

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет агротехнологій

Кафедра землеробства, геодезії та землеустрою

ГЕОДЕЗІЯ

Методичні рекомендації

до виконання практичних занять здобувачів вищої освіти ступеня
«бакалавр» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної форми
навчання.

МИКОЛАЇВ
2017

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету протокол №10 від 29.06.16р.

Укладач

Ю. Задорожній – асистент кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти

О.М. Дробітько – канд. с.-г. наук, голова фермерського господарства «Олена» Братського району Миколаївської області;
О.А. Коваленко – канд. с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри рослинництва та садово-паркового господарства

© Миколаївський національний аграрний університет, 2017

ЗМІСТ

Вступ	
1.Трасування та поздовжнє нівелювання	5
1.2. Підготовлення приладів до роботи	5
Нівелір НЗ	6
Нівелір Н-10КЛ	6
Нівелір Н-10Л	8
Перевірка геометричних умов нівеліра	8
Нівелірні рейки	13
3. Рекогностування та закріплення траси	13
4. Планове прив'язування траси	14
5. Вимірювання кутів теодолітного ходу та кутів повороту траси	14
6. Вимірювання довжин сторін ходи та розмічування пікетажу	15
7. Розмічування головних точок колової кривої	17
8. Детальне розмічування кривої	19
9. Перенесення пікету на криву	21
10. Знімання смуги місцевості вздовж траси	21
11. Прив'язування нівелірного ходу	22
12. Поздовжнє нівелювання	23
13.Нівелювання поверхні	26
14. Рекогностування ділянки місцевості	26
15. Відшукання реперів	26
16. Розмічування сітки квадратів	26
17. Складання схеми-зарису та знімання контурів	28
18. Прокладання нівелірного ходу	29
19. Нівелювання поверхні	29
20. Питання для самоконтролю	29
Бібліографічний список	
Додатки	

ВСТУП

При виконанні практичних занять з курсу "Геодезія" передбачено виконання трасування і технічного нівелювання для побудови профілю місцевості та топографічної карти.

Для будівництва доріг, трубопроводів, каналів та інших лінійних об'єктів виконують геодезичні вишукування, які передбачають перенесення на місцевість осі майбутньої лінійної споруди, яка попередньо запроектована на карті; прив'язування цієї осі до пунктів геодезичної основи; вимірювання кутів повороту перенесеної траси; знімання вузької смуги вздовж цієї траси; нівелювання вздовж осі перенесеної споруди та перпендикулярно до неї. Роботи з перенесення осі споруди і знімання смуги на місцевості називають польовим трасуванням, а нівелювання, яке виконують вздовж її осі, називають поздовжнім. Одночасно з поздовжнім у характерних місцях, де проходить траса, виконують поперечне нівелювання. Методичні рекомендації допоможуть студентам у практичному виконанні робіт з трасування та технічного нівелювання.

Практичні заняття проводять на території університету і в лабораторіях кафедри землеробства, геодезії та землеустрою.

1. ТРАСУВАННЯ ТА ПОЗДОВЖНЄ НІВЕЛЮВАННЯ

1.2 Підготовка приладів до роботи

Для виконання перелічених робіт використовують різноманітні прилади та приладдя. Підготовку до роботи багатьох із них ми уже розглядали. Розглянемо підготовку до роботи приладів для нівелювання.

Під час навчальної практики використовують переважно нівелір Н-3, Н-10 та Н-10КЛ.

Нівелір - геодезичний прилад-висотомір, призначений для вимірювання перевищень горизонтальною лінією візування.

Основною вимогою до нівелірів є те, що його візирний промінь під час роботи має бути горизонтальним. Отже, у ньому має бути пристрій для установлення візирного променя горизонтально. За способом установлення візирної осі горизонтально нівеліри поділяються на два типи:

а) нівеліри, в яких візирну вісь установлюють горизонтально за допомогою циліндричного рівня;

б) нівеліри, в яких візирну вісь установлюють горизонтально за допомогою компенсатора.

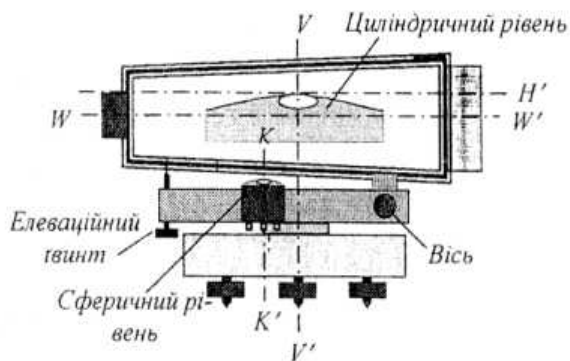


Рис.1 Основні осі нівеліра

Головна умова у нівелірів першого типу (рис. 1) полягає в тому, що вісь VV' циліндричного рівня була паралельною до візирної осі WW' труби. Рівень і труба

скріплені нерухомо, і разом їх можна обертати у вертикальній площині навколо осі на невеликий кут за допомогою гвинта, який називають *елеваційним*.

У нівелірів другого типу зазвичай між об'єктивом і окуляром встановлений пристрій, за допомогою якого візирна вісь автоматично установлюється горизонтально під час нахилення нівеліра на невеликий кут. Для цього попередньо, за допомогою сферичного рівня, візирну вісь приблизно установлюють горизонтально.

Головна умова для нівелірів з компенсатором є такою: у встановленому у робоче положення нівелірі візирний промінь має бути горизонтальним.

Як видно з рис. 1 вісь обертання нівеліра VV' і вісь KK' сферичного рівня також мають бути паралельні - це і є другою умовою для обох типів нівелірів.

Нівелір Н-3

На рис. 2 зображено точний нівелір Н-3 зі збільшенням зорової труби 30', ціною поділки циліндричного рівня - 15", а встановивного сферичного - 10'; найменша віддаль візування - 1,8 м. Попереднє установлення осі приладу прямовисно виконують за допомогою встановивного сферичного рівня. Точне суміщення зображень кінців бульбашки циліндричного рівня здійснюють елеваційним гвинтом.



Рис.2 Нівелір Н-3

На рис. 3 показано поле зору труби нівеліра Н-3, відліки рейки та зображення кінців бульбашки циліндричного рівня.

Відлічують рейки тільки після встановлення бульбашки циліндричного рівня елеваційним гвинтом на середину і потім зводять кінці бульбашки у контакт. Їх видно у трубліворуч рейки у віконці. Чорна шкала: 1509 Червона шкала: 6196

Нівелір Н-10КЛ

Зараз широко застосовують нівеліри, в яких циліндричний рівень замінено автоматичним пристроєм - компенсатором нахилу візирної осі. Такий нівелір має тільки сферичний рівень для приведення нівеліра у робоче положення - приблизного установлення візирної осі горизонтально.

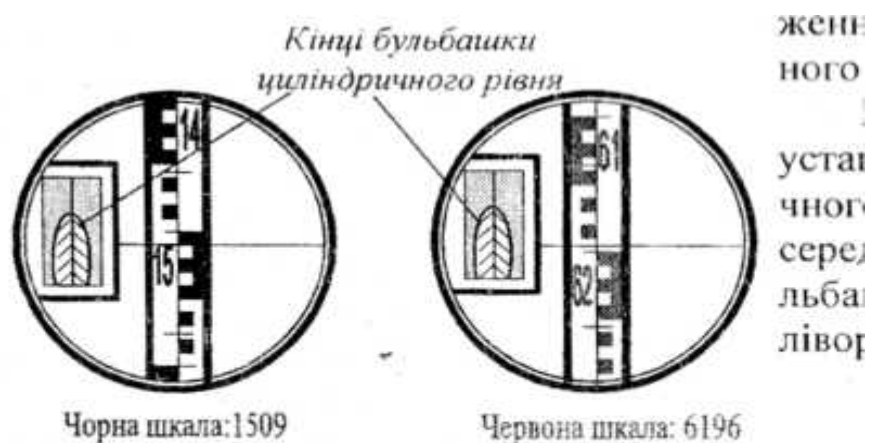


Рис.3 Поле зору нівеліру Н-3 та відліки по рейкам

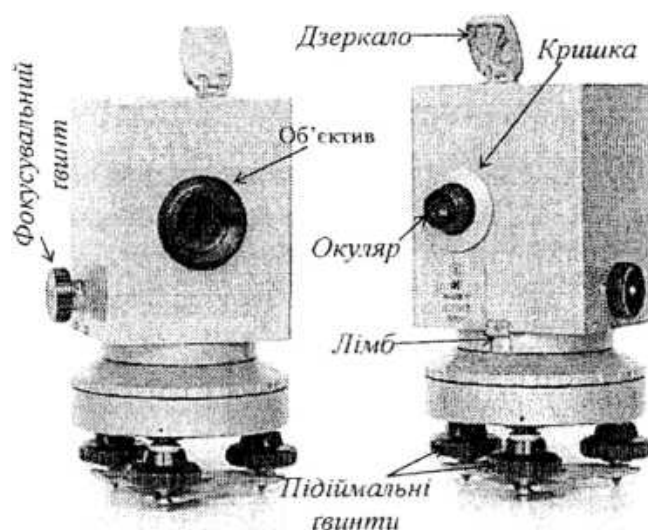


Рис.4 Нівелір Н-10КЛ

Горизонтальність лінії візування забезпечується з необхідною точністю компенсатором нахилу. Компенсатори нахилу дозволяють підвищити точність відлічування рейок і продуктивність праці. Вони дають змогу працювати на нестійких ґрунтах.

На рис. 4 подано загальний вигляд нівеліра Н-10КЛ. Це технічний нівелір з компенсатором і горизонтальним кругом. Мінімальна віддаль фокусування 1,5 м. У зоровій трубі нівеліра, яка має збільшення 20", сітка ниток з юстувальними гвинтами розташована під кришкою. До її юстувальних гвинтів можна досягти, знявши кришку. Обернена труба нівеліра дає земне зображення предметів. У нівелірі є горизонтальний круг з ціною

поділки 1° , встановлений рівень (на рис. 4 він розташований під дзеркалом) з ціною поділки $10'$ і дзеркалом для його спостереження, підставка з підймальними гвинтами. Сферичний рівень виправляють юстувальними гвинтами аналогічно як у нівелірі Н-3. До юстувальних гвинтів сферичного рівня можна досягти, піднявши дзеркало.

Нівелір Н-10Л

На рис. 5 показано загальний вигляд нівеліра Н-10Л. Це нівелір з горизонтальним кругом. Збільшення його зорової труби $23\times$, ціна поділки циліндричного рівня - $45''$, встановного сферичного - $10'$, мінімальна, віддаль візування - $1,5$ м. Зовні відрізняється від Н-3 розташуванням елеваційного гвинта та дзеркалом підсвічування циліндричного рівня, а також відсутністю підймальних гвинтів.

