислюється як сума середніх перевищень на станціях.

Хід технічного нівелювання по пунктах теодолітного ходу може бути як розімкнутим, так і замкнутим; він виконується в одному напрямку.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/24

4. ОБЧИСЛЕННЯ КООРДИНАТ І ВІДМІТОК ПУНКТИВ ЗНІМАЛЬНОГО ОБГРУНТУВАННЯ

4.1. Обчислення координат пунктів розімкнутого теодолітного ходу (рис. 1)

Порядок дій при обробці розімкнутого ходу:

1. Обчислити суму виміряних кутів $\sum \beta_{np}$;

2. Обчислити теоретичну суму кутів (для лівих виміряних кутів)

$$\sum \beta_m = \alpha_{кон} - \alpha_{поч} + 180^0 \cdot n$$

якщо ці дві суми розрізняються приблизно на 360^0 , то теоретичну суму можна змінити точно на 360^0 ;

3. Обчислити кутову нев'язку ходу в секундах чи у хвилинах

$$f_{\beta_{np}} = \sum \beta_{np} - \sum \beta_m$$

і переконатися, що вона не перевищує допустимого значення

$$f_{\beta_{дон}} = \pm 1' \cdot \sqrt{n} = \pm 60'' \cdot \sqrt{n}$$

4. Обчислити поправку у виміряні значення кутів

$$V_{\beta} = \frac{f_{\beta}}{n}$$

і округлити її до цілих секунд або до десятих частин хвилини. Перевірити виконання контролю $\sum V_{\beta} = -f_{\beta}$ і якщо контроль не виконується, то змінити одну чи кілька поправок, починаючи з останньої, на $1''$ чи до $0,1'$ і домогтися виконання контролю;

5. Обчислити виправлені значення кутів:

$$\beta_{i(випр)} = \beta_{i(вим)} + V_{\beta i}$$

6. Обчислити дирекційні кути усіх сторін ходу по формулі для лівих кутів:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_{i(випр)} - 180^0$$

якщо дирекційний кут виходить від'ємним, його потрібно збільшити на 360^0 ; якщо дирекційний кут виходить більше ніж 360^0 , то його потрібно зменшити на 360^0 . Варто переконатися, що наприкінці ходу обчислене значення дирекційного кута вихідного напрямку точно з його заданим значенням;

7. Обчислити прирости координат по кожній стороні ходу (у метрах з округленням до 2-го знака після десяткової коми) по формулах:

$$\Delta x_i = S_i \cdot \cos \alpha_i,$$

$$\Delta y_i = S_i \cdot \sin \alpha_i$$

при використанні мікрокалькулятори під час розрахунків, слід уважно вводити градуси та хвилини, якщо мікрокалькулятор не може виконувати обчислення з хвилинами, їх потрібно перевести в десяткову форму градусів;

8. Обчислити суму приростів координат по всьому ході:

$$\sum \Delta X, \sum \Delta Y$$

9. Обчислити теоретичні суми збільшень координат по формулах:

$$\sum \Delta X_{теор} = X_{mn46} - X_{mn45},$$

$$\sum \Delta Y_{теор} = Y_{mn46} - Y_{mn45};$$

10. Обчислити координатні нев'язання по формулах:

$$f_x = \sum \Delta X - \sum \Delta X_{теор}$$

$$f_y = \sum \Delta Y - \sum \Delta Y_{теор}$$

і потім абсолютну і відносну нев'язку ходу по формулах:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/25

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad \frac{1}{N} = \frac{f_s}{\sum S}$$

де $\sum S$ – сума горизонтальних прокладень сторін ходу;

11. Обчислити поправки в прирости координат по формулах (в метрах з округленням до 2-го знака після коми):

$$V_x = -\frac{f_x}{\sum S} \cdot S_i,$$

$$V_y = -\frac{f_y}{\sum S} \cdot S_i;$$

і перевірити виконання контролів:

$$\sum V_x = -f_x, \quad \sum V_y = f_y$$

якщо контроль не виконується, потрібно змінити на 0,01 м одну чи кілька поправок (по-різному для V_x і V_y), починаючи із самої довгої сторони;

12. Обчислити виправлені значення збільшень координат по формулах:

$$\Delta X_{i(\text{випр})} = \Delta X_i + V_{X_i},$$

$$\Delta Y_{i(\text{випр})} = \Delta Y_i + V_{Y_i};$$

13. Обчислити координати пунктів ходу по формулах:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i(\text{випр})},$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i(\text{випр})}.$$

Варто переконатися, що обчислені значення координат вихідного пункту наприкінці ходу в точності рівні їхнім заданим значенням.

Приклад обчислення координат пунктів розімкнутого теодолітного ходу приведений у таблиці 9.

4.2. Обчислення координат пунктів стандартного замкнутого теодолітного ходу (рис. 2)

Ці обчислення виконуються в наступному порядку:

1. Обчислити суму виміряних кутів

$$\sum \beta_{\text{вим}}$$

2. Обчислити теоретичну суму кутів: для внутрішніх виміряних кутів (правих по ходу)

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2);$$

для зовнішніх кутів (лівих по ходу)

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n + 2).$$

3. Обчислити кутову нев'язку ходу в секундах або у хвилинах

$$f_\beta = \sum \beta_{\text{вим}} - \sum \beta_{\text{теор}}$$

і переконаватися, що вона не перевищує допустимого значення

$$f_{\beta(\text{дон})} = 60'' \cdot \sqrt{n} \quad \text{або} \quad f_{\beta(\text{дон})} = 1' \cdot \sqrt{n}.$$

4. Обчислити поправки у виміряні значення кутів: $V_\beta = \frac{f_\beta}{n}$ і округлити її до цілих

секунд чи до десятих частин хвилини. Перевірити виконання контролю $\sum V_\beta = -f_\beta$; якщо контроль не виконується, тоді змінити одну чи кілька поправок, починаючи з останньої, на 1" чи на 0,1' і домогтися виконання контролю.

5. Обчислити виправлені значення кутів:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 26

$$\beta_{i(\text{вунр})} = \beta_{i(\text{вум})} + V_{\beta i};$$

6. Обчислити дирекційний кут першої сторони ходу по формулі:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_{i(\text{вунр})} - 180^\circ$$

де α_0 – дирекційний кут вихідного напрямку CA , а $\beta_{\text{прил}}$ – лівий прилеглий кут, і потім дирекційні кути всіх інших сторін ходу по формулі для внутрішніх (правих по ходу) кутів:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{i(\text{вунр})};$$

якщо дирекційний кут виходить від'ємним, його потрібно збільшити на 360° ; якщо дирекційний кут виходить більше 360° , то його потрібно зменшити на 360° . Переконайтеся, що наприкінці ходу обчислене значення дирекційного кута першої сторони ходу в точності збігається з його на початку обчисленим значенням;

7. Обчислити приріст координат по кожній стороні ходу (в метрах з округленням до 2-го знака після десяткової коми) по формулах:

$$\Delta x_i = S_i \cdot \cos \alpha_i, \quad \Delta y_i = S_i \cdot \sin \alpha_i$$

при використанні мікрокалькулятори під час розрахунків, слід уважно вводити градуси та хвилини, якщо мікрокалькулятор не може виконувати обчислення з хвилинами, їх потрібно перевести в десяткову форму градусів;

8. Обчислити суми приростів координат по всьому ході $\Sigma \Delta X, \Sigma \Delta Y$.

