



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра вишукувань та проектування шляхів
сполучення, геодезії та землеустрою**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**для виконання контрольних завдань
з дисципліни**

«ТОПОГРАФІЯ»

Харків 2020

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні секції кафедри вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою 10 лютого 2020 р., протокол № 15.

Методичні вказівки складено відповідно до програми курсу з дисципліни «Топографія». Вони містять загальні методичні вказівки, вказівки до вивчення тем курсу з запитаннями і задачами для самостійної роботи студентів, завдання на контрольну роботу та пояснення до її виконання. У контрольні завдання включені запитання, на які студент повинен надати відповіді. Запитання пов'язані з задачами будівельного виробництва.

Методичні вказівки рекомендуються для студентів 1 курсу заочної форми навчання освітнього рівня «бакалавр» освітніх програм «Геодезія, землеустрій та кадастр» та «Геоінформаційні системи у землеустрої» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво», спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

Укладачі:

доценти О. М. Ужвієва,
О. М. Тимченко,
Н. І. Сорочук

Рецензент

доц. Є. Ф. Орел

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Загальні методичні вказівки	7
Розділ 1. Основні відомості про геодезію	9
1.1 Вступ.....	9
1.2 Відомості про фігуру Землі. Системи координат, які використовують у геодезії. Орієнтування ліній.....	9
1.3 Топографічні плани і карти.....	11
1.4 Елементи теорії похибок вимірювань	13
Розділ 2. Геодезичні вимірювання	15
2.1 Кутові вимірювання.....	15
2.2 Лінійні вимірювання.....	16
2.3 Вимірювання перевищень (нівелювання)	16
2.4 Геодезичні мережі.....	19
2.5 Топографічні зйомки	21
Вказівки до виконання контрольної роботи	
Складання топографічного плану ділянки місцевості.....	23
Завдання 1. Відповіді по темах розділів 1 і 2	24
Завдання 2. Складання топографічного плану ділянки місцевості.....	24
1 Зміст завдання	24
2 Визначення вихідних даних	24
3 Обробка відомості обчислення координат вершин теодолітного ходу.....	30
4 Обробка журналу тригонометричного нівелювання і визначення позначок станцій.....	37
5 Обробка журналу тахеометричної зйомки	44
6 Побудова топографічного плану.....	48
Завдання 3. Розв'язання задач на топографічному плані	60
Список літератури.....	61

ВСТУП

Цілі та задачі дисципліни. Інженерно-геодезичні роботи широко застосовують при вишукуваннях, проектуванні та будівництві будов та споруд, складанні карт і планів. Сучасне планування й забудова міських і сільських населених пунктів, проектування і будівництво промислових споруд і житлових будівель, агропромислових комплексів, прискорений розвиток автомобільного та інших видів транспорту потребують виконання цілого комплексу геодезичних робіт.

Знання та вміння, набуті студентами в результаті вивчення інженерної геодезії, визначаються відповідно до кваліфікаційних характеристик інженера-будівельника та вимог будівельного виробництва таким чином.

Спеціаліст повинен знати: склад і технологію геодезичних робіт, що забезпечують вишукування, проектування і будівництво споруд, основи виконання геодезичних розбивочних робіт, геодезичного контролю монтажу конструкцій у процесі будівництва й експлуатації споруди.

Спеціаліст повинен уміти: ставити перед відповідними геодезичними службами конкретні задачі, пов'язані зі спорудженням будівельного об'єкта на кожному його етапі; курирувати і спрямовувати ці роботи; кваліфіковано використовувати топографо-геодезичні матеріали для вирішення різних проектно-вишукувальних задач; працювати з основними геодезичними приладами, які використовують на будівництві; самостійно виконувати нескладні геодезичні вимірювання і топографічні зйомки невеликих ділянок, відведених під будівництво; виконувати геодезичні розбивочні роботи і виконавчі зйомки на будівельному майданчику, нівелірні роботи по трасах споруд лінійного типу; здійснювати геодезичний контроль геометричної точності будівельно-монтажних робіт.

Зв'язок інженерної геодезії з іншими дисциплінами навчального плану. Інженерна геодезія спирається на математику і фізику, тісно пов'язана з обчислювальною технікою. Сучасні геодезичні засоби вимірювань створені на основі найновіших досягнень фізики, точної механіки, радіоелектроніки. У практику інженерно-геодезичних робіт

впроваджуються світлодалекоміри і радіодалекоміри, лазерні прилади, нові типи теодолітів і нівелірів. Багато уваги приділяється питанням автоматизації польових і камеральних топографо-геодезичних робіт на основі використання ЕОМ. У практику вишукувальних робіт для будівництва все ширше впроваджують аерокосмічні і фотогеодезичні методи. Інформація про місцевість, що одержана геодезичними та аерокосмічними методами, широко використовується для створення цифрових моделей місцевості, у системах автоматичного проектування.

Відповідно до принципів безперервної математичної підготовки студентів при вивченні інженерної геодезії, з одного боку, використовуються знання, які одержали студенти при вивченні вищої математики, з другого – забезпечується практичне використання і закріплення цих знань при виконанні інженерних розрахунків, пов'язаних з вирішуванням інженерно-геодезичних задач.

У ході вивчення інженерної геодезії за можливості розкриваються зв'язки цієї дисципліни з іншими спеціальними дисциплінами навчального плану, шляхи використання знань інженерної геодезії при розробці курсових робіт і дипломних проектів.

Структура і порядок вивчення дисципліни. Частина 1 дисципліни «Інженерна геодезія» умовно поділена на два розділи.

Розділ 1. Основною метою навчальних питань, що містяться в розділі 1, є розкриття значення інженерної геодезії для вишукувань, проектування, будівництва й експлуатації автомобільних доріг та інших об'єктів і місце дисципліни в системі підготовки інженерів-будівельників узагалі.