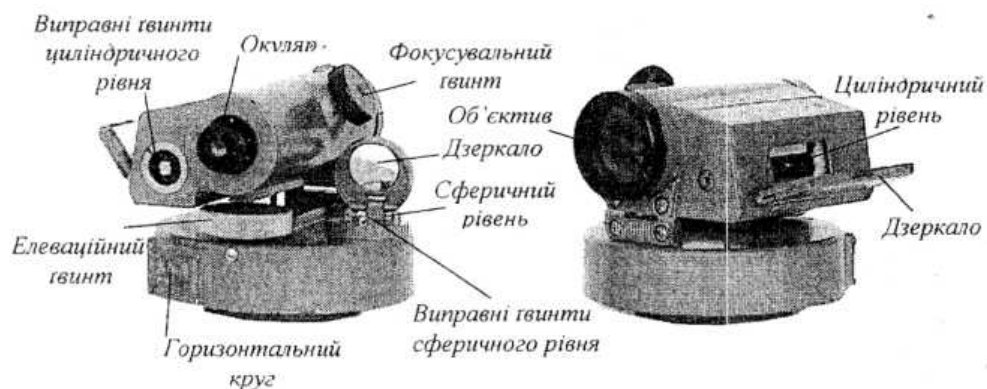


Рис.5 Нівелір Н-10Л

Нівелір прикріплюють до спеціального штатива з кульовою п'ятою, яка дозволяє нахилити нівелір, тобто приводити його в робоче положення.

Якщо у такого типу нівелірі є горизонтальний круг і підставка з підймальними гвинтами тоді його марка буде 2Н-10Л.

Перевірка геометричних умов нівеліра.

Перш ніж розпочинати роботу з нівелірами, їх перевіряють.

Перевірка складається з перевірки справності підймальних, навідних, закріплювальних та кремальєрного гвинтів і перевірки геометричних умов.

Перевірка Гвинтів нівеліра нічим не відрізняється від аналогічних перевірок у теодоліті.

Перевірка сферичного рівня.

Умова. Вісь сферичного рівня KK' має бути паралельною до осі обертання VV' нівеліра (рис. 1).

Підіймальними гвинтами встановлюють бульбашку сферичного рівня на середину і верхню частину нівеліра обертають на 180° . Якщо бульбашка рівня змістилася із середини, то її переміщують до середини на половину відхилення виправними гвинтами сферичного рівня. Для цього один із гвинтів викручують, а два інші вкручують у корпус, на якому розташований рівень. Перевірку виконують кілька разів, щоб переконатися у правильному встановленні рівня. Допустиме відхилення - 0,5 поділки рівня.

Перевірка правильності установлення сітки ниток.

Умова. Горизонтальний основний штрих сітки має бути горизонтальним, коли нівелір встановлено у робочий стан.

За 10 метрів від нівеліра встановлюють рейку і спрямовують зорову трубу приведеного в робочий стан нівеліра на рейку так, щоб зображення рейки розмістилось біля краю поля зору труби. Відлічують рейку горизонтальним основним штрихом сітки (для рівневих нівелірів бульбашка циліндричного рівня на середині). Потім зорову трубу повертають навідним гвинтом так, щоб зображення рейки змістилось на другий край поля зору і знову відлічують рейку. Якщо відлік рейки не змінився, умова виконується. Якщо відлік змінився більше ніж на 2 мм, то попускають гвинти, якими кільце сітки ниток прикріплено до окулярної частини труби, і обертають його до потрібного положення.

Перевірка головної умови нівеліра

Умова. Візирний промінь у приведеному в робочий стан нівеліра має бути горизонтальним.

Для нівеліра Н-3 головна умова забезпечується циліндричним рівнем, скріпленим із візирною трубою, і тому ставиться конкретніше:

Проекції осі циліндричного рівня HH' і візирної осі зорової труби WW' на прямовисну площину мають бути паралельними (рис. 1).

Кінці лінії довжиною 70-75 м закріплюють на місцевості кілочками і вимірюють між ними віддаль D нитковим віддалеміром. З кінців лінії виконують подвійне нівелювання

вперед (рис.6).

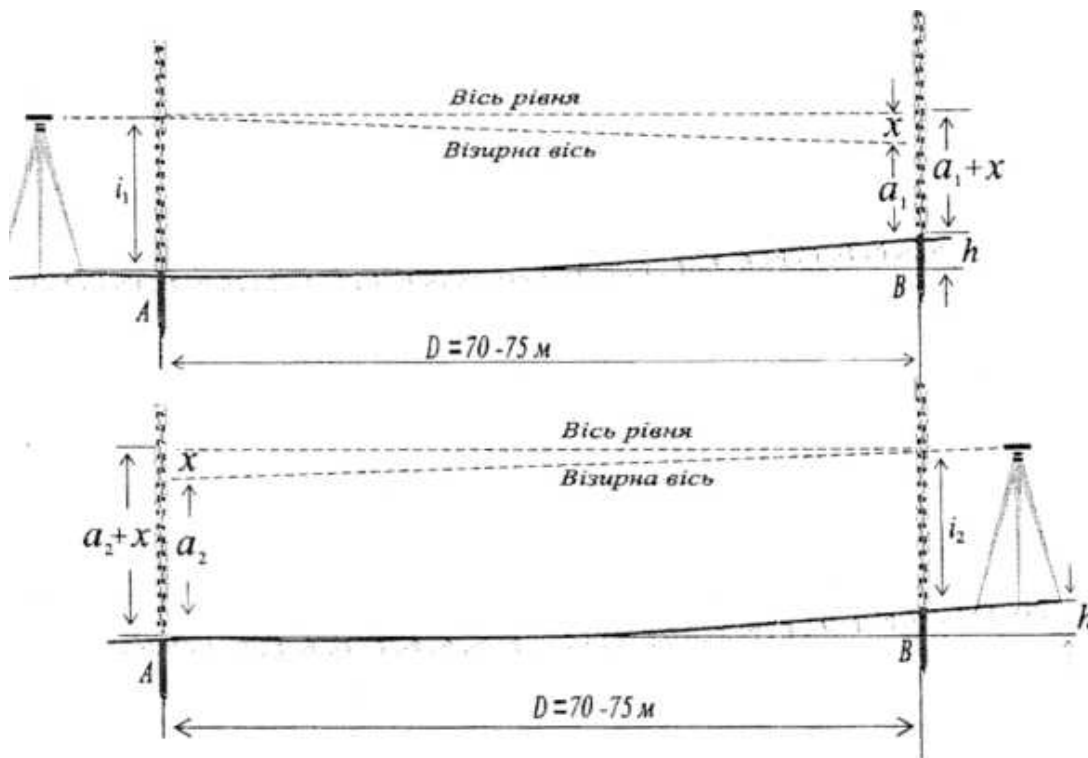


Рис. 6. Схема перевірки головної умови нівеліра

Для цього нівелір встановлюють на віддалі 2-3 м від точки **A**, приводять його в робочий стан (бульбашка сферичного рівня посередині, зображення рейки чітке, зображення сітки ниток чітке, паралакс відсутній), елеваційним гвинтом приводять циліндричний рівень у контакт і відлічують чорну шкалу i_1 ближньої рейки що стоїть на точці **A**. Тоді трубу спрямовують на другу рейку, що стоїть на точці **B**, і відлічують також її чорну шкалу a_1 . У разі непаралельності осі рівня та візирної осі, відлік рейки a_1 буде помилковим на величину x і правильне перевищення буде дорівнювати

$$h = i_1 - (a_1 + x) \quad (1)$$

Потім нівелір встановлюють на віддалі 2-3 м від точки **B**, приводять його в робочий стан (бульбашка сферичного рівня посередині, зображення рейки чітке, зображення сітки ниток чітке, паралакс відсутній). Елеваційним гвинтом приводять циліндричний рівень у контакт і відлічують чорну шкалу рейки a_2 що розташована на точці **A**. Тоді трубу спрямовують на другу рейку, що стоїть на точці **B**, і відлічують також чорну шкалу цієї рейки i_2 . Знову обчислюють перевищення між точками **A** і **B**:

$$h = (a_2 + x) - i_2. (2)$$

Прирівнявши праві частини рівнянь (1) і (2), отримують величину x похибки внаслідок непаралельності осі рівня та візирної осі:

$$x = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2} (3)$$

Тоді обчислюють кут непаралельності осі рівня і візирної осі

$$(4) \quad i'' = \frac{x}{D} \rho,$$

де $\rho = 206265''$.

Якщо $i \leq 10''$, то умова відповідає вимогам. Якщо $i \geq 10''$, то елеваційним гвинтом спрямовують середню нитку на відлік рейки a , що дорівнює

$$a = a_2 + x. (5)$$

Зображення кінців бульбашки циліндричного рівня розійдуться. Їх зводять вертикальними гвинтами рівня (рис. 2, 5). Для цього попускають боковий виправний гвинт, і вертикальними виправними гвинтами зводять кінці бульбашки рівня. Гвинти закріплюють. Після виправлення перевірку повторюють.

Нівеліри з компенсатором перевіряють так само, як і нівеліри з рівнем. Виправлення негоризонтальності візирної осі виконують переміщенням сітки ниток (рис. 4), що розміщена під кришкою, на правильний відлік.

$$a = a_2 + x. (6)$$

В описах приладів вказується, яким способом краще виконувати виправлення.

Наприклад, віддаль між рейками 70 метрів. Відліки з першої станції $i_1 = 1250$, $a_1 = 1642$. Відліки з другої станції $i_2 = 1302$, $a_2 = 0926$. Обчислюємо значення непаралельності осей

$$x = \frac{i_1 + i_2}{2} - \frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{1250 + 1302}{2} - \frac{1642 + 0926}{2} = -8 \text{ мм}$$

Обчислюємо кут непаралельності осі рівня і візирної осі, для рівневих нівелірів, або відхилення візирної осі від горизонту - для самовстановивних

$$i'' = \frac{8 \text{ мм} \times 206265}{70000} = -23''$$

Оскільки значення непаралельності перевищує допустиме $10''$, виконуємо виправлення. Для цього обчислюємо правильний відлік:

$$a = a_2 + x = 0926 - 8 = 0918.$$

Елеваційним гвинтом спрямовують середню нитку на відлік рейки a і вертикальними виправними гвинтами зводять кінці бульбашки рівня.

Для компенсаторного нівеліра правильний відлік a установлюють переміщенням сітки ниток.

4. Перевірка роботи компенсатора (виконується для самовстановивних нівелірів).

Умова. Нівелір не повинен мати недокомпенсації.