9. Теоретичні суми приростів координат прийняти рівними нулю:

$$\Sigma \Delta X = 0, \quad \Sigma \Delta Y = 0$$

10. Обчислити нев'язки координат:

$$F_x = \Sigma \Delta X, \quad F_y = \Sigma \Delta Y$$

і потім абсолютну та відносну нев'язку ходу:

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор}} = X_{\text{нн46}} - X_{\text{нн45}},$$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор}} = Y_{\text{нн46}} - Y_{\text{нн45}};$$

де ΣS – сума горизонтальних прокладень сторін ходу.

11. Обчислити поправок в приростах координат по формулах (в метрах з округленням до 2-го знака після коми):

$$f_{\text{abc}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}, \quad \frac{1}{N} = \frac{f_s}{\Sigma S}$$

перевірити виконання контролів:

$$V_{x_i} = -\frac{f_x}{\Sigma S} \cdot S_i, \quad V_{y_i} = -\frac{f_y}{\Sigma S} \cdot S_i;$$

якщо контроль не виконується, потрібно змінити на 0,01 м одну чи кілька поправок (окремо для V_x і V_y), починаючи із самої довгої сторони;

12. Обчислити виправлені значення приростів координат по формулах:

$$\Delta X_{i(\text{вунр})} = \Delta X_i + V_{X_i},$$

$$\Delta Y_{i(\text{вунр})} = \Delta Y_i + V_{Y_i};$$

13. Обчислити координати пунктів ходу по формулах:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i(\text{вунр})},$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i(\text{вунр})}.$$

варто переконатися, що обчислені значення координат вихідного пункту наприкінці ходу точно рівні їх заданим значенням.

Приклад обчислення координат точок стандартного замкнутого теодолітного ходу наведений у таблиці 10.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05-05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/27

Таблиця 9

Обчислення координат пунктів розімкненого теодолітного ходу

Номери пунктів	Вимірні кути (ліві) β	Виправлені кути $\beta_{\text{випр}}$	Дирекційні кути α	Горизонтальне прокладення S , м	Обчислені прирости координат, м		Виправлені прирости координат, м		Координати пунктів ходу, м	
					ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
пп44										
	-17		36°00'00"							
пп45	96°45'30"	96°45'13"			+9	-10			43 000,00	76 000,00
	-17		312°45'13"	267,48	+181,58	-196,40	+181,67	-196,50		
2	175°10'00"	175°09'43"			+10	-11			43 181,67	75 803,50
	-17		307°54'56"	301,73	+185,42	-238,04	+185,52	-238,15		
3	198°16'30"	198°16'13"			+4	-5			43 367,19	75 565,35
	-17		326°11'09"	128,95	+107,14	-71,76	+107,18	-71,81		
4	225°41'15"	225°40'58"			+6	-7			43 474,37	75 493,54
	-17		11°52'07"	194,62	+190,46	+40,03	+190,52	+39,96		
5	141°54'18"	141°54'01"			+4	-5			43 664,89	75 533,50
	-17		333°46'08"	141,17	+126,63	-62,40	+126,67	-62,45		
6	201°27'15"	201°26'58"			+7	-7			43 791,56	75 471,05
	-18		355°13'06"	208,68	+207,95	-17,39	+208,02	-17,46		
пп46	181°37'30"	181°37'12"							43 999,58	75 453,59
			356°50'18"							
пп47										
			$\sum S$	1242,33						
$\sum \beta_{\text{вим}}$	1220°52'18"			$\sum \Delta$	+999,18	-545,96				
$\sum \beta_{\text{теор}}$	1220°52'18"			$\sum \Delta_{\text{теор}}$	+999,58	-546,41				
f_{β}	+2'00"			f_x, f_y	-0,40	+0,45				
$f_{\beta_{\text{дон}}}$	±2'18"			f_s	0,60					
				$f_s / \sum S$	1/2100					

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05-05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 28

Таблиця 10

Журнал обчислення координат точок замкнутого теодолітного ходу

Номер точки	Вимірні кути (ліві) β	Поправка	Виправлені кути $\beta_{випр.}$	Дирекційні кути α	Румб	Горизонтальне прокладення $S, м$	Обчислені прирости координат, м				Виправлені прирости координат, м		Координати пунктів ходу, м	
							ΔX	Поправка	ΔY	Поправка	ΔX	ΔY	X	Y
В													+500	+500
				100°42'	ПдСх 79°18'	91,36	-16,96	+0,06	+89,77	+0,03	-16,90	+89,8		
1	204°05'	0	204°05'										+483,10	+589,80
				76°37'	ПнСх 76°37'	57,21	+13,24	+0,04	+55,66	+0,01	+13,28	+55,6		
2	81°24'	+ 0°01'	81°25'										+496,38	+645,47
				175°12'	ПдСх: 04°48'	74,87	-74,61	+0,05	+6,26	+0,02	-74,56	+6,28		
3	93°28'	0	93°28'										+421,82	+651,75
				261°44'	ПдЗх: 81°44'	82,93	-11,92	+0,05	-82,07	+0,03	-11,87	-82,04		
4	151°24'	0	151°24'										+409,95	+569,71
				290°20'	ПнЗх: 69°40'	97,02	+33,71	+0,07	-90,97	+0,03	+33,78	-90,94		
5	89°40'	0	89°40'										+443,73	+478,77
				20°40'	ПнЗх: 20°40'	60,10	+56,23	+0,04	+21,21	+0,02	+56,27	+21,23		
В	99°57'	+ 0°01'	99°58'										+500,00	+500,00
				100°42'										
	$\Sigma\beta_{пр}=719^{\circ}58'$ $\Sigma\beta_{теор}=720^{\circ}00'$	$f_{\beta}=-0^{\circ}02'$ $f_{\beta_{дон}}=\pm 0^{\circ}02',45$				$\Sigma S=463,49 м$	$\Sigma\Delta X_{пр}=-0,31 м$ $\Sigma\Delta X_{теор}=0$ $f_x=-0,31 м$	$\Sigma\Delta Y_{пр}=-0,14 м$ $\Sigma\Delta Y_{теор}=0$ $f_y=-0,14 м$						

$$f_{абс} = \sqrt{(-0,31)^2 + (-0,14)^2} = 0,34 м$$

$$f_{відн} = \frac{1}{1363} < f_{дон} = \frac{1}{1000}$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 29