Надаються теми, що розкривають загальні принципові основи і методи інженерної геодезії; відомості про фігуру Землі і системи координат; орієнтування ліній; топографічні плани і карти; методи обробки геодезичних вимірювань і оцінювання точності.

Розділ 2. Цей розділ містить теми, які стосуються геодезичних вимірювань (кутових, лінійних, нівелювання), геодезичних мереж, топографічних зйомок. Навчальний матеріал цього розділу являє собою необхідний комплекс знань, визначень

і понять, на основі яких вивчаються теми наступних розділів програми.

Студенти-заочники опановують інженерну геодезію за допомогою прослуховування лекцій і виконання лабораторних робіт у період лабораторно-екзаменаційних сесій, самостійного вивчення навчальної літератури, виконання контрольних робіт за індивідуальним завданням і вказівками, що супроводжують рецензії на ці роботи, а також усних і письмових консультацій.

У лекціях з інженерної геодезії для студентів-заочників висвітлюються вузлові питання теорії, принципи і схеми виведення основних формул, їх значення і практичне використання, пояснюється найбільш важкий для засвоєння навчальний матеріал, викладаються питання програми, які належно не відображено в навчальній літературі, надаються методичні вказівки до самостійного вивчення навчальної літератури, що сприяє цілісному сприйняттю і глибокому розумінню навчального матеріалу і своєчасному виконанню контрольних робіт.

Студенти-заочники обов'язково повинні виконати такі лабораторні роботи: вивчення основних геодезичних приладів і робота з ними; вирішення задач на топографічних планах (картах), включно з вимірюванням площин; вирішування задач з обробки результатів і оцінювання точності геодезичних вимірювань і призначення допусків. Лабораторні роботи виконуються відповідно до індивідуальних завдань; результати виконання робіт оформлюються в окремому зошиті і подаються після закінчення робіт, на заліку або іспиті.

У процесі вивчення 1-ої частини курсу студенти-заочники виконують одну контрольну роботу, яку з короткою пояснювальною запискою подають на рецензування у визначені навчальним закладом терміни.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Успішному засвоєнню навчального матеріалу з інженерної геодезії сприяє відвідування лекцій під час лабораторно-екзаменаційних сесій. Це обумовлено тим, що підручники та навчальні посібники з дисципліни призначені для очної форми навчання і не враховують особливості навчання без відриву від виробництва. Тому методичні рекомендації викладача-лектора з вивчення теоретичного курсу набувають першорядного значення.

Важливий елемент заочного навчання – це систематична робота студента у міжсесійний період. Студенти-заочники, керуючись програмою курсу, методичними рекомендаціями викладача і цими методичними вказівками, самостійно вивчають основну літературу. Для більш поглибленого і докладного вивчення окремих питань рекомендується додаткова література. При самостійному вивченні навчального матеріалу за рекомендованою літературою потрібно керуватись методичними вказівками з вивчення окремих тем.

Найкраще засвоєння матеріалу досягається, якщо той чи інший розділ читається двічі: спочатку для загального ознайомлення, потім для поглибленого вивчення. Особливу увагу потрібно звернути на розуміння змісту застосованих у книжках термінів, їх правильне використання, бо це забезпечує успішне засвоєння навчального матеріалу.

У навчальній літературі з дисципліни «Інженерна геодезія» міститься багато формул, ілюстрацій, цифрових даних. Потрібно звертати увагу на послідовність виведення формул та усвідомлювати галузь використання тієї чи іншої формули.

Вивчення літератури супроводжується обов'язковим складанням конспекту. Конспектування допомагає зосередити увагу і краще зрозуміти прочитане, виявити головне. Конспект дає змогу швидко відновити у пам'яті прочитане. Краща форма конспектування – тезисна, коли в конспекті формулюють закінчені висновки (положення), що описують основні закономірності, подають поняття, визначення в їх логічній послідовності з чітким поділом на теми і питання.

Ведення конспекту в тезисній формі передбачає творчу переробку тексту, який вивчають, викладення основного змісту

своїми словами. Складений конспект використовується для другого читання матеріалу, який вивчають, при підготовці до іспиту.

Основний звітний документ, що визначає якість самостійного навчального матеріалу – контрольна робота. Контрольну роботу виконують згідно з індивідуальними завданнями і вказівками, які надано у цих методичних вказівках. При виконанні контрольної роботи потрібно не тільки надати вичерпне рішення задач, передбачених завданням, але й скласти коротку пояснювальну записку з аналізом одержаних результатів, відповівши на ті контрольні запитання, які передбачені індивідуальним завданням.

При складенні відповідей на запитання, передбачені контрольним завданням, необхідно показати, що навчальний матеріал є відпрацьований та засвоєний. Відповіді повинні бути достатньо вичерпні й обґрунтовані, а за необхідності доповнені кресленням і рисунками; рішення задач необхідно супроводжувати коротким пояснювальним текстом, у якому вказують, яка величина визначається і за якою формулою, які числові значення підставлені у формулу та звідки вони беруться. Потрібно показати хід рішення задачі, навести одиниці фізичних величин, надати короткий аналіз одержаних результатів і зробити висновки.

Оформлювати контрольну роботу потрібно чітко, залишаючи поля для зауважень викладача. Після рецензування контрольних робіт студенту-заочнику надається відгук про їх якість. Зауваження рецензента студент повинен продумати, а якщо потрібна доробка, ретельно її виконати, включно з вивченням додаткової літератури.

Додержання рекомендацій, правил і методичних вказівок виключає появу помилок та забезпечує одержання міцних знань, що в остаточному підсумку зберігає час і зменшує втрати праці на виконання робіт.

Для повторного рецензування разом з роботою обов'язково треба надіслати рецензію на неї.