Перевірку виконують у такій послідовності. Нівелір установлюють посередині між рейками (рис. 7, а), які стоять на віддалі 70-75 м одна від одної, і приводять бульбашку сферичного рівня на середину (рис. 7, б, пол.1). Відлічують рейки a_1 та b_1 і визначають перевищення $h_1 = a_1 - b_1$. Потім підймальними гвинтами переміщують бульбашку сферичного

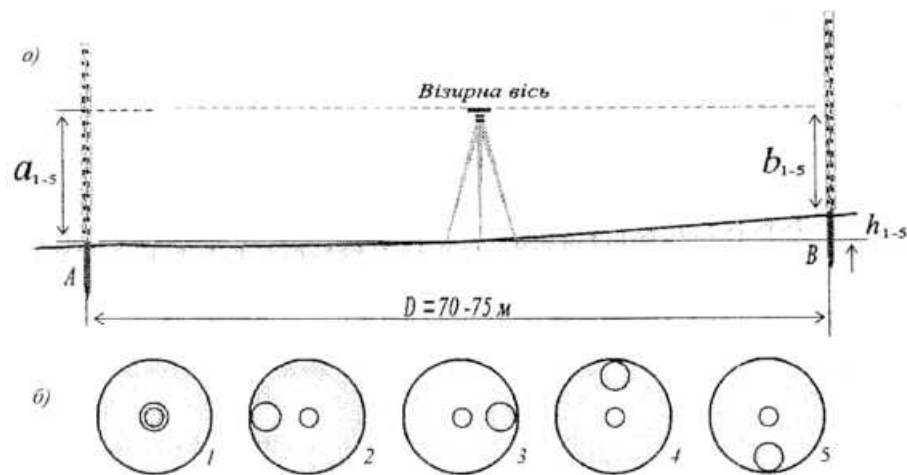


Рис. 7. Схема положення (1-5) бульбашки сферичного рівня для перевірки роботи компенсатора

рівня (рис. 7, б, пол. 2,3,4,5 і після кожного зміщення відлічують рейки: a_2 і b_2, \dots, a_5 і b_5 . Після цього також визначають перевищення h_2, \dots, h_5 . Перевищення h_1, h_2, \dots, h_5 визначають щонайменше трьома прийомами.

Якщо нівелір справний, середні перевищення, отримані в по-

ложеннях 2-5 сферичного рівня, не будуть відрізнятися від середнього значення перевищення, отриманого у положенні 1 більше ніж на 7 мм. Якщо розходження більші, нівелір до роботи непридатний. Його виправляють у заводських умовах.

Нівелірні рейки

Нівелірні рейки - це бруски завширшки до 10 см, завтовшки 2-3 см, заввишки 3-4 м. Зазвичай рейки, що використовуються у технічному нівелюванні, складувані. Дві їх частини сустаноскріплюються між собою. Від нижньої частини рейки (п'ятки) - починається відлік поділок. Нівелірні рейки виготовляють двобічними: на одному боці нанесено чорні поділки (чорна шкала), надругому - червоні (червона шкала).

Кожна чорна чи біла поділка на рейці дорівнює 1 см. Для зручності зняття відліків поділки об'єднані по п'ять сантиметрів літеру Е. Початок дециметра стосується до головки чисел, якими позначені дециметри.

На чорному боці нуль збігається з п'яткою рейки, на червоному - з п'яткою збігається відлік від 4681 до 4787 мм. Під час нівелювання чорна шкала є основною, а відлік червоної шкали має розходитися на величину різниць п'яток (4681... чи 4787 мм) у межах точності нівелювання. П'яткою рейки називають також різницю відліків червоної і чорної шкал рейки, встановленої на одній точці.

Рейки можуть мати сферичний рівень і ручки для утримування їх у прямовисному стані.

3. Рекогностування та закріплення траси.

Початкову й кінцеву точки траси та способи їхньої планово-висотної прив'язки подають у проекті, а на практичних заняттях такі точки та пункти геодезичної основи вказує керівник практики.

Студенти разом з викладачем вибирають трасу так, щоб вона мала за можливості два-три повороти, а її сторони проходили по місцевості, зручній для лінійних вимірювань. Вершини кутів повороту траси закріплюють дерев'яними кілками завдовжки і 15-20 см і завтовшки 4-6 см. Їх забивають на рівні землі.

Центри кілків позначають цвяхами або хрестоподібною насічкою на верхній поверхні кілка. Для полегшення відшукування пункту поряд з ним забивають кілок-сторожок. На бічній грані сторожка підписують номер вершини кута повороту (чисельник) і номер

групи й бригади (знаменник). Підписують так як показано на рис. 9, тільки замість позначення ГК4 підписують номер вершини кута повороту, наприклад, $\frac{BK1}{ГД12-3}$.

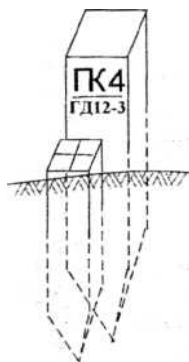


Рис. 9. Пикет із сторожком

Довкола точки, на віддалі 0,2-0,3 м, викопують канавку завширшки 0,1 м у вигляді будь-якої геометричної фігури.

4. Планове прив'язування траси

Планове прив'язування початкової та кінцевої точок траси до пунктів геодезичної мережі здійснюють згідно з вимогами до розімкнутих теодолітних ходів. Вихідні пункти геодезичної мережі на місцевості показує викладач.

5. Вимірювання кутів теодолітного ходу та кутів повороту траси

Кути у теодолітному ході вимірюють технічним теодолітом повним прийомом. Результати вимірювань записують у журнал (див. дод. А).

Кутами повороту траси Θ називають кути відхилення траси від попереднього напрямку. На рис. 10 показано два кути повороту траси — правий Θ_1 лівий Θ_2 і виміряні праві за ходом кути теодолітного ходу β_1 і β_2 . За виміряними кутами ходу обчислюють кути повороту траси

$$\Theta_1 (\text{правий}) = 180^\circ - \beta_1 (\text{правий}) \quad (7)$$

$$\Theta_2 (\text{лівий}) = \beta_2 (\text{правий}) - 180^\circ \quad (8)$$

Для контролю вимірювання кутів повороту траси застосовують спосіб суміщення нулів. Для цього установлюють на горизонтальному крузі відлік 0° . Із закріпленою алідадою і відкріпленим горизонтальним кругом, обертаючи теодоліт, візують на задню (попередню) вершину кута повороту.

Переводять трубу через зеніт, відкріплюють алідаду і візують на передню (наступну) вершину кута повороту. Відлічують горизонтальний круг. Отриманий відлік дорівнюватиме правому

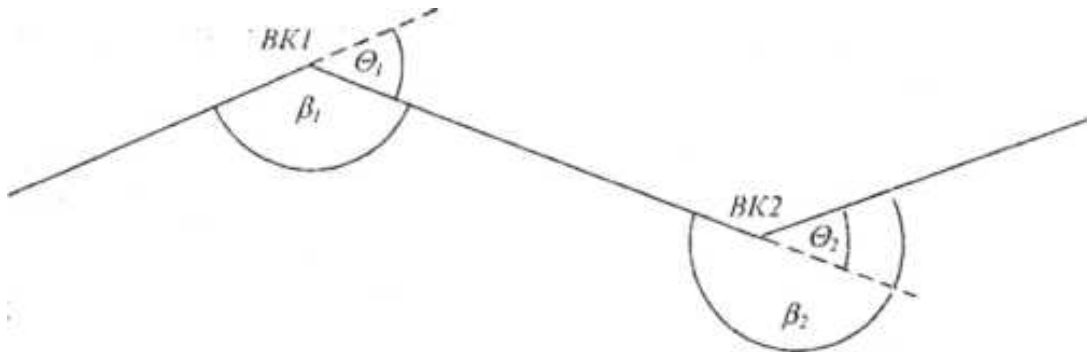


Рис. 10. Вимірювання кутів повороту траси

Θ_1 куту повороту траси.

Для вимірювання лівих кутів повороту траси, способом суміщення нулів, також установлюють на горизонтальному крузі відлік 0° . Із закріпленою алідадою і відкріпленим горизонтальним кругом обертають теодоліт і візують на передню (наступну) вершину кута повороту. Переводять трубу через зеніт, відкріплюють алідаду і візують на задню (попередню) вершину кута повороту. Отриманий відлік дорівнюватиме лівому куту повороту траси.

Під час вимірювання кутів на трасі за допомогою бусолі визначають прямі і зворотні азимути або румби ліній траси. За різницями прямих і зворотних магнітних азимутів контролюють кути повороту траси.

6. Вимірювання довжин сторін ходу й розмічування пікетажу

Оскільки сторони траси зазвичай бувають довгими, то їх додатково тичкують за допомогою теодоліта.

Довжини сторін ходу вимірюють сталевую 20-метровою стрічкою так, як у теодолітному ході, у прямому та зворотному напрямках. Кути нахилу ліній вимірюють одним прийомом в одному напрямі теодолітом під час вимірювання горизонтальних кутів. За результатами вимірювань кутів та ліній обчислюють ко-

ординати початку і кінця траси, а також кутів повороту траси.

Усі результати вимірювань із прив'язування траси вносять на схему теодолітного ходу (див. дод. Б).

Для створення карти траси та її поздовжнього профілю, а також будівництва споруди трасу позначають точками, зазвичай, через кожні 100 м горизонтальної проекції d , і називають ці точки пікетами. Для розмічування пікетів відкладають на місцевості 100 м нахилу віддаль і попередньо закріплюють точку пікету у створі траси. Вимірюють кут нахилу цього 100-метрового відрізка.

Якщо траса має схили, більші за 2° , то слід відкладати між пікетами похилі віддалі $D = 100 + \Delta D$ м, де ΔD - поправка за нахил, яку обчислюють так:

$$(9) \quad \Delta D = D - d = \frac{d}{\cos v} - d$$

Розмічування пікетів також можна виконувати, надаючи безпосередньо під час вимірювань стрічці горизонтальне положення.

Практично виконують наступні дії:

- 1). відкладають у створі по похилій віддаль, яка дорівнює 100 м, і тимчасово позначають її;
- 2). у наміченій точці встановлюють тичку (візирне пристосування) з позначеною висотою приладу і вимірюють кут нахилу відкладеної лінії;
- 3). обчислюють за формулою (6) поправку ΔD ;
- 4). відкладають величину ΔD у створі побудованого відрізка в напрямі його подовження і остаточно закріплюють (рис. 10) відкладений інтервал.

Щоб запобігти пошкодженню кілка під час забивання його у твердий ґрунт слід спочатку пробити заглиблення металевим кілком. Верхній торчак кілка має бути пласким і перпендикулярним до осі кілка. Сторожок забивають попереду пікету і на боці, зверненому у бік пікету, у чисельнику пишуть його номер, а у знаменнику номер групи й бригади. Пікет із сторожком обкопують канавкою.

Початок траси позначають пікетом ПК0. Таким чином, номер кожного пікету позначає кількість сотень метрів траси від її початку.

Якщо між пікетами є зміни ухилів траси (злами), то їх також позначають точками, які називають плюсовими. Плюсові точки закріплюють так само, як і пікети. На них роблять підписи, наприклад, пікет ПКЗ+40. Це означає, що плюсова точка лежить між пікетом три і пікетом чотири, на віддалі 40 м від пікету №3.

Одночасно із розмічуванням пікетажу вздовж траси, у характерних місцях рельєфу, там де є зміна поперечних ухилів місцевості, розмічають поперечники у перпендикулярному до траси напрямі. На поперечниках у точках перегинів схилів забивають кілки, обкопують і згідно з їхнім положенням підписують, наприклад, на пікеті п'ять, ліворуч двадцять метрів ПК 5 - Л20, або на пікеті шість, праворуч десять метрів ПК6 - П10.

Отже, під час розмічування пікетажу на трасі позначають такі точки: вершини кутів повороту траси, пікети, плюсові точки, головні точки кривих і точки на поперечниках.

Результати розмічування пікетажу, плюсових точок, поперечників, розрахунків кривих та їхнього пікетажу, кутів повороту траси, записують у пікетажному журналі (див. дод. Д).