4.3. Обчислення координат пунктів замкнутого теодолітного ходу з двома вихідними пунктами (рис.3)

Порядок обчислень наведений нижче:

1. Обчислити суму обмірюваних кутів $\sum \beta_{вим}$;

2. Обчислити теоретичну суму кутів: для внутрішніх вимірюваних кутів (правих по ходу)

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ \cdot (n - 2);$$

для зовнішніх кутів (лівих по ходу)

$$\sum \beta_{теор} = 180^\circ \cdot (n + 2).$$

3. Обчислити кутову нев'язку ходу в секундах або в хвилинах

$$f_\beta = \sum \beta_{вим} - \sum \beta_{теор}$$

і переконатися, що вона не перевищує допустимого значення

$$f_{\beta(дон)} = 60'' \cdot \sqrt{n} \text{ або } f_{\beta(дон)} = 1' \cdot \sqrt{n}.$$

4. Обчислити поправки у виміряні значення кутів

$$V_\beta = \frac{f_\beta}{n}$$

і округлити її до цілих секунд або до десятих частин хвилини. Перевірити виконання контролю $\sum V_\beta = -f_\beta$; якщо контроль не виконується, тоді змінити одну чи кілька поправок, починаючи з останньої, на 1" чи на 0,1' і домогтися виконання контролю;

5. Обчислити виправлені значення кутів

$$\beta_{i(випр)} = \beta_{i(вим)} + V_\beta$$

6. Прийняти дирекційний кут першої сторони ходу рівним нулеві, далі – дирекційні кути сторін ходу до другого вихідного пункту обчислюються по формулі для внутрішніх (правих по ходу) кутів

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{i(випр)}$$

7. Обчислити прирости координат по кожній стороні ходу (у метрах з округленням до 2-го знака після десяткової коми) по формулах:

$$\Delta x_i = S_i \cdot \cos \alpha_i,$$

$$\Delta y_i = S_i \cdot \sin \alpha_i$$

при використанні мікрокалькулятори під час розрахунків, слід уважно вводити градуси та хвилини, якщо мікрокалькулятор не може виконувати обчислення з хвилинами, їх потрібно перевести в десяткову форму градусів;

8. Обчислити координати пунктів від першого вихідного пункту до другого вихідного пункту:

$$\Delta X_{i(випр)} = \Delta X_i + V_{X_i},$$

$$\Delta Y_{i(випр)} = \Delta Y_i + V_{Y_i};$$

9. Розв'язати дві зворотні задачі між вихідними пунктами A і B : за заданими координатами пунктів – результат α_{AB} і S_{AB} і за обчисленими координатами пункту B – результат α'_{AB} і S'_{AB} ; переконатися, що S'_{AB} відрізняється від S_{AB} не більше ніж на 1/1000 їх значень;

10. Обчислити правильний дирекційний кут першої сторони ходу:

$$\alpha_1 = \alpha_{AB} - \alpha'_{AB} [+ 360^\circ]$$

11. Обчислити правильні дирекційні кути всіх інших сторін ходу по формулі для внутрішніх (правих по ходу) кутів:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 30

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{i(\text{випр})} /$$

12. Обчислити прирости координат по всіх сторонах ходу (в метрах з округленням до 2-го знака після десяткової коми) по формулах:

$$\Delta x_i = S_i \cdot \cos \alpha_i,$$

$$\Delta y_i = S_i \cdot \sin \alpha_i$$

при використанні мікрокалькулятори під час розрахунків, слід уважно вводити градуси та хвилини, якщо мікрокалькулятор не може виконувати обчислення з хвилинами, їх потрібно перевести в десяткову форму градусів;

13. Обчислити суми приростів координат по першій галузі ходу (від першого вихідного пункту до другого) $\sum \Delta X$, $\sum \Delta Y$.

14. Обчислити теоретичні суми приростів координат:

$$\sum \Delta X_{\text{теор}} = X_B - X_A,$$

$$\sum \Delta Y_{\text{теор}} = Y_B - Y_A;$$

15. Обчислити нев'язки координат:

$$f_x = \sum \Delta X - \sum \Delta X_{\text{теор}},$$

$$f_y = \sum \Delta Y - \sum \Delta Y_{\text{теор}};$$

а потім абсолютну та відносну нев'язку ходу

$$\sum \Delta X_{\text{теор}} = X_{nn46} - X_{nn45},$$

$$\sum \Delta Y_{\text{теор}} = Y_{nn46} - Y_{nn45};$$

де $\sum S$ – сума горизонтальних прокладень сторін першої частини ходу;

16. Обчислити поправки в приростах координат по формулах (в метрах з округленням до 2-го знака після коми):

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2},$$

$$\frac{1}{N} = \frac{f_s}{\sum S},$$

перевірити виконання контролів:

$$V_{x_i} = -\frac{f_x}{\sum S} \cdot S_i, \quad V_{y_i} = -\frac{f_y}{\sum S} \cdot S_i;$$

якщо контроль не виконується, потрібно змінити на 0,01 м одну чи кілька поправок (окремо для V_x і V_y), починаючи із самої довгої сторони;

17. Обчислити виправлені значення приростів координат по формулах:

$$\Delta X_{i(\text{випр})} = \Delta X_i + V_{X_i},$$

$$\Delta Y_{i(\text{випр})} = \Delta Y_i + V_{Y_i};$$

18. Обчислити координати пунктів першої частини ходу по формулах:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i(\text{випр})},$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i(\text{випр})}.$$

варто переконатися, що обчислені значення координат другого вихідного пункту в точності рівні їхнім заданим значенням.

19. Виконати операції з 13 по 18 для другої частини ходу.