РОЗДІЛ 1. Основні відомості про геодезію

1.1 Вступ

Предмет, задачі і зміст інженерної геодезії як навчальної дисципліни, порядок її вивчення при навчанні без відриву від виробництва. Зв'язок інженерної геодезії з іншими дисциплінами навчального плану. Задачі і значення інженерної геодезії у вишукуванні, проектуванні, будівництві й експлуатації автомобільних доріг та інших об'єктів. Значення геодезичної підготовки для інженера-будівельника в сучасних умовах.

Короткий нарис розвитку інженерної геодезії. Сучасні організаційні форми геодезичної служби в будівництві.

Л і т е р а т у р а [1, § 1, 2; 4, § 1–3].

Вказівки до вивчення теми

Вихідні відомості про предмет і задачі інженерної геодезії як навчальної дисципліни, структуру і порядок її вивчення, відомості про основні нормативні документи, у яких визначаються склад і задачі інженерно-геодезичних робіт у будівництві, надаються у вступній лекції і частково наведені в цих методичних вказівках.

Потрібно одержати уявлення про сучасні форми організації геодезичної служби в будівництві, розмежування обов'язків між робітниками геодезичної служби і лінійного персоналу будівництва.

1.2 Відомості про фігуру Землі. Системи координат, які використовують у геодезії. Орієнтування ліній

Основні поняття і відомості про форму і розміри Землі. Фізична і рівнева поверхня. Поверхня земного еліпсоїда. Прийнята система відліку висот. Вплив кривизни Землі при визначенні горизонтальних відстаней і висот.

Система географічних координат. Зональна система плоских прямокутних координат. Місцева система прямокутних

координат. Поняття про рівнокутну проекцію Гауса. Полярні координати.

Географічний азимут і дирекційний кут, зв'язок між ними. Зближення меридіанів. Магнітний азимут. Магнітне схилення. Зв'язок між географічним (дійсним) азимутом, дирекційним кутом і магнітним азимутом. Румби і перехід до них від азимутів та дирекційного кута.

Л і т е р а т у р а [1, § 3–7, 17–19; 4, § 4–10, 40–43].

Вказівки до вивчення теми

Потрібно чітко розуміти терміни, які використовують в інженерній геодезії. З'ясувати, який вплив має кривизна Землі на результати вимірювань. Особливої уваги потребує вивчення галузі використання того чи іншого кута орієнтування, формул зв'язку між різними кутами. Бажано усвідомити, що в загальному випадку кут орієнтування – це кут, що відраховується за визначеним правилом між напрямом, прийнятим за початковий і напрямом на дану точку.

Успішне виконання контрольної роботи потребує глибокого засвоєння цих питань.

Запитання і задачі до самостійної роботи

1 Як впливає кривизна Землі на горизонтальні відстані? Надати схему та пояснення до неї.

Якщо знехтувати кривизною Землі, при якій відстані d , км, між двома точками на її поверхні похибка визначення цієї довжини Δd буде дорівнювати $10 \cdot N$ см? (N тут і надалі – остання цифра шифру студента).

2 Як впливає кривизна Землі на вертикальні відстані? Надати схему та пояснення до неї.

Якщо знехтувати кривизною Землі, при якій відстані d , км, між двома точками на її поверхні похибка визначення висоти між ними Δh буде дорівнювати $10 \cdot N$ см?

3 Географічна система координат. Надати схему та пояснення до неї. Показати на схемі: точку A з координатами

$\varphi = 45^\circ$ північної широти, $\lambda = 45^\circ$ західної довготи; точку B з координатами $\alpha = 45^\circ$ південної широти, $\lambda = 45^\circ$ східної довготи.

4 Прямокутна зональна система координат. Надати схему та пояснення до неї.

Показати на схемі: точку A з координатами $X = -300$ км; $U_{\text{дійсне}} = -300$ км; точку B з координатами $X = 300$ км; $U_{\text{умовне}} = 200$ км.

5 Азимут географічний та дирекційний кут. Надати визначення і схеми зв'язку між цими кутами орієнтування та пояснення.

Підрахувати азимут географічний A_G , якщо дирекційний кут $\alpha = 162^\circ 45^I + N^\circ$, широта $\varphi = 54^\circ 30^I + N^\circ$ та ордината $U = -234$ км.

6 Азимути географічний та магнітний. Надати визначення і схеми зв'язку між цими кутами орієнтування та пояснення.

Підрахувати азимут географічний A_G , якщо азимут магнітний $A_M = 73^\circ 15^I + N^\circ$, магнітне схилення на 1998 рік $\delta_{1998} = 6^\circ 38^I$, східне, а річна зміна магнітного схилення $\Delta\delta = 5^I$, західна.

7 Азимут магнітний і дирекційний кут. Надати визначення і схеми зв'язку між цими кутами орієнтування та пояснення.

Підрахувати азимут магнітний A_M , якщо: дирекційний кут $\alpha = 263^\circ 15^I + N^\circ$; широта $\varphi = 62^\circ 33^I + N^\circ$; ордината $U = -163$ км; магнітне схилення на 2000 рік $\delta_{2000} = 5^\circ 08^I$, західне; річна зміна магнітного схилення $\Delta\delta = 2^I 40^{II}$, східна.

8 Румби і дирекційні кути. Надати визначені схеми зв'язку між ними та формули зв'язку для кожної чверті.

9 Румби й азимути географічні. Надати визначені схеми зв'язку між ними та формули зв'язку для кожної чверті.

10 Румби й азимути магнітні. Надати визначені схеми зв'язку між ними та формули зв'язку для кожної чверті.

1.3 Топографічні плани і карти

Поняття про карти і плани. Масштаби: числовий, лінійний і поперечний. Точність масштабу. Рельєф земної поверхні і його зображення на топографічних картах і планах. Висота перерізу рельєфу, закладення й ухил. Графіки закладень. Умовні знаки для зображення предметів і контурів місцевості. Задачі, що

вирішуються на картах і планах при проектуванні споруд: визначення координат точок, довжини ліній, кутів орієнтування, площин ділянок, позначок точок і крутості схилу; побудова профілю лінії місцевості, лінії заданого ухилу і контуру водозбірної площі.