Такі розмічування траси виконують до першої вершини кута повороту траси. У подальшому розмічуванні користуються розрахунками кривих, які включають у трасу і вводять відповідні поправки, що враховують її криволінійність.

Через визначені проміжки трасу закріплюють постійними або тимчасовими реперами залежно від вимог інструкцій з виконання робіт.

7. Розмічування головних точок колової кривої

Для плавного заокруглення траси в кути повороту вписують криві, дуги кілтак, щоб прямолінійні елементи траси були дотичними до кривих.

Точки дотикання цих прямих із кривими позначають так: початок кривої **ПК**, кінець кривої - **КК**. Точку перетину бісектриси кута з кривою – середину кривої - позначають **СК**. Ці три точки називають головними точками кривої. На трасі ці точки закріплюють кілками зі сторожками й обкопують канавкою.

Розмічування головних точок кривої (рис. 11): початку кривої - **ПК**, середини кривої - **СК** та кінця кривої - **КК**. Починають розмічування із визначення *елементів кривої*:

тангенса (T) - віддаль від вершини кута до початку **ПК** або кінця **КК** колової кривої;

кривої (K) - віддаль від **ПК** до **КК** по дузі кола;

бісектриси (B) - віддаль від **ВК** до **СК**

доміру (D) - різниця двох катетів (27) та дуги кола **К**;

за формулами:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2}; K = \frac{\pi \Theta^\circ}{180^\circ} R = \frac{\Theta^\circ}{\rho^\circ} R; B = R \left(\sec \frac{\Theta}{2} - 1 \right);$$

$$D = 2T - K, \quad (10)$$

де R - радіус колової кривої, Θ - кут повороту траси (у градусах і

десятих частках градуса), $\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.29578^\circ$, або з використанням спеціальних таблиць для розмічування кривих.

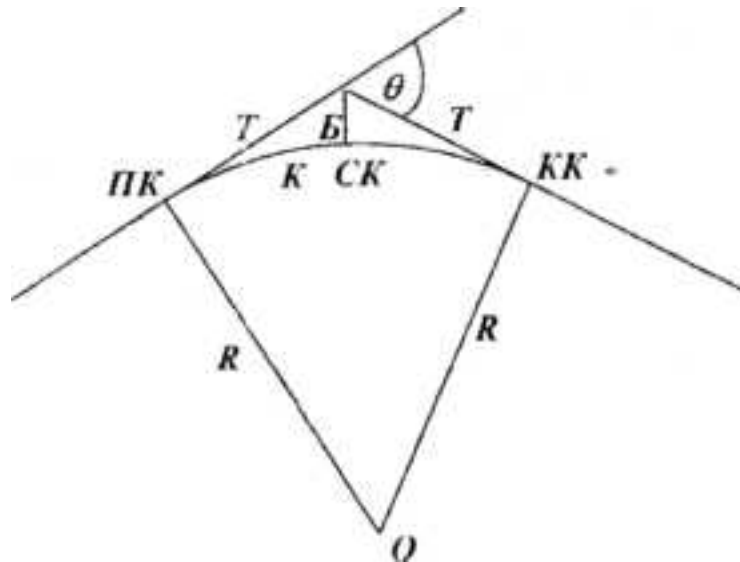


Рис. 11. Основні елементи колових кривих

З таблиць за аргументами R і Θ (у градусах і мінутах) вибирають елементи кривої T , K , B , D . Приклад обчислення головних точок кривої подано в додатку 3.

Точки **ПК** і **КК** знаходять відкладанням величини T від вершини кута повороту в обидва боки вздовж напрямків траси (попереднього та наступного). Точку **СК** отримують відкладанням величини B від **ВК** уздовж бісектриси кута $\frac{180^\circ - \Theta}{2}$, який відкладають від лінії тангенса.

Знаючи пікетажне значення вершини кута **ВК** повороту

траси, визначають пікетажне положення головних точок кривої. Пікетажне значення **ВК** – це віддаль цієї вершини кута від нульового пікету - ПК0. У прикладі (див. додаток2) віддаль **ВК** від ПК0 дорівнює 500 метрів, що позначається ПК0,

Розмічування пікетажу траси, після вписування в неї колової кривої, продовжують так. Відкладають від **ВК** вперед віддаль, яка дорівнює **Д** (доміру) і вважають що ця точка має таке ж пікетажне значення, як ВК.

У прикладі пікетажне значення ВК-ПК5. Відкладаємо у напрямі ПК6 домір $D = 2,87$ м і вважаємо, що пікетажне значення отриманої точки є ПК5. Далі розмічування пікетів від отриманої точки виконують, як звичайно. Знаходять пікетажне значення кінця колової кривої **КК** і для контролю розраховують його за формулами:

$$КК = ПК + К \quad (11)$$

$$КК = ВК + Т - Д \quad (12)$$

8. Детальне розмічування кривої.

Детальне розмічування кривої виконують залежно від умов, у яких пролягає траса, застосовуючи той чи інший спосіб розмічування кривої. На відкритій місцевості найчастіше застосовують спосіб прямокутних координат.

Задачу розв'язують заданими розмічування пікетажу траси, у процесі якого визначають на місцевості головні точки кривої: початок кривої (**ПК**), середина кривої (**СК**) та кінець кривої (**КК**). Детальне розмічування кривої означає позначення її на місцевості через визначені інтервали кривої - **к**.

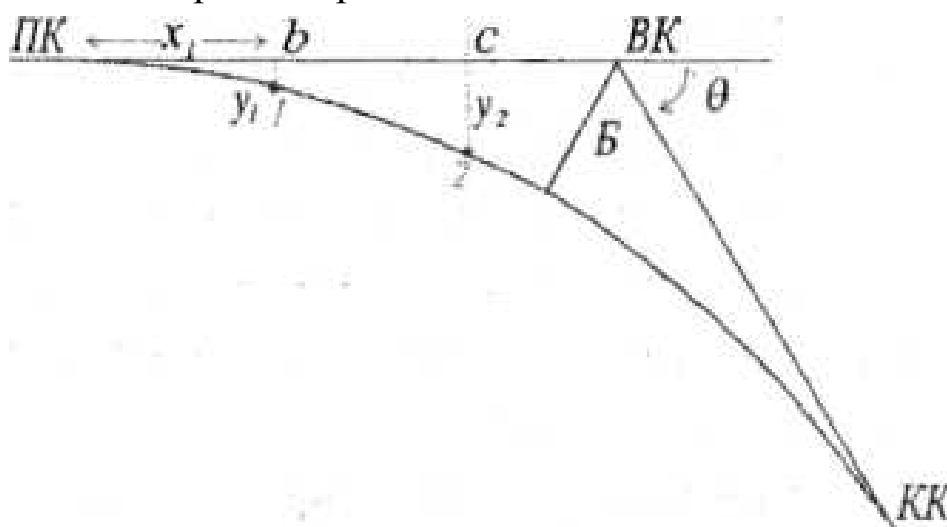


Рис. 12. Розмічування колової кривої способом прямокутних координат

Під час детального розмічування кривої способом прямокутних координат положення кожної її точки визначають на місцевості в системі прямокутних координат. За вісь X приймають напрям тангенса від початку або кінця кривої до вершини кута повороту, а за вісь Y — перпендикулярний до осі X напрям. Координати точок на кривій визначають за формулами:

$$x = R \sin \beta \quad (13)$$

$$(14) \quad y = R(1 - \cos \beta) = 2R \sin^2 \frac{\beta}{2}$$

Тут β - кут розмічування

$$\beta = \frac{180^\circ k}{\pi R} = \rho^\circ \frac{k}{R} \quad (15)$$

де k - інтервал розмічування кривої.

Наприклад (див. рис. 13), ми хочемо отримати на кривій точки через 5 метрів. Радіус кривої $K = 200$ м. Тоді

$$\beta = \frac{180 \cdot 5}{\pi \cdot 200} = 1,4324^\circ; x_1 = 200 \cdot \sin 1,4324 = 4,999 \text{ м};$$

$$y_1 = 2 \cdot 200 \sin^2 \frac{1,4324}{2} = 0,062 \text{ м}$$

Для наступної точки значення кута β буде подвійним

$$2\beta = \frac{180(5 \cdot 2)}{\pi \cdot 200} = 2,865^\circ$$

і відповідно

$$x_2 = 9,995 \text{ м}, \text{ а } y_2 = 0,0625 \text{ м}.$$

Для третьої точки кут β буде потрійним і т. д.

За цими формулами складено спеціальні таблиці [6] для всіх нормативних радіусів автомобільних доріг через 1 м довжини кривої. За допомогою цих таблиць за відомими радіусом кривої R та інтервалом розмічування k вибирають значення x і y .

Для розмічування кривої (рис. 12.) у напрямі тангенса від PK або KK відкладають величину x_1 і в отриманій точці b будують перпендикуляр до тангенса. По перпендикуляру відкладають

табличне значення y_1 , і закріплюють отриману точку 1.

Аналогічно розмічають інші точки, наприклад точку 2, кривої. Відкладають відповідну координату x_2 і отримують точку c . У точці c будують перпендикуляр до тангенса і у його напрямі відкладають значення y_2 . Отримані точки будуть знаходитися на віддалі k одна від одної по кривій. Зазвичай розмічування виконують від початку й кінця кривої у напрямі до її середини. Контролем розмічування є збігання розмічуваних точок із пікетами, що винесені на криву, а також положення точки **СК**, яку отримують відкладанням бісектриси **Б**.

Цей спосіб вважається найточнішим, але має недолік - у разі довгої кривої ординати мають великі значення, від чого знижується швидкість розмічування, а на горбистій місцевості - його точність. Для усунення цього недоліку криву ділять на дві однакові частини і для кожної з них виконують детальне розмічування або застосовують інший спосіб розмічування.

Зразокоформування цієї задачі подано у дод. Е.

8. Перенесення пікету на криву

Якщо на дотичних до кривої (тангенсах) розташовані пікети, то їх необхідно перенести на криву. Найчастіше цю задачу розв'язують способом прямокутних координат, описаним вище (див формули 9, 10). Обчислення даних, необхідних для перенесення пікету на криву, можна також виконати за допомогою таблиць [6].

Подемо послідовність обчислень для перенесення пікету на криву.

Дано: $R = 200$ м; початок кривої на ПК4+43,53. Визначити прямокутні координати x і y для перенесення на криву ПК 5.

Знаходять довжину кривої k від початку кривої до ПК5: $100 - 43,53 = 56,47$

За формулами (9, 10) за радіусом $R=200$ м і $k=56,47$, обчислюють величини $x = 55,72$ і $y = 7,92$.

Відклавши від початку кривої вздовж тангенса $x=55,72$ м і побудувавши перпендикуляр, відкладають $y=7,92$ м. Отриману точку закріплюють і підписують "ПК5".

10. Знімання смуги місцевості вздовж траси

Знімання смуги місцевості вздовж траси виконують інструментально одночасно з розмічуванням пікетажу, переважно способом перпендикулярів, використовуючи для цього екер і

рулетку. Результати такого знімання зручно зображати в пікетажному журналі, виготовленому з міліметрового паперу, прийнявши поздовжній масштаб зарису 1:1000 - 1:5000, залежно від завантаженості ситуацією, а поперечний зазвичай приймають 1:500- 1:1000.