Приклад обчислення координат пунктів замкнутого теодолітного ходу з двома вихідними пунктами приведений у таблицях 11.1, 11.2, 12.1, 12.2.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05-05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 31

Таблиця 11.1

Обчислення координат пунктів замкнутого теодолітного ходу з двома вихідними пунктами
(обчислення дирекційного кута першої сторони ходу)

Назва пунктів	Виміряні кути β (праві)	Виправлені кути β	Дирекційні кути α	Горизонтальне прокладення S , м	Обчислені прирости координат		Виправлені прирости координат		Координати пунктів ходу	
					ΔX , м	ΔY , м	ΔX , м	ΔY , м	X , м	Y , м
A 1										
	-0,3		0°00,0'	117,41	+117,41	0,00			43 000,00	76 000,00
2	140° 21,0'	140°20,7'								
	-0,3		39°39,3'	145,13	+111,74	+92,62				
3	163°32,0'	163°31,7'								
	-0,3		56°07,6'	173,62	+96,77	+144,15				
B 4	100°47,5'	100°47,2'								
	-0,3								43 325,92	76 236,77
5	104°27,0'	104°26,7'								
	-0,3									
6	167°50,5'	167°50,2'								
	-0,3									
7	126°15,0'	126°14,7'								
	-0,2									
A 1	96°49,0'	96°48,8'								
			$\sum S$	436,16						
$\sum \beta_{\text{еул}}$	900°02,0'			$\sum \Delta$	325,92	236,77				
$\sum \beta_{\text{теор}}$	900°00,0'			$\sum \Delta_{\text{теор}}$	107,12	388,49				
f_{β}	+2,0'			S	402,98	α	74°35'05"			
$f_{\beta_{\text{дон}}}$	2,8'			S'	402,84	α	35°59'50"			
				$(S - S') / \sum S$	1/2900	$\alpha_1 = \alpha - \alpha'$	38°35'15"	=38 35,2		

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05-05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 32

Таблиця 11.2.

Обчислення координат пунктів замкнутого теодолітного ходу з двома вихідними пунктами (зрівнювання частин ходу окремо)

Назва пунктів	Вимірні кути β (праві)	Виправлені кути β	Дирекційні кути α	Горизонтальне прокладення S , м	Обчислені прирости координат		Виправлені прирости координат		Координати пунктів ходу	
					ΔX , м	ΔY , м	ΔX , м	ΔY , м	X , м	Y , м
A 1									43 000,00	76 000,00
			38°35,2'		+1	+4				
2		140°20,7'		117,41	+91,78	+73,23	+91,79	+73,27	43 091,79	76 073,27
			78°14,5'		+1	+5				
3		163°31,7'		145,13	+29,58	+142,08	+29,59	+142,13	43 121,38	76 215,40
			94°42,8'		+1	+6				
B 4		100°47,2'		173,62	-14,27	+173,03	-14,26	+173,09	43 107,12	76 388,49
			$\sum S$	436,16	+107,09	+388,34				
					+107,12	+388,49	f_s	0,15		
				f	-0,03	-0,15	f_s/S	1/2900		
B 4					-7	+7				
			173°55,6'	134,68	-133,92	+14,25		+14,32		
5		104°26,7'			-8	+8	-133,99		42 973,13	76 402,81
			249°28,9'	154,47	-54,14	-144,67		-144,59		
6		167°50,2'			-9	+8	-54,22		42 918,91	76 258,22
			261°38,7'	157,36	-2,87	-155,69		-155,61		
7		126°14,7'			-8	+7	-22,96		42 895,95	76 102,61
			315°24,0'	146,24	+104,13	-102,68		-102,61		
A 1		96°48,8'					+104,05		43 000,00	76 000,00
			$\sum S$	592,92	-106,80	-388,79				
					-107,12	-388,49	f_s	0,44		
				f	+0,32	-0,30	f_s/S	1/1350		

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 33

Таблиця 12а.

Розв'язування оберненої геодезичної задачі по заданим координатам пункту В

№ з/п	Позначення	Обчислення
3	X_B (м)	43 107,12
1	X_A (м)	43 000,00
5	$X_B - X_A$	+ 107,12
13	$S = (5) / (11)$	402,99
11	$\cos \alpha$	0,265 814
7	$tg r$	3,626 680
8	r (десятькова форма)	74,584 644°
8'	r (1 четверть)	74°35'05"
9	$\alpha = r$	74°35'05"
10	$\sin \alpha$	0,964 024
12	$S = (6) / (10)$	402,99
4	Y_B (м)	76 388,49
2	Y_A	76 00,00
6	$Y_B - Y_A$	+ 388,49
	$(X_B - X_A)^2$	11 474,69
	$(Y_B - Y_A)^2$	150 924,48
16	$S^2 = (14) + (15)$	162 499,17
17	$S = \sqrt{(16)}$ (м)	402,99

Таблиця 12б.

Розв'язування оберненої геодезичної задачі по обчисленим координатам пункту В

№ з/п	Позначення	Обчислення
3	X_B (м)	43 325,92
1	X_A	43 000,00
5	$X_B - X_A$	+325,92
13	$S' = (5) / (11)$	402,99
11	$\cos \alpha'$	0,809 046
7	$tg r'$	0,726 467
8	r' (десятькова форма)	35,997 153°
8'	r' (1 четверть)	35°59'50"
9	$\alpha = r'$	35°59'50"
10	$\sin \alpha'$	0,587 451
12	$S' = (6) / (10)$	402,84
4	Y_B (м)	76 236,77
2	Y_A	76 000,00
6	$Y_B - Y_A$	+236,77
	$(X_B - X_A)^2$	106 223,85
	$(Y_B - Y_A)^2$	56 060,03
16	$S'^2 = (14) + (15)$	162 283,88
17	$S' = \sqrt{(16)}$ (м)	402,84

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 34

4.4. Обчислення оцінок пунктів ходу технічного нівелювання (рис. 15)

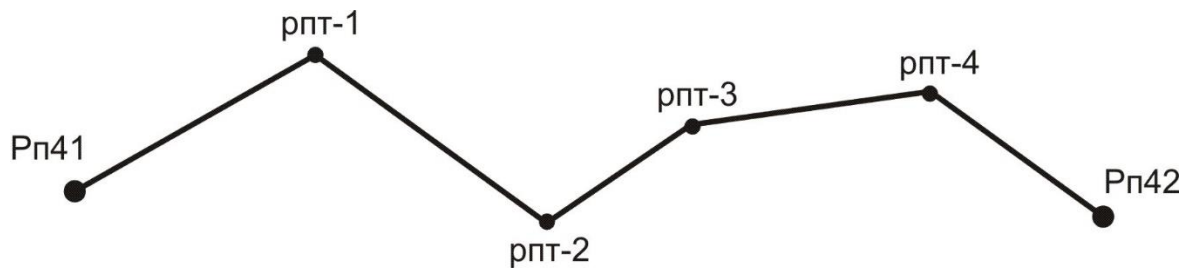


Рис. 15. Схема розімкнутого нівелірного ходу

Для обчислення відміток пунктів ходу технічного нівелювання варто виконати наступні операції:

1. Обчислення висотної нев'язки ходу за формулою:

$$f_h = \sum h_i - \sum h_{теор},$$

де $\sum h_{теор}$ – теоретична сума перевищень, що знайдена по формулі

$$\sum h_{теор} = H_{рп42} - H_{рп41};$$

порівняння її з допустимим значенням $f_{h(доп)}$; для технічного нівелювання

$$f_{h(доп)} = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{\sum l_i}$$

де $\sum l$ – довжина ходу в км;