Л і т е р а т у р а: [1, § 15–28; 2, § 4–9; 4, § 11–19, 40–43].

Вказівки до вивчення теми

Особливу увагу потрібно звернути на виявлення принципової різниці між картою і планом, з'ясування поняття «точність масштабу», різниці між масштабними і позамасштабними умовними знаками, розуміння суті способу зображення рельєфу горизонталями; а також на типи задач, що вирішують на топографічному плані і карті, методику їх вирішення. Для набуття навичок вирішення задач на топографічній карті передбачена лабораторна робота. Повне і свідоме виконання індивідуального завдання на лабораторну роботу – необхідна умова грамотного використання топографічних планів і карт як топооснови при проектуванні інженерних споруд і вирішувани багатьох спеціальних задач.

При наявності індивідуального завдання і методичних вказівок до його виконання студент може виконати роботу самостійно. Особливу увагу треба звернути на вирішення задач на топографічній карті, плані з горизонталями, зокрема, на визначення ухилів, ураховуючи, що величина ухилу може бути виражена в тисячних, відсотках і проміле, наприклад $i = 0,042 = 4,2 \% = 42 \text{ ‰}$.

Запитання і задачі до самостійної роботи

1 Що таке топографічний план і топографічна карта? Побудувати в масштабі 1:2000 трикутник із сторонами 123,77; 143,16 і 73,52 м. Провести горизонталі, якщо $h_0=0,5$ м і позначки кутів трикутника 62,7; 64,2; 59,8 м.

2 Що таке масштаб карти (плану) і як він подається? Що таке гранична точність масштабу? Знайти граничну точність масштабів 1:10000 та 1:1000.

3 Побудувати лінійний масштаб, якщо числовий масштаб становить 1:200. Побудувати поперечний масштаб, якщо числовий масштаб становить 1:500, основа його дорівнює 2 см, кількість поділок на основі 10 і по висоті 10. Показати на ньому лінію довжиною $L = (25 + N) \text{ м} + (11 + N) \text{ см}$.

4 У чому полягає різниця між масштабними і позамасштабними умовними знаками? Накреслити умовні знаки будівель житлових вогнестійких, доріг у виїмках, мостів малих металевих, лісів саджених високостовбурних та садів фруктових для планів масштабу 1:1000 та 1:5000.

5 Що таке висота перерізу рельєфу і закладення? Визначити позначку точки на плані між горизонталями 45 і 50 м, якщо відстань від точки до першої горизонталі дорівнює $(3 + 3 \cdot N) \text{ мм}$, а до другої $(12 + N) \text{ мм}$.

6 Що таке «ухил», за якою формулою він визначається та в якому вигляді подається? Підрахувати ухил лінії, проекція якої на плані масштабу 1:500 дорівнює $d = (100 + 20 \cdot N) \text{ мм}$, а перевищення $h = (2 + N) \text{ м}$.

7 Як побудувати графік закладень для ухилів і як провести на плані або карті лінію заданого ухилу? Підрахувати величину закладання, яка відповідає ухилу $i = (10 + N) \text{ ‰}$, якщо масштаб плану 1:2000, а висота перерізу рельєфу 1 м.

8 Як побудувати профіль місцевості по лінії на карті або плані?

9 Що таке «водозбірна площа» і як на топографічній карті або плані визначають її межі? Які способи використовують для визначення розміру цих площин, яка їх точність?

10 Як виміряти на карті дирекційний кут лінії та перейти від нього до всіх інших кутів орієнтування?

1.4 Елементи теорії похибок вимірювань

Методи вимірювань. Класифікація похибок і методи послаблення їх впливу. Поняття про точність вимірювань. Оцінювання точності результатів безпосередніх вимірювань. Обробка результатів багаторазових рівноточних вимірювань однієї величини. Похибки функцій виміряних величин. Поняття про подвійні вимірювання. Поняття про обробку результатів

нерівноточних вимірювань. Допуски. Основні правила та засоби обчислень.

Л і т е р а т у р а [1, § 11; 2, § 12–15; 4, § 24–34].

Вказівки до вивчення теми

Виробнича діяльність інженерів будівельних спеціальностей, включно з вишукуванням, проектуванням і будівництвом різних інженерних споруд, а також проведенням робіт з геодезичного контролю будівництва, пов'язана з різними вимірюваннями, визначенням кількісного значення вимірюваної величини. Інженери-будівельники оцінюють точність вимірювань. Їм доводиться мати справу з оцінюванням точності геодезичних робіт на різних стадіях будівництва: при побудові знімального обґрунтування і розбивочної основи, виконанні топографічних зйомок, винесенні проекту в натуру, оцінюванні відповідності конструктивних елементів проектному положенню в ході будівництва й експлуатації об'єктів, проведенні виконавчих зйомок. У будівництві використовують схему допусків, що регламентують геометричну точність. Норми точності геодезичних робіт, призначені нормативними документами, подаються у формі абсолютних і відносних середніх квадратичних та граничних похибок, допустимих при виконанні розбивочних робіт.

При вивченні теми потрібно звернути увагу на такі запитання: оцінювання точності результатів вимірювань; знаходження з низки здійснених вимірювань найбільш надійного значення вимірюваної величини й оцінювання його точності; підрахунки очікуваних похибок результатів вимірювань; обґрунтування рекомендацій з методики геодезичних вимірювань і використання засобів вимірювань, що забезпечують необхідну точність відповідно до нормативних документів. Необхідних навичок розв'язування задач студенти набувають у ході виконання лабораторної роботи. При наявності індивідуальних завдань до лабораторної роботи вони можуть виконати роботу самостійно.