У дод. Д подано сторінку пікетажного журналу. Посередині сторінки суцільною лінією зображають вісь, на якій показані пікети з їхніми номерами, плюсові точки й поперечник. Показано положення кута повороту траси й напрям її повороту стрілкою. Написано назви угідь, розташованих уздовж траси. У журналі також записують значення кута повороту траси, заданий радіус кривої і всі значення головних елементів кривої. Показують розрахунок пікетажних значень початку й кінця кривої з контролем.

11. Прив'язування нівелірного ходу.

Для визначення висот точок нівелірні ходи прив'язують до закріплених відповідним чином на місцевості точок з відомими висотами - *реперів*. Мережа таких реперів називається висотною геодезичною мережею.

Висотні геодезичні мережі за точністю поділяють на:

державну геодезичну нівелірну мережу I і II класів, яка є головною висотною основою країни. Вона установлює єдину систему висот на всій території України а також використовується для розв'язування наукових завдань;

нівелірні мережі III і IV класів, які створюються з метою згущення висотної основи для забезпечення топографічного знімання та розв'язування інженерних завдань;

знімальну висотну мережу, яку створюють прокладанням ходів геометричного технічного нівелювання, або тригонометричним нівелюванням.

Для визначення висот точок місцевості з метою побудови профілю по цих відповідним чином закріплених точках прокладають нівелірний хід, як знімальну висотну мережу. Цей нівелірний хід технічної точності починають і закінчують на реперах, а у разі їхньої відсутності виконують нівелювання у прямому й зворотному напрямках. Тоді нівелювання проміжних точок і поперечників виконують у прямому ході. У дод. Ж показано, що нівелірний хід прив'язаний до реперів Rp2 і Rp5.

12. Поздовжнє нівелювання

Технічне нівелювання зазвичай виконують способом із середини. Нівелір встановлюють посередині між рейками з точністю ± 10 м. Віддалі вимірюють кроками.

На кожній станції ходу дві точки, за допомогою яких передають висоти в ході, називають *зв'язковими*. Одну з них називають *задньою*, а іншу - *передньою*. На зв'язкових точках рейки відлічують з обох боків. Кожна зв'язкова точка, та, що на попередній станції називалася передньою, на наступній буде задньою. Зв'язковими точками можуть бути пікети, плюсові та іксові точки. Решту точок, які нівелюють на станції, називають *проміжними*. На проміжних точках рейки відлічують тільки з чорного боку.

Рейки на всіх точках, висоти яких визначають, встановлюють прямовисно.

Установивши нівелір, утоптують ніжки у ґрунт і встановлюють його у робоче положення за допомогою сферичного рівня. Спрямовують трубу нівеліра на задню рейку. Спочатку за допомогою прицілу (у полі зору труби з'явиться зображення рейки), а тоді, закріпивши трубу, точно, навідним гвинтом труби спрямовують вертикальний штрих сітки ниток на правий у полі зору бік рейки.

Діоптрійним кільцем встановлюють чітке зображення сітки ниток, а фокусувальним гвинтом домагаються чіткого зображення предмета.

У рівневих нівелірах бульбашку циліндричного рівня приводять на середину.

Аналогічні дії виконують під час відлічування передньої рейки, але зазвичай діоптрійним кільцем та фокусувальним гвинтом вже не користуються.

Відліки рейок (див. табл. 1), встановлених на зв'язкових точках, виконують у такій послідовності:

1. Відлік чорної шкали задньої рейки (1).
2. Відлік чорної шкали передньої рейки (2).
3. Відлік червоної шкали передньої рейки (3).
4. Відлік червоної шкали задньої рейки (4).

На проміжних точках відлічують тільки чорну шкалу рейки (6). Цифри у дужках означають порядковий номер запису. Рейку на проміжну точку встановлює задній рейковик, після

відлічування її на зв'язковій точці.

Результати нівелювання на станціях записують у журнал (табл. 1). Правильність вимірювань та записів контролюють безпосередньо в полі. Обчислюють п'ятки рейок як різницю між відліками червоної й чорної шкал однієї рейки. Для задньої (5310 - 0623 = 4687) і передньої (6595 - 1911 = 4684). Нагадаємо, що п'яткою рейки називають різницю червоного й чорного відліків рейки, встановленої на одній точці. Перевищення (7) обчислюють, як різниці відліків задньої чорної шкали рейки (1) і передньої чорної шкали рейки (2) - (0623- 1911 =-1288 мм). Аналогічно за червоними шкалами - (5310-6595=-1285 мм). На завершення роботи, на станції обчислюють середнє значення перевищення $(-1288-1285)/2 = -1286,5$ мм.

Таблиця 1.

Журнал технічного нівелювання.

Номер станції	Номер точки, пікету, репера	Відліки рейки			Перевищення			
		задньої	перед- ньої	про- міжної	обчислені		середні	
					+	-	+	-
	ПК7	0623(1)						
22		5310(4)						
	+28.0	4687(5)		2112(6)		-		
			1911(2)			0288(7)		-
	ПК8		6595(3)			-		0286,5
			4684(5)			0285(7)		

Контроль на станції полягає в тому, що різниці п'яток (5) задньої та передньої рейок (4687-4684 = 3мм), як і різниці у перевищеннях (7), обчислених з обох шкал рейок (1288-1285 = 3мм), мають бути рівними і не можуть перевищувати 5 мм. Коли результати контролю незадовільні, результати вимірювань акуратно закреслюють, записують у примітці чому, і вимірювання на станції повторюють, змінивши висоту нівеліра приблизно на 10 см.

У табл. 1 подано як зразок запис результатів технічного нівелювання на одній станції, а поздовжнє нівелювання всієї траси подано у дод. Ж.

Контролюють технічне нівелювання згідно з вимогами чинної інструкції.

Посторінковий контроль. Для цього у стовпчику 3 додають

відліки (1) і (4) та отримують суму відліків (10). Додають у стовпчику 4 відліки (2) і (3) і отримують суму відліків (11). Віднімають від $\sum(10), \sum(11)$ і отримують суму подвійних (обчислених за червоними і чорними шкалами) перевищень - $\sum(I2)$. Додають у стовпчику 6 перевищення (7), отримані за червоними та чорними відліками і отримують суму перевищень - $\sum(13)$. Контроль: $\sum(I2) = \sum(13)$. У стовпчику 7 додають середні перевищення (8) і отримують суму перевищень $\sum(I4)$. Контроль: $\sum 14 \times 2 = \sum 15 = \sum 13$.

Контроль по ходу. Для цього використовують дані з посторінкового контролю у відповідних стовпчиках і додають їх. Додають $\sum 10$ із кожної сторінки, і отримують суму задніх відліків ходу - $\sum 17$. Додають $\sum 11$ із кожної сторінки і отримують суму передніх відліків ходу - $\sum 18$. Знаходять різницю сум $\sum 17 - \sum 18 = \sum 19$ і отримують подвійну суму перевищень у ході. Далі додають суми $\sum 13$ з кожної сторінки і отримують також подвійну суму перевищень - $\sum 20$. Контроль: $\sum 19 = \sum 20$.

Практичну суму $\sum h_{\text{практ}}$ перевищень - $\sum 21$ отримують додаванням сум середніх перевищень $\sum 14$ із кожної сторінки. Контроль: $\sum 21 \times 2 = \sum 22 = \sum 20$.

Теоретичну суму перевищень в ході обчислюють як різницю висот кінцевого та початкового реперів:

$$\sum h_{\text{теор}} = H_{\text{кінц}} - H_{\text{початк}} = H_{\text{Rp5}} - H_{\text{Rp2}} \quad (16)$$

Нев'язку ходу обчислюють як різницю практичної і теоретичної сум перевищень:

$$f_h = \sum h_{\text{практ}} - \sum h_{\text{теор}} \quad (17)$$

Якість виконаного технічного нівелювання оцінюють за допустимою нев'язкою, яку розраховують за формулою

$$\text{доп} f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L_{\text{км}}} \quad (18)$$

де $L_{\text{км}}$ - довжина нівелірного ходу, км. Для поданого прикладу $L_{\text{км}} = 900 \text{ м (ПК 9)} + 140 \text{ м (від Rp2 до ПК0)} + 150 \text{ м (від ПК 9 до Rp5)} = 1190 \text{ м} = 1,19 \text{ км}$.

Якщо нев'язка менша за допустиму $\text{доп} f_h$, то результати вимірювань урівнюють, тобто вносять поправки v_i у середні перевищення з оберненим до нев'язки знаком:

$$v_i = -\frac{f_h}{n} \quad (19)$$

порівну в кожну станцію нівелювання (n - кількість станцій).

Контролем правильності введення поправок є їхня сума, яка має дорівнювати нев'язці з оберненим знаком:

$$\sum v_i = -f_h \quad (20)$$

Обчислюють ув'язані перевищення:

$$h_{\text{ув'язане}} = h_{\text{середнє}} + v_i \quad (21)$$

Додають ув'язані перевищення у стовпчику (9) і отримують суму перевищень - $\sum 16$.

Для контролю обчислення ув'язаних перевищень додають суми $\sum 16$ ув'язаних перевищень із кожної сторінки і отримують суму теоретичних перевищень по ходу - $\sum h_{\text{теор}} = \sum 23$.

Використовуючи ув'язані перевищення та висоти реперів, обчислюють висоти пікетів та проміжних точок.

Якщо f_h більша за допустиму $\text{доп}f_h$, то нівелірний хід прокладають ще раз.

13. НІВЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ

Завдання: виконати контурне знімання та нівелювання поверхні ділянки місцевості.

Прилади та матеріали: ті ж самі, що й для нівелювання траси.

Послідовність виконання завдання:

1. Рекогностування ділянки місцевості;
2. Відшукування реперів.
3. Розмічування сітки квадратів.
4. Складання схеми та знімання контурів.
5. Прокладання нівелірного ходу.
6. Нівелювання поверхні.

14. Рекогностування ділянки місцевості

Для виконання завдання вибирають ділянку місцевості з незначними формами рельєфу. На відкритій ділянці застосовують нівелювання вершин квадратів, на закритій - нівелювання вздовж паралельних ліній.

15. Відшукування реперів

Поблизу ділянки разом з викладачем відшуковують точки з відомими висотами (*репери*).

16 Розмічування сітки квадратів

Розмір сторін квадратів залежно від точності, що вимагається

і масштабу знімання може коливатися від 10 до 100 м. Побудову сітки квадратів виконують за допомогою теодоліта і землемірної стрічки за принципом переходу від загального до часткового. Якщо, наприклад, необхідно побудувати сітку із сторонами квадратів меншими за 100 метрів, то спочатку будують сітку із сторонами 100x100 м, а потім кожний квадрат розмічають на дрібніші.

Під час виконання навчального завдання з нівелювання поверхні для побудови карти в масштабі 1:500 із перерізом рельєфу 0,5 м приймають сторону квадрата 20 м, що відповідає інструктивним вимогам щодо віддалі між пікетами під час знімання у масштабі 1:500.

Похибки під час побудови великих квадратів на місцевості не мають перевищувати 0,5 мм на карті.