2. Обчислення поправок в вимірянні перевищення по формулі:

$$V_{h_i} = -\frac{f_h}{\sum l_i} \cdot l_i;$$

поправки потрібно округляти до міліметрів (або в метрах – до третього знака після коми);

3. Перевірка контролю $\sum V_{h_i} = -f_h$; якщо контроль не виконується хоча б на 1 міліметр, тоді потрібно виправити одну чи кілька поправок на 1 міліметр, починаючи із самої довгої секції, до абсолютного виконання контролю;

4. Обчислення виправлених перевищень по формулі:

$$h_{i(випр)} = h_i + V_{h_i};$$

5. Обчислення оцінок проміжних реперів по формулі:

$$H_i = H_{i-1} + h_{i(випр)};$$

обчислене значення відмітки пункту наприкінці ходу рп42 повинне в точності збігтися з його заданим значенням.

Приклад обробки ходу технічного нівелювання приведений у таблиці 13.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 35

Таблиця 13

Обробка ходу технічного нівелювання

№ секції	Назва репера	Виміряні перевищення h_i (м)	Довжина секції l_i (км)	Поправка у перевищення V_{hi} (м)	Виправлене перевищення $h_{i(вип)}$ (м)	Відмітки реперів H_i (м)
	рп41					<u>100,000</u>
1		+1,427	3,8	+0,036	+1,463	
	рпт-1					101,463
2		+0,540	6,1	+0,058	+0,598	
	рпт-2					102,061
3		+3,123	0,9	+0,009	+3,132	
	рпт-3					105,193
4		-2,268	2,2	+0,021	-2,247	
	рпт-4					102,946
5		+0,041	1,4	+0,021	+0,054	
	рп42					<u>103,000</u>
	Σ	+2,863	14,4	+0,137	+3,000	

Примітка: Оцінки вихідних пунктів підкреслені

$$\Sigma h_{теор} = 103,000 - 100,000 = +3,000;$$

$$f_h = +2,863 - 3,000 = -0,137 \text{ м};$$

$$f_h = 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{14,4} = 190 \text{ мм} = 0,190 \text{ м}.$$

4.5. Проектування горизонтальної площадки

Вихідними матеріалами для складання проекту вертикального планування є результати нівелювання будівельного майданчика по квадратах.

Рельєф будівельного майданчика повинен бути спланований горизонтальною площадкою під умовою нульового балансу. Проектна відмітка такої площадки обчислення за формулою:

$$H_{пр} = \frac{\Sigma H_1 + 2\Sigma H_2 + 3\Sigma H_3 + 4\Sigma H_4}{4n},$$

де n – число квадратів,

ΣH_1 – сума відміток вершин, що входять в один квадрат;

$\Sigma H_2, \Sigma H_3, \Sigma H_4$ – відповідно суми відміток вершин, загальних для двох, трьох, чотирьох квадратів (рис. 14).

Обсяг земляних робіт обчислюється по робочих відмітках вершин кожного квадрата, що обчислюється за формулою:

$$h_i = H_{пр} - H_{ф},$$

де h_i – робоча відмітка i -ої вершини квадрата,

$H_{ф}, H_{пр}$ – відповідно фактична і проектна відмітка i -ої вершини квадрата.

По сторонах квадрата, що має різні за знаком робочі оцінки, знаходять положення точки нульових робіт з формули:

$$l_1 = \frac{a|h_1|}{(|h_1| + |h_2|)},$$

$$l_2 = \frac{a|h_{12}|}{(|h_1| + |h_2|)}.$$

Контроль правильності обчислення l_1, l_2 здійснюють за формулою $l_1 + l_2 = a$.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 36

З'єднуючи точки нульових робіт, дивляться лінію нульових робіт.

Залежно від тесту лінії нульових робіт розрізняють різні типи квадратів:

- однорідні, коли для всіх кутів квадратів знаки робочих відміток збігаються (точок нульових робіт на сторонах квадрата немає); а по всьому квадрату повинна бути виїмка або насипка;

- неоднорідні, коли знаки робочих відміток у різних вершинах не бігаються і квадрат поділяється лінією нульових робіт на ділянки виїмки і насипу.

Для окремого однорідного квадрата обсяг земляних мас V_0 можна визначити як об'єм призми, що має площу основи P , що дорівнює площі квадрата, і висоту, що дорівнює середньому арифметичному з робочих відміток h усіх чотирьох кутів:

$$V_0 = P \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4}$$

Обсяги земляних мас у неоднорідних квадратах визначають після поділу їх лінією нульових робіт і допоміжних ліній на окремі фігури – прямокутні трикутники, прямокутники, трапеції і т.п.

Обсяг робіт V_2 в окремих фігурах обчислюють за формулою:

$$V_2 = P_2 \cdot h_{cp},$$

де P_2 – площа окремої фігури,

h_{cp} – середня робоча відмітка цієї фігури.

Обчислені обсяги в метрах кубічних по кожному квадрату вписують з відповідним знаком у таблицю земляних мас. Сумарний обсяг підписують унизу креслення (рис. 16).

Різниця обсягів зон виїмки і насипу має виконувати умову:

$$\frac{V_{нас} - V_{виім}}{V_{нас} + V_{виім}} \cdot 100\% \leq 10\%$$

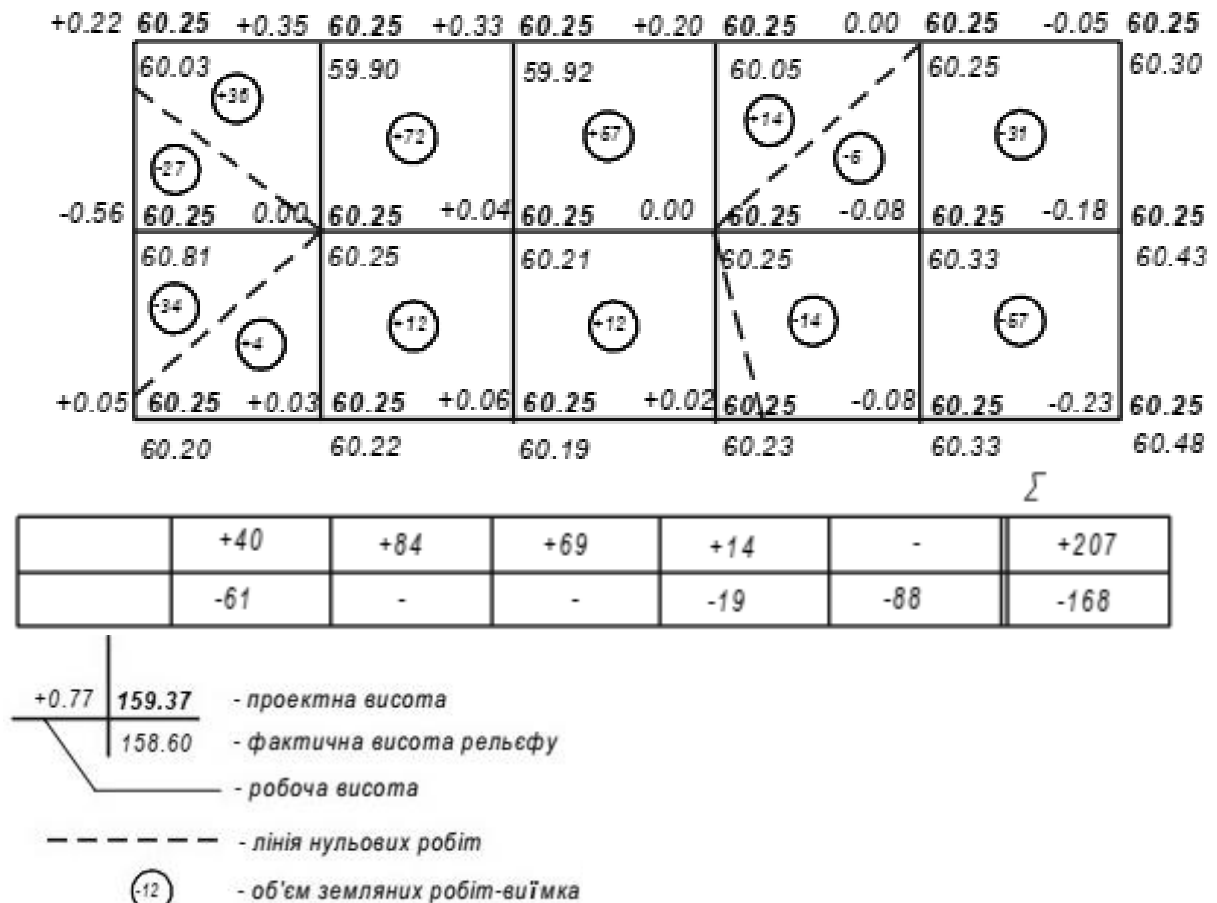


Рис. 16. План земляних мас з таблицею балансу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 37

5. ТАХЕОМЕТРИЧНА ЗЙОМКА

5.1. Виконання польових вимірів

Кінцевим результатом тахеометричної зйомки є план ділянки місцевості, накреслений в умовних знаках на ватмані в прийнятому масштабі з дотриманням деяких правил.

Геодезичною основою плану є пункти з відомими координатами й відмітками, рівномірно розташовані на ділянці зйомки; ці пункти називаються *пунктами знімального обґрунтування*. Каталог координат і відміток таких пунктів складається після обробки теодолітного ходу і ходу технічного нівелювання. Теоретично зйомка полягає у виборі на місцевості характерних точок, у визначенні їх координат і нанесенні їх на план.

Розрізняють зйомку планової ситуації і зйомку рельєфу. Практично при зйомці ситуації виділяють об'єкти, що (чи границі яких) потрібно зобразити на плані, потім вибирають на границях об'єктів характерні точки (пiketи) і виконують для них необхідні виміри.

Для кожного пікету, як правило, вимірюють полярні координати, причому полярна система координат уводиться на кожному пункті знімального обґрунтування, на якому виконується зйомка. Зйомку виконують тим же теодолітом, що використовувався при вимірі кутів у теодолітному ході.

Порядок роботи на станції тахеометричної зйомки:

- встановити теодоліт на штативі; виконати центрування і горизонтування теодоліта;
- вибрати напрямок полярної вісі – на будь-який інший добре видимий пункт знімального обґрунтування; вибір полягає в наведенні зорової труби на вішку, що встановлена на обраному пункті і установці на лімбі горизонтального круга відліку $0^{\circ}00'$;
- виконати перевірку місця нуля вертикального круга;
- виміряти висоту інструмента i , тобто, відстань по вертикалі від центра пункту до вісі обертання зорової труби;
- встановити основне положення круга (KL чи $KП$);
- накреслити абрис, на якому вказати положення пункту установки теодоліта, положення орієнтирного пункту, замалювати планову ситуацію (об'єкти місцевості, що підлягають зйомці), показати місце розташування всіх пікетів і проставити їх номери (рисунок пікетів можна виконувати і у процесі зйомки);
- порядок зйомки одного пікету наступний:
 - ✓ встановити вертикально рейку на пікет;
 - ✓ навести зорову трубу на рейку;
 - ✓ взяти відлік по горизонтальному колу і записати його в журнал;
 - ✓ [привести бульбашку рівня вертикального круга в нуль-пункт – якщо є такий рівень – теодоліт Т15] або [легенько постукати пальцем руки по корпусі теодоліта – якщо є компенсатор кутів нахилу – теодоліт 2Т5К] або [нічого не робити – якщо немає ні того, ні іншого – теодоліти Т30 і 2Т30];
 - ✓ взяти відлік по вертикальному колу теодоліта і записати його в журнал;
 - ✓ виміряти віддаль за допомогою ниткового віддалеміру, записати його в журнал;
 - ✓ записати семантичну інформацію про пікет.

Приклад журналу тахеометричної зйомки наведений у таблиці 14.

Теодоліт 2Т30 КРУГ ЛІВОРУЧ (KL) місце нуля $M0=0^{\circ}00'$

Пункт стояння теодоліта тт21 орієнтоване на тт22

Відмітка пункту стояння теодоліта $H_{21}=88,33$ м

Висота інструменту $i = 1,35$ м висота наведення $V = 1,35$ м

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 38

Таблиця 14

Приклад запису звітів у журналі тахеометричної зйомки

N пікету	Відліки по кругу		Вимірні відстані D	Кут нахилу ν	Горизонт. проклад. S	Перевищ. h м	Відмітка H м	Примітки
	гориз.	вертик.						
1	280°04'	-7°00'	25,3	-7°00'	24,9	-3,06	85,27	ВП
2	16°49'	-15°41'	15,2	-15°41'	14,1	-3,96	84,37	ВП

Примітка: ВП – висотний пікет.

5.2. Координування точок

Положення найбільш відповідальних точок планової ситуації (кути капітальних будинків і споруд, центри кришок колодязів підземних комунікацій і т.п.) необхідно визначати з більшою точністю, чим положення рядових пікетів. Як правило, прямокутні координати таких точок визначаються полярною засічкою з вимірюванням горизонтального кута і відстані з якого-небудь пункту зйомочного обґрунтування.