Запитання і задачі до самостійної роботи

1 У чому полягає головна різниця між випадковими і систематичними похибками вимірювань?

2 Які властивості мають випадкові похибки?

3 Чому середнє арифметичне з результатів рівноточних вимірювань є найімовірнішим значенням вимірюваної величини?

4 Як підраховують дійсні і найімовірніші похибки? Яку якість має сума найімовірніших похибок і як ця якість використовується при обробці результатів геодезичних вимірювань?

5 Точність вимірювання яких величин оцінюють абсолютною і відносною похибками? Як подають відносну похибку в геодезії?

6 Що таке гранична похибка і як її визначають залежно від довірчої імовірності?

7 Як обробляють результати багаторазових рівноточних вимірювань?

8 Як обробляють подвійні вимірювання?

9 Як визначають середню квадратичну похибку функції виміряних величин? Відповідь скласти на прикладі функції загального вигляду.

10 Як обробляють результати нерівноточних вимірювань?

РОЗДІЛ 2. Геодезичні вимірювання

2.1 Кутові вимірювання

Принципи вимірювання горизонтального кута і кута нахилу. Прилади для вимірювання кутів. Будова, перевірки і юстирування теодолітів. Способи вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів. Похибки вимірювань, які впливають на точність вимірювання кутів та методи послаблення їх впливу. Організація польових вимірювань горизонтальних і вертикальних кутів.

Л і т е р а т у р а [1, § 29–36; 2, § 16–21; 4, § 35, 45–58].

2.2 Лінійні вимірювання

Вимірювальні прилади, їх компарування. Вимірювання відстаней землемірними стрічками і сталевими вимірювальними рулетками. Оптичні далекоміри. Нитяний далекомір, його теорія, використання, точність. Поняття про світлодалекоміри, радіодалекоміри, лазерні далекоміри. Джерела похибок, що впливають на точність вимірювань землемірною стрічкою та методи послаблення їх впливу. Визначення неприступних відстаней.

Л і т е р а т у р а [1, § 9, 10, 50–52; 2, § 22–25; 4, § 61–77].

2.3 Вимірювання перевищень (нівелювання)

Види нівелювання: геометричне, тригонометричне, гідростатичне та ін. Прилади для нівелювання. Лазерні нівеліри .

Способи геометричного нівелювання. Нівелірні знаки. Основні типи нівелірів. Будова і перевірки нівелірів. Джерела похибок при геометричному нівелюванні. Порядок і склад робіт при геометричному нівелюванні, нівелювання сполучних і проміжних точок; контроль вимірювань. Класи нівелювання. Технічне нівелювання.

Тригонометричне нівелювання. Основні формули і методика тригонометричного нівелювання.

Л і т е р а т у р а [1, § 39–48; 2, § 26–33; 4, § 80–88, 116–120].

Вказівки до вивчення тем 1–3

У вказівках до розмежування обов'язків між робітниками геодезичної служби і лінійним персоналом будівництва сформульовані вимоги до інженера-будівельника: вміти самостійно працювати з основними геодезичними приладами і виконувати комплекс геодезичних вимірювань. Принципові схеми будови геодезичних приладів, їх перевірки і правила геодезичних вимірювань докладно описані в навчальній літературі. Навичок роботи з геодезичними приладами студенти набувають у ході обов'язкових лабораторних робіт.

При самостійному вивченні теми потрібно найсерйознішу увагу звернути на аналіз джерел похибок, що впливають на точність вимірювань, з'ясування правил введення поправок у результати вимірювань і попереднього розрахунку очікуваної точності результату, одержаного як деяка функція виміряних величин.

Запитання і задачі до самостійної роботи з теми 1

1 Яка послідовність дій з приведення теодоліта в робоче положення на станції – центрування, горизонтування та орієнтування.

2 Показати будову теодоліта, його осі, назву та призначення окремих його частин.

3 Як перевіряють взаємне розташування осі циліндричного рівня на горизонтальному крузі та осі обертання теодоліта, як виконують юстирування?

4 Як визначають колімаційну помилку теодоліта і як виконують юстирування? Надати схему.

5 Як визначають місце нуля теодоліта і як виконують юстирування? Надати схему.

6 Як перевіряють взаємне розташування осі обертання труби і вертикальної осі теодоліта?

7 Показати на рисунку поле зору штрихового та шкалового мікроскопів та відлік на шкалі «Г» – $(35 \cdot N)^\circ + (6 \cdot N)^I + (20 \cdot N)^{II}$, на шкалі «В» – $(2 \cdot N)^\circ + (5 \cdot N)^I + (30 \cdot N)^{II}$.

8 Як вимірюють горизонтальні кути способом прийомів та кругових прийомів і як обробляють журнали вимірювання кутів? Надати схеми.

9 Як вимірюють кут нахилу теодолітом? Підрахувати значення кута нахилу, якщо відліки на вертикальному крузі дорівнюють: $KЛ = 1^\circ + (20 + 2 \cdot N)^I + 30^{II}$, $KП = 178^\circ + (38 - 2N)^I + 30^{II}$.

10 Як перевіряють взаємне розташування вертикальної нитки візирної сітки зорової труби й осі обертання труби та як виконують юстирування вертикальної нитки? Надати схеми.

Запитання і задачі до самостійної роботи з теми 2

1 Яка послідовність вимірювання лінії землемірною стрічкою та приведення лінії до горизонту при складному рельєфі місцевості?

2 Що таке «компарування» мірного приладу? Визначте правильну довжину лінії, якщо після вимірювання її стрічкою результат дорівнював 196 м, але стрічка виявилась довжиною 19,80 м.

3 Як визначають поправку за температурою вимірювального приладу при вимірюванні довжини лінії рулеткою або стрічкою?

4 Яка теорія вимірювання відстані нитяним далекоміром? Надати схему.