Приклад. Під час розмічування квадратів закріплюють точку 1-а. На віддалі, трохи більшій ніж 100 метрів, у напрямі точки 6-а установлюють тичку (див. дод. 3). Вимірюють стрічкою у напрямі тички 100 метрів - D_{np} . Стрічку із останньої шпильки не знімають і тимчасово закріплюють точку. Тепер ще раз прикладають стрічку до кілочка і ручкою або цвяшком позначають віддаль 100 метрів. Вимірюють цю ж віддаль у

$$\frac{D_{np} - D_{зв}}{D_{сер}} \leq \frac{1}{2000}$$

зворотному напрямі $-D_{зв}$. Якщо розходження тобто $D_{np} - D_{зв} \leq 5$ сантиметрів, то тимчасово закріплену точку пересувають на половину розходження $D_{np} - D_{зв}$ так, щоби віддаль 1-а - 6-а дорівнювала $D_{сер}$. Наприклад, $D_{np} = 100,00, D_{зв} = 100,04, D_{сер} = 100,02$. Тепер, зазвичай безпосередньо на торчаку кілка, ручкою чи цвяшком фіксують нове положення точки. Якщо торчака кілочка не вистачає, то поряд забивають ще один кілочок і нове положення точки відмічають на ньому.

Центрують теодоліт на точці 1-а, візують на встановлену на закріпленій точці 6-а тичку і знімають відлік з горизонтального круга теодоліта, наприклад, $17^{\circ}23.0'$. Обчислюють відлік горизонтального круга на точку 1-д: $17^{\circ}23.0' + 90^{\circ} = 107^{\circ} 23.0'$ і установлюють його на горизонтальному крузі. Установлюють теодолітом на віддалі, трохи більшій ніж 100 метрів, у напрямі точки 6-д тичку і, орієнтуючись на неї, закріплюють точку 6-д так само, як і точку 1-д, але під час остаточного закріплення

точки її фіксують на кілочку одночасно і стрічкою і теодолітом.

Центрують теодоліт над точкою *б-а*, візують на тичку, установлену на точці *І-а*, і знімають відлік згоризонтального круга, наприклад, $347^{\circ} 54.0'$. Обчислюють відлік горизонтального круга на точку *б-д*: $347^{\circ} 54.0' - 90^{\circ} = 257^{\circ} 54.0'$ і установлюють його на горизонтальному крузі. Установлюють теодолітом на віддалі трохи більшій ніж 100 метрів, у напрямі точки *б-д* тичку і, орієнтуючись на неї, закріплюють точку *б-д* так само, як і точку *І-д*.

Проміряють віддаль між закріпленими точками *б-д- І-д*. Середнє значення вимірної віддалі між цими точками може відрізнятись від 100 метрів не більше ніж на 20 сантиметрів, що для периметра квадрата 400 м дасть відносну похибку $1/2000$ і є менше від 0,5 мм на створюваній карті.

Положення вершин заповнювальних квадратів визначають після ув'язування основного квадрата (прямокутника). Найпростіше ув'язування полягає у тому, що на стороні квадрата *б-д - І-д* цю лінійну похибку порівну розподіляють на всі 20 метрові сторони.

Приклад. Для нівелювання майданчика за допомогою теодоліта та мірної стрічки розмічають квадрат розмірами 100x100 м. Середнє значення вимірної у прямому і зворотному напрямках лінії *б-д - І-д* дорівнює 100,15 м, що менше від допуску. Тепер поділяючи сторону квадрата *б-д - І-д* на 20-метрові відрізки, відкладають не по 20 метрів, а по 20.03 м. Усі решту 100 метрові сторони поділяють на 20 метрові відрізки.

У середині 100-метрового квадрата також розмічають сітку квадратів із сторонами 20 метрів промірами між закріпленими на сторонах 100-метрового квадрата точками, у яких під час розмічування установлюють тички. Усі вершини квадратів і перегини рельєфу (плюсові точки) на сторонах і всередині квадратів також закріплюють кілками.

17. Складання схеми-зарису та знімання контурів

Одночасно з розмічуванням сітки квадратів складають схему-зарис (дод. 3) і виконують контурне знімання, результати якого заносять на цю схему. Зазвичай таке знімання виконують створним способом та способом перпендикулярів. Головки цифр на схемі-зарисі пишуть у сторону збільшення віддалі. Так, під час знімання дерева у квадраті *4-в* цифра 10,3 означає, що це віддаль

вздовж сторони *в* квадрата від вершини 4-в, а 9,3 - від вершини 4-г.

18. Прокладання нівелірного ходу

Нівелірний хід, як виняток, може опиратися на один репер, тобто бути розімкненим. На ділянці хід прокладають так, щоби зі станцій ходу було видно усі вершини квадратів. Тобто кількість станцій ходу залежить від рельєфу. Зв'язковими точками ходу зазвичай є вершини квадратів. Допустиму нев'язку зімкненого нівелірного ходу обчислюють за формулою

$$f_h = 10i \sqrt{n}, \quad (22)$$

де *n* - кількість станцій.

19. Нівелювання поверхні

Вершини квадратів, які не були зв'язковими точками під час прокладання нівелірного ходу, нівелюють як проміжні точки. Під час нівелювання, для контролю, з кожної станції нівелюють декілька вершин, вже занівельованих з інших станцій.

Послідовність нівелювання, запис даних у журнал (дод. И) та їх опрацювання виконують аналогічно до результатів поздовжнього нівелювання.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Инженерная геодезия: учебник для вузов, рекомендовано УМО / Е. Б. Ключин ; ред. Д. Ш. Михелев. - М. : Академия, 2010. – 495с.
2. Геодезичні прилади та приладдя : навч. посіб. / В. Ващенко, В. Літинський, С. Перій; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л. : Євросвіт, 2003. - 160 с.
3. Літинський В. Геодезичний енциклопедичний словник. - Львів: Євросвіт, 2001. - 668 с.
4. Ващенко В. І. Складання повздовжнього профілю траси : методичні вказівки / В. І. Ващенко, С. С. Перій. - Львів, 2000.
5. Геодезичне проектування вертикального розпланування будівельного майданчика : методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з інженерної геодезії для студентів 1 курсу інженерно-будівельного факультету базового напрямку 6.0921 "Будівництво"/Укладачі: В.І.Ващенко, С.С.Перій. – Львів: ДУ ЛП, 2000.- 22с..
6. Баканова В.В. Практикум по геодезии :учеб. пособ. для вузов. - изд. 2 е, перераб. и доп. / В. В. Баканова, Я. Я. Карклин, Г. К. Павлов. – М. : Недра, 1983. – 456 с.
7. Левчук Г. П. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений : учебник для вузов / Г. П. Левчук, В. Е. Новак, Н. Н. Лебедев ; под ред. Г. П. Левчука. - М., Недра, 1983. – 400 с.

Додатки

Додаток А

Миколаївський національний аграрний університет

Кафедра землеробства, геодезії та землеустрою

ЖУРНАЛ

прокладання теодолітного ходу для прив'язування траси
дороги в районі м. Миколаєва

Миколаїв 2017

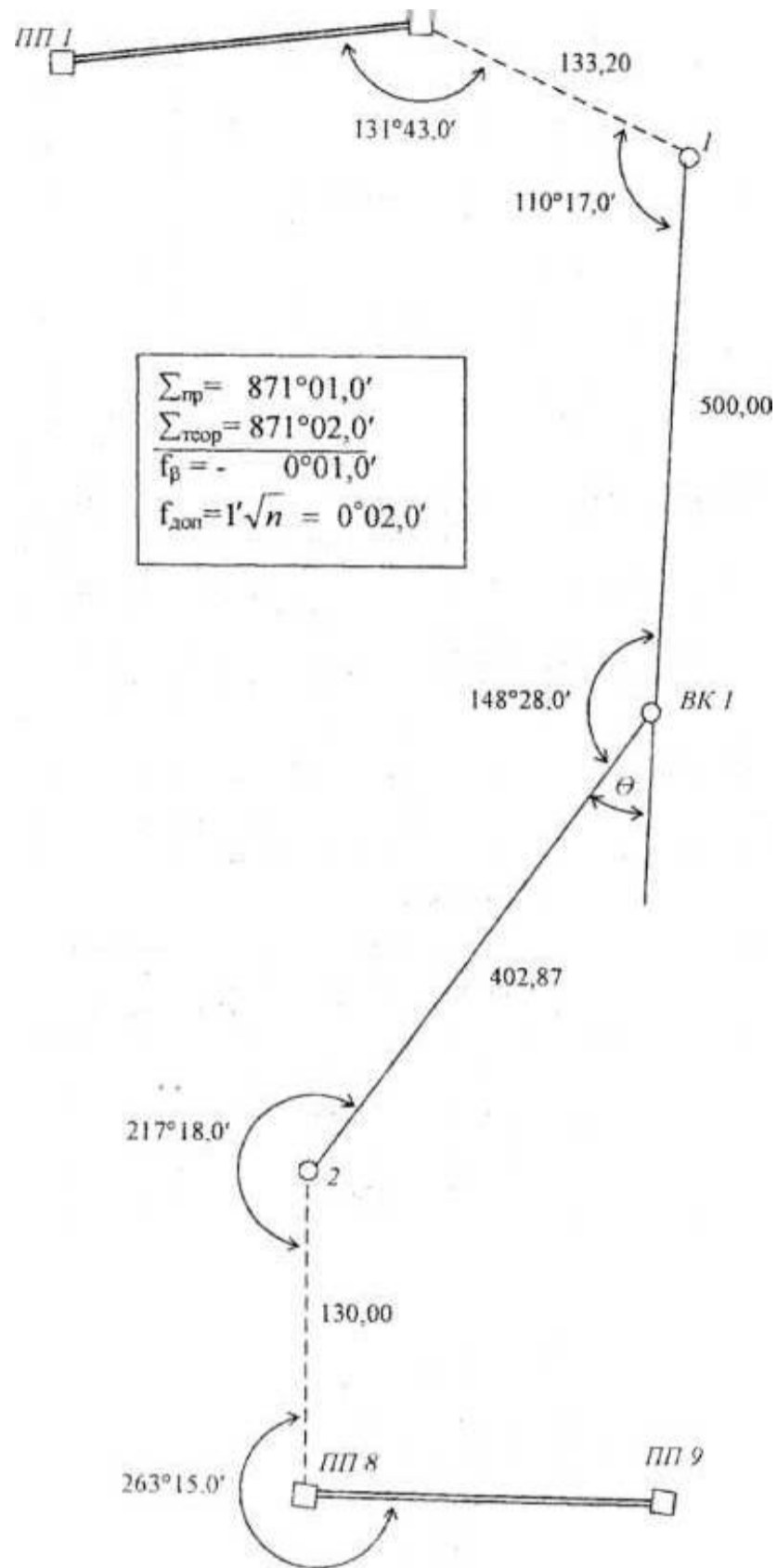
Дата... 10.07.2009р.
Почато 07 год00 хв.
Спостерігач Петренко О.

Закінчено 14 год. 20 хв.

Продовження дод. А.
Погода сонячно, слабкий вітер
Записав і обчислив Іванов В.