На рис. 17 пункти знімального обґрунтування A і B мають відомі координати X_A, Y_A, X_B, Y_B ; відомо також дирекційний кут α_{AB} лінії AB (якщо він не відомий, то його обчислюють з розв'язку оберненої геодезичної задачі між пунктами A і B , за їх відомими координатами).

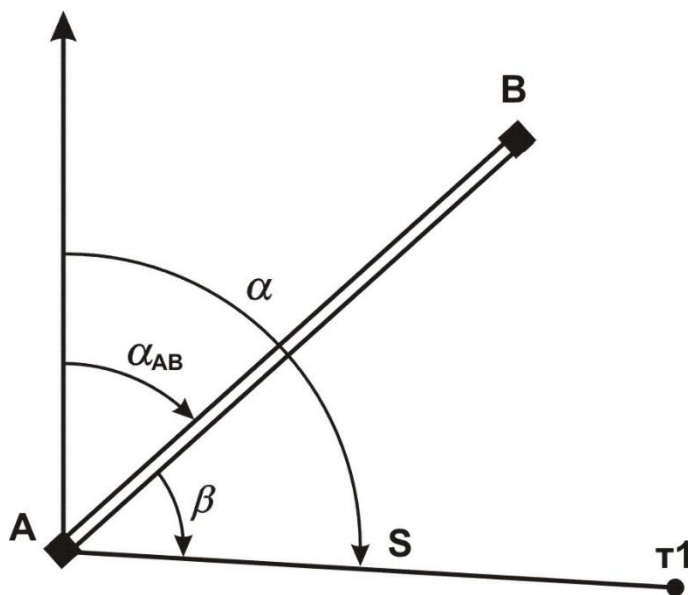


Рис.17. Схема полярної засічки пункту т1

Кут вимірюється теодолітом способом окремого кута; відстань D вимірюється мірною стрічкою за одне укладання. Горизонтальне прокладення S обчислюється за методикою, що описана у розділі 3.2.

Координати точки 1 обчислюються по формулах:

$$\alpha = \alpha_{AB} + \beta,$$

$$X_1 = X_A + S \cdot \cos(\alpha),$$

$$Y_1 = Y_A + S \cdot \sin(\alpha).$$

Координати пункту т1 можна одержати також із розв'язку прямої кутової засічки; при цьому вимірюють два кути: один на пункті A і інший – на пункті B .

5.3. Побудова плану тахеометричної зйомки

Спочатку виконується обробка журналу зйомки:

- обчислити кути нахилу для кожного пікету $\nu = KL - M0$;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 39

– обчислити з точністю до 0,1 м горизонтальні прокладення на мікрокалькуляторі по формулі $S = D \cdot \cos 2\nu$ або вибрати їх значення з "Тахеометричних таблиць";

– обчислити з точністю до 0,01 м тахеометричні перевищення на мікрокалькуляторі по формулі $h = 0,5 \cdot D \cdot \sin 2\nu$ чи вибрати їх значення з "Тахеометричних таблиць";

– обчислити з точністю до 0,001 м відмітки пікетів $H = H_{cm} + h$.

Приклад оформлення журналу зйомки наведений у таблиці 14 (розділ 5.1.).

План можна викреслювати як на листі ватману формату А1 (один план на всю бригаду), так і на аркушах формату А4 (на кожного студента).

Саме креслення плану включає наступні операції:

– побудувати координатну сітку з розміром квадратів 10×10 см; підписати лінії координатної сітки;

– за допомогою поперечного масштабу нанести на план пункти знімального обґрунтування (пункт стояння теодоліта, пункт орієнтування теодоліта і, якщо є, інші пункти);

– за допомогою тахеографа нанести на план усі пікети по їх полярних координатах (відліку по горизонтальному колу і горизонтальному прокладенню); пікет позначити точкою, поруч з яким підписати номер пікету і його відмітку з точністю до 0,1 м;

– з'єднати пікети прямими лініями так, щоб утворилися трикутники; по цих лініях схили місцевості рівномірні, тобто не мають перегинів;

– по всіх сторонах трикутників виконати інтерполяцію горизонталей, тобто поставити на лініях точки, через які пройдуть горизонталі; деякі крапки можна підписати. Інтерполяція горизонталей краще виконувати за допомогою палетки – невеликого листа прозорого папера з нанесеними на ньому рівнобіжними лініями. Відстань між лініями палетки повинна відповідати крутизні схилів; практично – 10, 5 чи 3 мм. Можна підготувати кілька палеток – одну з відстанями 10 мм і іншу – з відстанями 5 мм. Оптимальна кількість ліній палетки – 20 з підписами від 0 м до 19 м при висоті перетину рельєфу 1 м і з підписами від 0,0 м до 9,5 м при висоті перетину рельєфу 0,5 м;

– провести горизонталі усередині кожного трикутника, з'єднавши точки з однаковими відмітками; перше проведення горизонталей варто виконувати з обліком їх майбутньої укладки;

– виконати укладення горизонталей, тобто провести їх так, щоб близько розташовані горизонталі були по можливості паралельні і відстань між горизонталями змінювалася поступово; форма горизонталей – плавні криві без різких кутових поворотів;

– провести контурні лінії на плані; чіткі контури – суцільними лініями, нечіткі – пунктирними лініями;

– намалювати умовні знаки об'єктів місцевості і значки, що заповнюють, відповідно до «Умовних знаків для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500»;

– оформити рамки плану і проставити необхідні підписи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 40

6. НАПИСАННЯ ЗВІТУ З ГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРАКТИКИ

Звіт з геодезичної практики входить до переліку обов'язкових документів, які необхідні для здачі диференційного заліку бригадою студентів.

Обов'язкові розділи звіту:

- вступ;
- адміністративно-територіальне положення ділянки зйомки;
- географічна характеристика району робіт: клімат, гідрографія, рослинність, ґрунти, населені пункти, дорожня мережа і т.д.
- топографо-геодезична вивченість району робіт;
- знімальне обґрунтування: вибір методу створення знімального обґрунтування, вибір вимірювальних приладів, перевірки і дослідження приладів і устаткування, методики вимірів, контролю і допуски при вимірах, оцінка якості виконаних вимірів;
- висновок.

При написанні звіту варто користатися навчальною, нормативною і довідковою літературою. В кінці звіту необхідно навести бібліографічний опис використаної літератури.

Вступ Приводяться зведені дані про терміни і місце проведення практики, про склад бригади і розподіл обов'язків у бригаді, про цілі і задачі практики. Якщо бригаді було видане завдання, воно повинно бути у вступі.