5 Як визначити поправку за нахилом лінії, виміряної нитяним далекоміром?

6 Чому дорівнює абсолютна похибка вимірювання лінії довжиною 120 м, якщо відносна похибка дорівнює $1/2000$?

7 Знайти середню квадратичну абсолютну і відносну похибку визначення відстані нитяним далекоміром, якщо коефіцієнт далекоміра $K = 100$, довжина лінії 120 м, а довжина відрізка рейки між далекомірними нитками (в полі зору труби) підраховано із середньою квадратичною похибкою 2,0 мм.

8 Як визначають неприступну відстань?

9 Які поправки вводять у довжину лінії, виміряну землемірною стрічкою і рулеткою? Навести формули і дати пояснення.

10 Визначити горизонтальну проекцію лінії, виміряної стрічкою довжиною 20,20 м. Лінія складається з трьох вимірних ділянок розміром 40,25, 60,0 та 72,20 м, кут нахилу яких відповідно 15° , 21° та $4^\circ 30'$.

Запитання і задачі до самостійної роботи з теми 3

1 Навести умови основних перевірок нівелірів з циліндричним рівнем і послідовність їх виконання.

2 Як підраховують перевищення і позначки точок при геометричному нівелюванні «з середини» і «вперед»? Надати схему нівелювання.

3 Яка послідовність дій при встановленні нівелірів у робоче положення?

4 Надати умови основних перевірок нівелірів з компенсатором і послідовність їх виконання.

5 Яка послідовність роботи на станції при технічному нівелюванні?

6 Як підраховують позначки проміжних точок при геометричному нівелюванні? Надати схему нівелювання.

7 Надати схему тригонометричного нівелювання і показати, як визначають перевищення при вже визначеному горизонтальному прокладенні.

8 Як підраховують перевищення при тригонометричному нівелюванні, якщо довжина лінії вимірюна нитяним далекоміром?

9 Знайти середню квадратичну похибку визначення перевищень геометричним нівелюванням з середини, якщо похибка відліків по рейках становить 2 мм.

10 У чому суть гідростатичного нівелювання?

2.4 Геодезичні мережі

Призначення, принципи побудови і класифікація геодезичних мереж. Державна геодезична мережа, геодезична мережа згущення, знімальна мережа. Основні геодезичні задачі. Методи визначення планового положення точок: триангуляція, трилатерація, полігонометрія, геодезичні засічки. Висотні мережі. Технологічна послідовність побудови геодезичних мереж. Геодезичні знаки і центри.

Л і т е р а т у р а [1, § 12–14, 37–38; 4, § 96–101].

Вказівки до вивчення теми

Геодезичні мережі є основою всіх інженерних робіт, які виконують на місцевості при здійсненні інженерних вишукувань для будівництва, перенесенні на місцевість проектів планування і забудови, проведенні геодезичних робіт у ході будівництва, виконавчих зйомок, спостережень за осіданнями і зміщеннями будівель та споруд.

Важливо виявити суть прямої і зворотної геодезичних задач, методів визначення планових координат і висот точок.

Рекомендується така схема самостійного вивчення: вихідні дані – виміряні величини – визначені величини – формули, що використані для підрахунків визначених величин. Потрібно звернути увагу на те, що методи мікротріангуляції і трилатерації, полігонометричні і теодолітні ходи широко використовуються при створенні знімального обґрунтування на будівельному майданчику, при інженерних вишукуваннях для різних видів будівництва, при перенесенні в натуру проектів споруд, створенні розбивочної мережі будівлі (споруди) на вихідному і монтажному горизонтах. При вивченні методів висотного обґрунтування слід розглянути два способи: прокладення нівелірних і теодолітно-висотних ходів. Слід звернути увагу на способи прив'язки теодолітних ходів до опорної геодезичної мережі, закріплення пунктів геодезичної основи, методу зрівнювання геодезичних ходів. Глибоке засвоєння теми потрібне для успішного виконання контрольної роботи. Вивчені в цій темі способи побудови геодезичних мереж використовують при створенні геодезичної основи для будівництва.

Запитання до самостійної роботи

1 У чому суть прямої геодезичної задачі? При виконанні яких робіт вона використовується?

2 Як виконують кутові і лінійні вимірювання при прокладенні теодолітно-висотного ходу для створення планово-висотного знімального обґрунтування?

3 У чому суть методів тріангуляції, трилатерації і полігонометрії?

4 У якій послідовності зрівнюють виміряні кути замкнутого полігона та підраховують дирекційні кути його сторін?

5 У якій послідовності підраховують і зрівнюють прирости координат та визначають координати точок замкнутого полігона?

6 У якій послідовності зрівнюють виміряні кути розімкнутого полігона та підраховують дирекційні кути його сторін?

7 У якій послідовності підраховують і зрівнюють прирости координат та визначають координати точок розімкнутого полігона?

8 У якій послідовності зрівнюють перевищення при обробці теодолітно-висотного ходу? Надати схему тригонометричного нівелювання.

9 У якій послідовності зрівнюють перевищення при обробці нівелірного ходу як висотного знімального обґрунтування? Надати схему геометричного нівелювання.

10 У чому суть зворотної геодезичної задачі? При виконанні яких робіт вона використовується?

2.5 Топографічні зйомки

Топографічні зйомки як невід’ємна частина геодезичного забезпечення будівництва. Види топографічних зйомок. Загальна характеристика польових і камеральних робіт при різних методах зйомок. Поняття про цифрові моделі місцевості.

Л і т е р а т у р а [1, § 48–73; 2, § 39–44; 4, § 128–149].