Точка стояння	Точка наведення	Відліки мікроскопа	Величина кута	Середній кут β	Довжина лінії D, м	Кут нахилу лінії v	Горизонтальна проекція лінії $d = D \cos v$
ПП2		КП	131°43,0'	131°43,0'			
	ПП1	210°48,5'					
	1(ПК0)	79°05,5'					
		КЛ	131°43,0'		ПП2-1		
	ПП1	214°52,0'			133,25	-1°57'	
	1(ПК0)	83°09,0'			133,29	+1°53'	
			133,27	1°55'	133,20		
1		КП	110°17,0'	110°17,0			
	ПП2	354°35,0'			1-БК1		
	БК1	244°18,0'			500,12	-0°35'	
		КЛ	499,92		+0°33'		
	ПП2	280°17,0'	500,02		+0°34'	500,00	
	БК1	170°00,0'					
БК1		КП	148°28,0'	148°28,0'			
	1	151°32,0'			БК1-2		
	2	3°04,0'			402,95	-0°02'	
		КЛ	401,79		+0°06'		
	1	170°15,0'	402,87		0°0,4'	402,87	
	2	21°47,0'					
2		КП	217°18,0'	217°18,0'			
	БК1	135°58,0'			2-ПП8		
	ПП8	278°40,0'			130,14	+2°27'	
		КЛ	130,10		-2°23'		
	БК1	139°00,0'	130,12		2°25'	130,00	
	ПП8	281°42,0'					
ПП8		КП	263°15,0	263°15,0			
	2	285°52,0'					
	ПП9	22°37,0'					
		КЛ	263°15,0				
	2	105°52,0					
ПП9	202°37,0						

СХЕМА
теодолітного ходу від ПП2 до ПП8



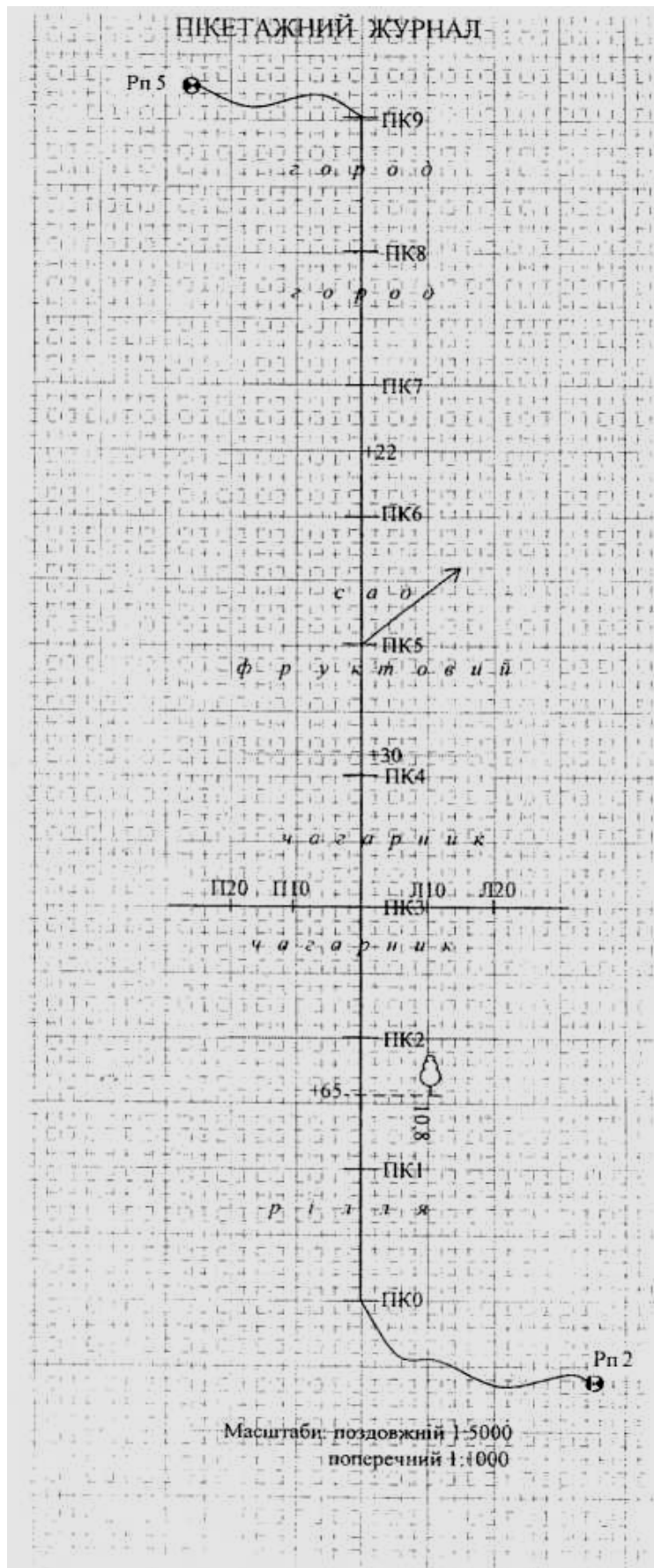
Відомість обчислення координат
розімкненого теодолітного ходу від ПП2 до ПП8

Номер вершини	Кути		Дирекційні кути	Довжина ліній (горизонтальна проекція)	Прирости координат				Координати	
	виміряні (праві)	виправлені			обчислені		виправлені		X	Y
					Δx	Δy	Δx	Δy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12
ПП1			80°53,0'							
ПП2	131°43,0'	131°43,0'			+4	+3			+2000,00	+800,00
			129°10,0'	133,20	-84,13	+103,27	-84,09	+103,30		
1	110°17,0'	110°17,0'			+14	+10			+1915,91	+903,30
			198°53,0'	500,00	-473,09	-161,82	-472,95	-161,72		
ВК1	148°28,0'	148°28,0'			+11	+8			+1442,96	+741,58
			230°25,0'	402,87	-256,71	-310,49	-256,60	-310,41		
2	217°18,0'	217°18,0'			+3	+3			+1186,36	+431,17
	+1.0'		193°07,0'	130,00	-126,61	-29,50	-126,58	-29,47		
ПП8	263°15,0'	263°16,0'							+1059,78	+401,70
			109°51,0'							
ПП9										
<i>Оцінка точності ходу</i>										
$\sum \beta_{np} = 871^\circ 01,0'$				$P = 1164,62$	$\sum \Delta x_{np} = -940,54$	$\sum \Delta y_{np} = -398,54$	$\sum \Delta x = -940,22$	$\sum \Delta y = -398,30$		
$\sum \beta_r = 871^\circ 02,0'$					$\sum \Delta x_r = -940,22$	$\sum \Delta y_r = -398,30$				
$f_\beta = -0^\circ 01,0'$					$f_x = -0,32$	$f_y = 0,24$				
$\partial \text{on} f_\beta = 2,2'$										

$$f_{abc} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,40$$

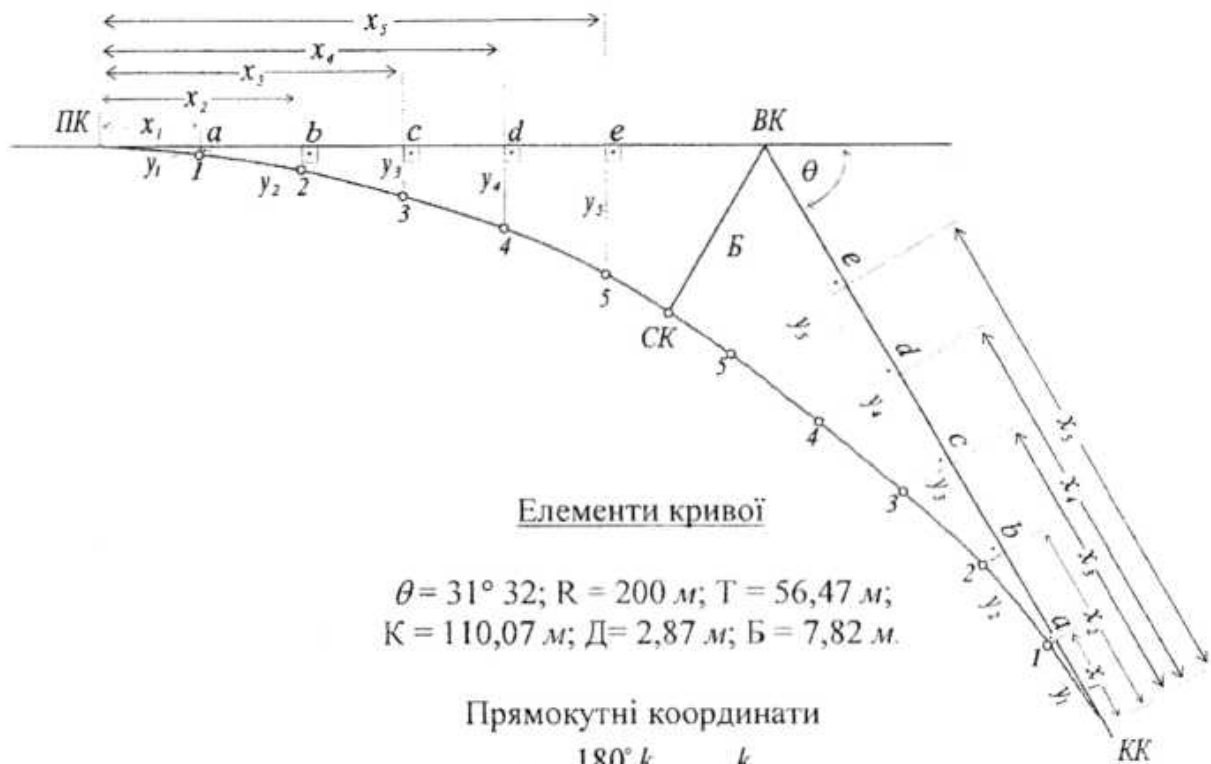
$$f_{відн} = \frac{f_{abc}}{P} = \frac{0,40}{1164} = \frac{1}{2900}$$

$$\partial \text{on} f_{відн} = \frac{1}{2000}$$



Детальне розмічування колової кривої способом прямокутних координат

Вихідні дані: кут повороту траси $\Theta = 31\ 32$ радіус кривої $K = 200$ м;



Елементи кривої

$\theta = 31^\circ 32$; $R = 200$ м; $T = 56,47$ м;
 $K = 110,07$ м; $D = 2,87$ м; $B = 7,82$ м.

Прямокутні координати

$$\beta = \frac{180^\circ k}{\pi R} = \rho^\circ \frac{k}{R};$$

$$x = R \sin \beta; \quad y = R(1 - \cos \beta).$$

№ з/п	k	x	y
1	10	10,00	0,25
2	20	19,97	1,00
3	30	29,89	2,25
4	40	39,73	3,99
5	50	49,48	6,22

Контроль:

середина кривої $K/2=55,035$

Для цих даних за формулами (9, 10) обчислимо

$$\beta = \frac{180^\circ \cdot 55,035}{3,1416 \cdot 200} = 15,766^\circ$$

$$; x = 200 \sin 15,766 = 54,34 \text{ м};$$

$$y = 200(1 - \cos 15,766) = 7,52 \text{ м}.$$

Відклавши отримані значення x і y , маємо отримати середину кривої.