Адміністративно–територіальне положення ділянки зйомки. Вказується повна адміністративна назва ділянки зйомки, починаючи з назви держави. Аналогічно вказується територіальне положення, починаючи з материка.

Географічна характеристика району робіт. В даному розділі навести дані про географічне розташування місце розташування ділянки. Коротко описати рельєф даної ділянки та гідрологію (наявність водоймищ або річок). Описати рослинність даної ділянки (лугова трава (ромашка, конюшина і т.д.), дерева (береза, сосна і т.д.), гриби (білий, піддубник і т.д.)). Навести інформацію про наявність автомобільних або залізничних шляхів. Дати характеристику клімату району та середню температуру теплих та холодних місяців року. Охарактеризувати ґрунти району.

Топографо–геодезична вивченість району робіт. Перераховуються всі топографічні карти і плани, що є в розпорядженні бригади (або керівника практики), а також каталоги координат і відміток пунктів, розташованих на території ділянки зйомки.

Знімальне обґрунтування. Цей розділ є основним технічним розділом звіту. При його написанні використовуються різного роду інструкції і підручники. Результати вимірів приводяться по фактичних матеріалах створення знімального обґрунтування.

Висновок. Дається оцінка роботі кожного члена бригади (в п'яти бальній системі до десятих частин балу), вказуються зауваження про організацію практики і про роботу різних служб університету, що забезпечують процес практики.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 41

7. ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ЗВІТУ З ГЕОДЕЗИЧНОЇ ПРАКТИКИ

Результатом проходження геодезичної практики є написання звіту, кожною бригадою окремо, та його захист. Для отримання диференційного заліку вся бригада з усіма матеріалами практики з'являється в призначений час до керівника практики.

Загальна оцінка заліку виводиться з наступних проміжних оцінок (табл. 15):

Таблиця 15

Критерії та шкала оцінювання проходження здобувачем вищої освіти геодезичної практики

Критерій	Відмінно <i>(максимальний бал)</i>	Добре	Задовільно	Незадовільно
Компоненти звіту	Присутні всі обов'язкові та додаткові елементи, які додаються до звіту (наприклад, схеми, таблиці)	Всі обов'язкові елементи присутні	Відсутній один обов'язковий елемент, але є додаткові елементи (наприклад, схеми, таблиці)	Бракує декількох обов'язкових елементів
	15	12	10	5
Мета геодезичної практики	Мета чітко визначена та сформульована	Мета визначена, але дещо незрозуміло сформульована	Мета частково визначена та дещо незрозуміло сформульована	Мета сформована помилково або є неактуальною
	15	12	10	5
Рисунки, схеми, таблиці	Чіткі, точні, що полегшують розуміння	Позначено акуратно та точно	Позначено недосконало	Необхідні рисунки, схеми, таблиці відсутні
	10	8	6	4
Етапи проведення практики	Етапи подані в логічному порядку покроково, кожен крок пронумеровано і подано у вигляді окремого речення	Етапи перераховано в логічному порядку, але не пронумеровано або не оформлено окремими реченнями	Етапи перераховано, але порядок нелогічний	Опис проведення практики не містить точного переліку її етапів
	10	8	6	4
Висновки	Описано отримані навички, інформацію та майбутнє їх використання у практичних ситуаціях	Описано отриману інформацію та можливе її застосування	Коротко описано отриману інформацію	Підсумки відсутні
	10	8	6	4
Захист звіту	Впевнена та аргументована презентація, здобувач впевнено відповідає на всі запитання, дотримується регламенту	Загалом упевнена презентація, відповіді на запитання не завжди точні, незначні порушення регламенту	Презентація недостатньо структурована, є помилки у відповідях, значні порушення регламенту.	Відсутність підготовленої презентації, нездатність відповідати на запитання
	40	30	20	10

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 42

Загальний бал за практику підраховується для кожного студента окремо, як сума всіх шести оцінок.

Остаточна оцінка за практику виставляється оцінкою за 100-бальною шкалою у вигляді диференційного заліку.

Шкала оцінювання

Шкала ЄКТС	Національна шкала	100-бальна шкала
A	Відмінно	90-100
B	Добре	82-89
C		74-81
D	Задовільно	64-73
E		60-63
FX	Незадовільно	35-59
F		0-34

Якщо під час проходження практики студент, з різних причин, пропустив 1 день, в цьому випадку підсумкова оцінка не змінюється.

Якщо під час проходження практики студент, з різних причин, пропустив від 2 до 3 днів, в цьому випадку підсумкова оцінка не може бути вища ніж “добре”.

Якщо під час проходження практики студент, з різних причин, пропустив від 4 до 6 днів, в цьому випадку підсумкова оцінка не може бути вища ніж “задовільно”.

Якщо під час проходження практики студент пропустив більше 50 % часу від загального терміну проходження практики, в цьому випадку, незалежно від причин пропусків занять, геодезична практика йому не зараховується.

За порушення правил техніки безпеки під час проходження практики та культури поведінки, за навмисне пошкодження приладів і обладнання, за крадіжку матеріальних цінностей, за саботаж та дезорганізацію роботи бригади студент може бути знятий з геодезичної практики розпорядженням керівника практики, а практика в цьому випадку студенту не зараховується.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-23.05- 05.02/192.00.1/Б/ ОК39-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 43/ 43

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Геодезія: навчальний посібник / В.В. Горлачук, І.М. Семенчук, О.В. Анисенко, П.В. Мацко. – Стереотип. вид. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. – 252 с.
2. Геодезія: підручник / С.О. Сорока, О.В. Кривошاپко. – Київ: Ліра-К, 2022. – 316 с.
3. Практичні основи геодезичних вимірювань / А.В. Чумак, В.П. Письменний. – Дніпро: ДНУ, 2020. – 184 с.
4. Інженерна геодезія / А.П. Матвійчук. – Київ: КНУБА, 2022. – 248 с.
5. Геодезія. Інженерне забезпечення будівництва / Т.І.Синютина та ін. – 2023. – 164 с.
6. Топографічна зйомка: методичний посібник / Н.В. Бурячок. – Львів: Львівська політехніка, 2021. – 208 с.
7. Основи геодезії та картографії / Р.С. Коломієць. – Харків: Основа, 2019. – 276 с.
8. Сучасні методи топографо-геодезичних досліджень / В.Д. Вишневський. – Чернівці: ЧНУ ім. Ю. Федьковича, 2020. – 196 с.
9. Топографія та топографічне креслення / А.Г. Кудінов. – Київ: Освіта, 2023. – 214 с.
10. Інженерні мережі та геодезичний контроль / І.В. Олейник. – Донецьк: ДонНТУ, 2021. – 200 с.
11. Геодезичне забезпечення будівництва / Л.В.Карпенко. – Харків: ХДАДТУ, 2023. – 236 с.