Вказівки до вивчення теми

Методи топографічних зйомок, які вивчаються, широко використовуються при інженерних вишукуваннях для будівництва і виконавчих зйомках, що закріплено у відповідних нормах і інструкціях. Наприклад, після вивчення в цій темі способів зйомки контурів і закріплення результатів вивчення, у ході виконання контрольної роботи краще засвоюється методика проведення розбивочних робіт при перенесенні в натуру проектів планування і забудови, методика здійснення виконавчих геодезичних зйомок. Розуміння принципу зображення рельєфу горизонталями і методика їх побудови на топографічному плані у ході виконання контрольної роботи забезпечує успішне вирішення проектно-вишукувальних задач на топографічних планах (картах). Засвоєння методів топографічних зйомок потрібне для грамотного використання топографічних карт і планів як підоснови для розробки генпланів, ситуаційних планів, вирішення багатьох задач проектно-вишукувальних і розбивочних робіт.

Складність самостійного вивчення теми полягає в тому, що без польової практики ціла низка питань (склад і методика

проведення польових топографічних робіт, зміст польової документації) важко сприймається. Розкриттю суті цих питань приділяється основна увага в настановній лекції з цієї теми.

Вивчаючи метод тахеометричної зйомки, слід зрозуміти, коли цей вид зйомки використовують, а також те, що на стадії одержання контурного плану він містить комплекс усіх робіт, які належать до теодолітної (горизонтальної) зйомки. Головну увагу слід звернути на глибоке засвоєння суті формул тахеометричної зйомки, складу і змісту польових робіт і одержаних при цьому польових матеріалів. Камеральні розрахунково-графічні роботи, включно зі складанням топографічного плану будівельного майданчика, засвоюються в процесі виконання контрольної роботи.

Метод вертикальної зйомки вивчається в ході виконання лабораторної роботи з проектування вертикального планування.

При ознайомленні з методом мензульної зйомки звертається увага на умови переважного використання цього виду зйомки і геодезичні інструменти, які використовуються.

Метою вивчення принципів основ топографічних методів є одержання початкових відомостей про ефективність використання аеро і космічних матеріалів, прогресивних фототопографічних методів зйомки при проведенні проектно-вишукувальних робіт у будівництві: згущення опорної планово-висотної знімальної мережі фотограмметричними методами; складання топографічної підоснови у вигляді фотопланів і фотокарт; проектування планування і забудови населених місць; вибору ділянки під будівництво; вибору спрямування трас для будівництва споруд лінійного типу; перенесення проектів у натуру і тощо. При цьому треба враховувати, що галузь використання фототопографічних методів у будівництві постійно розширюється, що відображено у відповідних нормах та інструкціях. Принципові основи фототопографічних методів розкривають у лекціях, прийоми вимірювань на аерофотознімках засвоюють на лабораторних заняттях.

Запитання і задачі до самостійної роботи

1 Які відмітні особливості теодолітної (горизонтальної), тахеометричної, мензульної, вертикальної і аерофотографічної зйомок?

2 Які способи використовують для зйомки контурів (ситуації)?

3 Надати зразки оформлення журналів теодолітної і тахеометричної зйомок, пояснити різницю між ними.

4 Яка послідовність дій та вимірювань при тахеометричній зйомці? У чому полягає обробка результатів цих вимірів?

5 Як підрахувати перевищення рейкової точки відносно станції при тахеометричній зйомці?

6 Яка послідовність складання плану за результатами тахеометричної зйомки?

7 Яким чином класифікують топографічні зйомки в масштабах 1:5000 та більше?

8 Які існують основні способи інтерполювання для нанесення горизонталей на плані?

9 У чому полягає суть, послідовність виконання та обробка результатів нівелювання поверхні за квадратами?

10 Як перенести зображення об'єкта з аерофотознімка на топографічну карту? Що потрібно знати, щоб визначити висоту об'єкта на стереопарі аерофотознімків?

Вказівки до виконання контрольної роботи

СКЛАДАННЯ ТОПОГРАФІЧНОГО ПЛАНУ ДІЛЯНКИ МІСЦЕВОСТІ

Робота складається з трьох завдань, які виконуються в зошиті для виконання контрольної роботи. Відповіді на запитання і рішення всіх задач, що входять у цю роботу, надсилаються на рецензування одночасно.

ЗАВДАННЯ 1. Відповіді за темами розділів 1 і 2

Студент повинен дати відповіді на чотири запитання зі списку запитань і задач до самостійної роботи, що рекомендовані в цих методичних вказівках. Номер запитання або задачі визначається останньою цифрою навчального шифру студента $N = 1, 2, 3, \dots, 9, 0$ (10). Номери тем, до яких потрібно надати відповіді, непарні (тема 3 розділу 1; теми 1, 3, 5 розділу 2) для студентів, прізвища яких починаються з літер А, Б, В, К. Для всіх інших студентів номери тем для відповідей парні (теми 2 і 4 для розділів I і II). Вимоги до відповідей викладені в загальних методичних вказівках.

ЗАВДАННЯ 2. Складання топографічного плану ділянки місцевості

1 Зміст завдання

За даними польових спостережень скласти і накреслити топографічний план ділянки місцевості в масштабі 1:2000 з висотою перерізу рельєфу 1 м.

Робота складається з таких етапів: визначення вихідних даних для подальших підрахунків; обробка відомості обчислення координат вершин теодолітного ходу; обробка журналу тригонометричного нівелювання; обробка тахеометричного журналу; побудова топографічного плану.

2 Визначення вихідних даних

1 Для зйомки ділянки на місцевості між двома пунктами полігонометрії ПП 125 і ПП 130 був прокладений теодолітно-висотний хід. У ньому виміряні довжини всіх сторін (рисунок 1), а на кожній вершині ходу – горизонтальний кут β_i і кути нахилу ν_i на попередню і наступну вершини.

Результати вимірювань горизонтальних кутів і ліній (таблиця 1), а також тригонометричного нівелювання (таблиця 4) надаються згідно з останньою цифрою навчального шифру студента N .