Миколаївський національний аграрний університет

Кафедра землеробства, геодезії та землеустрою

ЖУРНАЛ

нівелювання траси дороги в районі м.Миколаїв

Миколаїв 2017

Продовження дод. Ж

Дата ...07.07.2009р
Почато 10 год. 00хв.

.....Погода сонячно, слабкий вітер
Закінчено II год. 00хв.

Номери		Відліки рейки			Перевищення			Горизонт приладу	Висоти
станції	пікету	задньої	перед ньої	промі жної	обчисле ні	середні	ув'язані		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ю
1	Рп 2	1752(1)							173,671
	140 м	6438(4)			+0528(7)	+2			174,202
	ПК-0	4686(5)	1224(2)		+0530(7)	+0529(8)	+0531(9)		
			5908(3)						
			4684(5)						
2	ПК-0	1792			+0976	+1,5			174,202
	ПК-1	6480	0816		+0977	+0976,5	+0978		175,180
		4688	5503						
			4687						
3	ПК-1	1938			+1725	+1,5			175,180
	ПК-2	6625	0213		+1726	+1725,5	+1727		176,907
		4687	4899						
			4686						
4	ПК-2	2062			+1300	+2			176,907
	+70	6747	0762		+1298	+1299	+1301		178,208
		4685	5449						
			4687						
5	+70	0242						178,450	178,208
		4929							177,622
	ПК-3	4687	2981	0828	-2739	+1,5			176,875
	л-10		7667	1575	-2738	-2738,5	-2737		176,204
	л-20		4686	2246					177,903
	п-10			0547					177,964
п-20			0486					175,471	
ПК-4									
6	ПК-4	1983						177,454	175,471
	+30	6670	0456	1896		+1,5 +			175,558
		4687	5140		+1527	1528,5	+1530		177,001
			4684		+1530				
7	X ₁	2166							177,001
	ПК-5	6854	0564		+1602	+2			178,606
		4688	5250		+1604	+1603	+1605		
			4686						
Посторін- ковий		56678	46832			+4923(14)	+4935		
		-46832	(11)			×2	(16)		
контроль		+9846			+9846	+9846(15)			
		(12)			(13)				

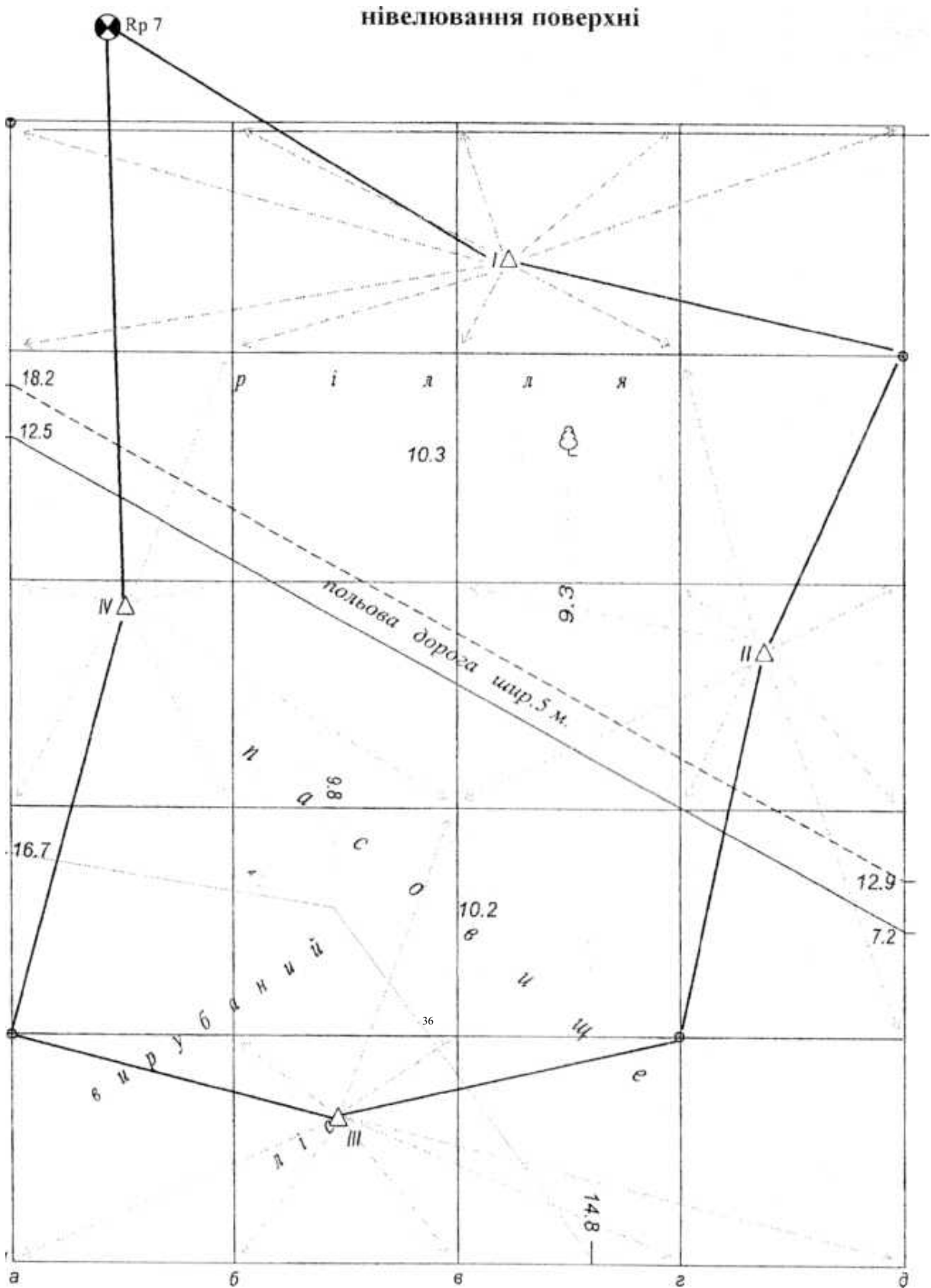
Дата 07.07.2007 р. Погода сонячно, слабкий вітер

Почато 11 год. 10 хв.

Закінчено 12 год. 50хв.

Номери		Відліки рейки			Перевищення			Горизонт приладу	Висоти
станції	пікету	задньої	передньої	проміжною	обчислені	середні	ув'язані		
8	ПК-5	2115 <u>6802</u> 4687	0613 <u>5301</u> 4688		+1502 + 1501	+1.5 +1501,5	+1503	178,606	
	+60							180,109	
9	+60	1682 <u>6367</u> 4685	1287 <u>5973</u> 4686	1628	+0395 +0394	+2,5 +0394,5	+0397	181,791	
	ПК-6 +22							180,163 180,506	
10	+22	0361 <u>5050</u> 4689	2796 <u>7482</u> 4686		-2435 -2432	-2,5 -2433,5	-2431	180,506	
	x ₂							178,075	
11	x ₂	0406 <u>5092</u> 4686	2493 <u>7181</u> 4688		-2087 -2089	-2 -2088	-2086	178,075	
	ПК-7							175,989	
12	ПК-7	2160 <u>6846</u> 4686	0154 <u>4841</u> 4687		+2006 +2005	+ 1,5 +2005,5	+2007	175,989	
	ПК-8							177,996	
13	ПК-8	1976 <u>6663</u> 4687	0751 <u>5438</u> 4687		+1225 + 1225	+2 + 1225	+1227	177,996	
	ПК-9							179,223	
14	ПК-9	1524 <u>6210</u> 4686	2548 <u>7234</u> 4686		-1024 -1024	-2 -1024	-1022	179,223	
	150 м Рп 5							178,201	

СХЕМА-ЗАРИС



Миколаївський національний аграрний університет
Кафедра землеробства, геодезії та землеустрою

Ж У Р Н А Л

**нівелювання поверхні для будівництва в районі м.
Миколаєва**

Миколаїв 2017

Продовження дод. И

Дата ... 17.07.2015р Погода сонячно, слабкий вітер

Почато 09 год. 10хв.

Закінчено 12 год. 50хв.

Спостерігач Петренко О. Записав і обчислив Іванов В.

Номери		Відліки рейки			Перевищення			Горизонт приладу	Висоти
станції	пікету	задні	передні	промі- жні	обчис- лені	середні	ув'яза- ні		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Rp 7	0575 <u>5361</u>							281,373
	6а	4786		0570					281,378
	5а			1106				281,948	280,842
	6б			1304				281,952	280,644
	6в			1828	-2236	+3			280,120
	5в			1755	-2234	-2235	-2232		280,193
I	5г			2345					279,603
	6г			2024					279,924
	6д			2909					279,039
	5б		2811	1330					280,618
	5д		<u>7595</u> 4784						279,141
	5д	1277 <u>6060</u>							279,141
	4д	4783		1657					278,761
	4г			1055					279,363
	4в			0506					279,912
	3г			1478	-0563	+2,5		280,418	278,940
II	3д			2106	-0566	-0564,5	-0562	280,419	278,312
	2д			2458					277,962
	3в			0871					279,547
	5з			0810					279,608
	2г		1840 <u>6626</u> 4785						278,579
	2г	1551 <u>6337</u>							278,579
	Ід	4786		2547					277,583
	Іг			2220					277,910
	Ів			1717					278,413

III	2в			1199	0759	+3	+0761	280,130	278,931
	26			0870	0757	+0758		280,132	279,260
	16			1539					278,591
	1а			1427					278,703
	3в			0587					279,543
....	2а		0792 5580 4788						279,340
Посторінковий контроль	21161 25244 -4083	25244				-2041,5 x 2 -4083	-2033		

Дата 17.07.2007р Погода сонячно, слабкий вітер
Почато 12 год 55 хв. Закінчено 13 год. 50 хв.
Спостерігач Петренко О. Записав і обчислив Сидорук В.

Номери		Відліки рейки			Перевищення			Горизонт приладу	Висоти
станції	пікету	задні	передні	проміжні	обчислені	середні	ув'язані		
1	2	3	4	5	6	7	3	9	10
	2а	2541 7325							279,340
	3а	4784		2200					279,681
	36			2121					279,760
	3в			2338					279,543
IV	46			1500	2030	+3,5	+2033	281,881	280,381
	4а			1669	2029	+2029,5		281,884	280,212
	56			1267					280,614
	6а		0511 5296 4784	0507					281,374
	Rp 5								281,373
Посторінковий контроль	9866 5807 4059	5807			4059	+2029,5 x 2 +4059	+2033		
Пожурнальний контроль	31027 31051 -24	31051			-24	-12 x 2 -24			

$$\sum h_{np} = -0012$$

$$\sum h_r = 0000$$

$$f_n = -12 \text{ мм};$$

$$\text{доп } f_n = 10 \text{ мм} \sqrt{n} = 10 \text{ мм} \sqrt{4} = \pm 20 \text{ мм}.$$

Примітка: для контролю обчислюють два значення горизонту приладу, але для обчислень користуються звичайним значенням, обчисленим на задню рейку.

Навчальне видання

ГЕОДЕЗІЯ

Методичні рекомендації

Укладач

Задорожній Юрій Володимирович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,0.

Тираж 50 прим. Зам. № _____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від
20.02.2013р.