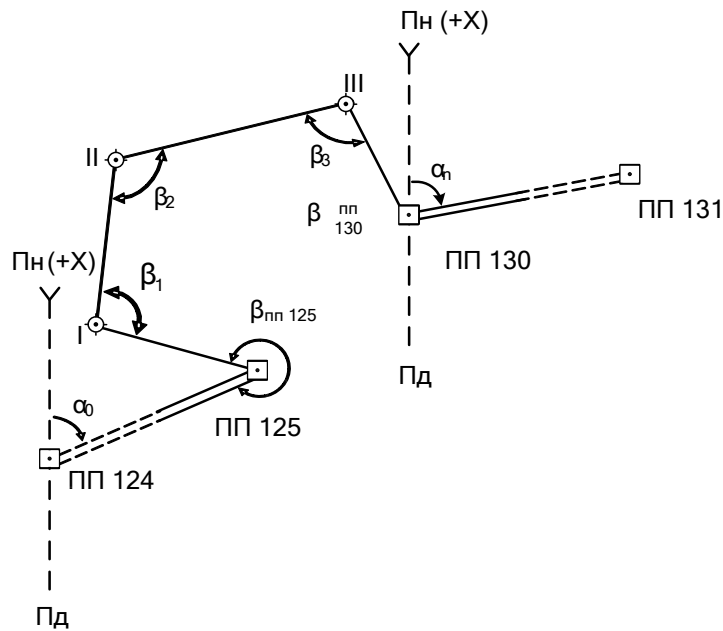


Рисунок 1 – Схема теодолітно-висотного ходу знімального обґрунтування

Таблиця 1 – Результати вимірювання кутів і довжин сторін ходу

Номери вершин ходу	Виміряні праві кути β_i			Довжини сторін (горизонтальні прокладення) d , м
	градуси 0	мінути I	секунди II	
ПП 125	330	58	$10 \cdot N$	263,02
I	50	57	$10 \cdot N$	239,21
II	161	20	$5 \cdot N$	269,80
III	79	02	$5 \cdot N$	192,98
ПП 130	267	08	12	

2 Вихідний дирекційний кут α_0 береться згідно із шифром і прізвищем студента: кількість градусів дорівнює двозначному числу, яке складається з двох останніх цифр шифру; кількість мінут дорівнює $30^I 12^{II}$ плюс стільки мінут, скільки літер у прізвищі студента.

Наприклад:

Біба	85229	$\alpha_0 = 29^\circ 34^I 12^{II}$
Тимошенко	85380	$\alpha_0 = 80^\circ 39^I 12^{II}$

Клічко	85002	$\alpha_0 = 02^\circ 36^I 12^{II}$
Квасневський	85100	$\alpha_0 = 0^\circ 42^I 12^{II}$

Правий кут при точці ПП 125 $\beta_1^I = 189^\circ 59^I 12^{II}$; правий кут при точці ПП 130 $\beta_2^I = 159^\circ 28^I 00^{II}$. Для всіх варіантів ці кути однакові (рисунок 2).

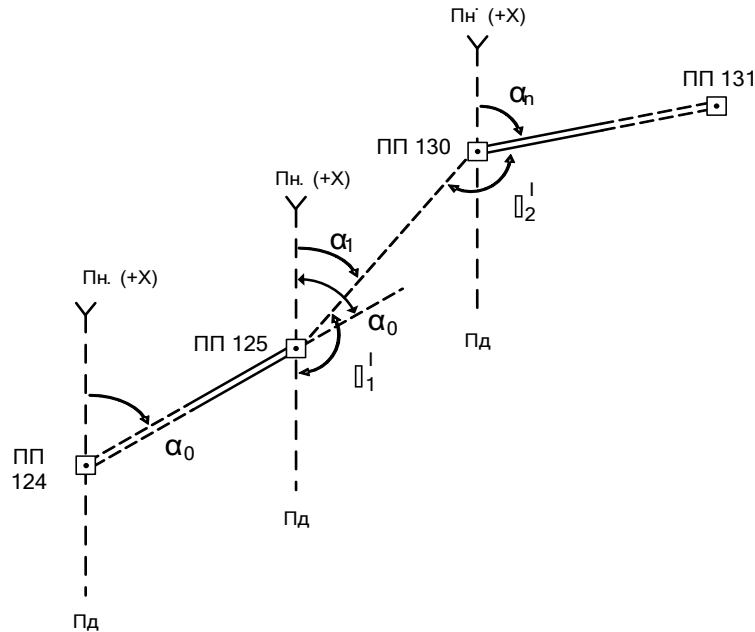


Рисунок 2 – Схема визначення дирекційних кутів сторін теодолітно-висотного ходу

Дирекційні кути підраховують за правилом: дирекційний кут наступної сторони дорівнює дирекційному куту попередньої сторони плюс 180° і мінус правий горизонтальний кут β_i . Тому

$$\alpha_1 = \alpha_0 + 180^\circ - \beta_1^I; \quad \alpha_n = \alpha_1 + 180^\circ - \beta_2^I. \quad (1)$$

Приклад. Підрахунок дирекційних кутів здійснюємо у стовпчик.

$$\begin{array}{r}
\alpha_0 \dots\dots 29^\circ 34^I 12^{II} \\
+ 180^\circ \\
\hline
209^\circ 34^I 12^{II} \\
- 189^\circ 59^I 12^{II} \\
\hline
\alpha_1 \dots\dots 19^\circ 35^I 00^{II} \\
+ 180^\circ \\
\hline
199^\circ 35^I 00^{II} \\
- 159^\circ 28^I 00^{II} \\
\hline
\alpha_n \dots\dots 40^\circ 07^I 00^{II}
\end{array}$$

П р и м і т к а – Якщо при підрахунках зменшуване виявиться меншим за від’ємник, то до зменшуваного додати 360° . Якщо дирекційний кут більший ніж 360° , то від нього відняти 360° .

З Координати точки ПП 125 і довжина $d_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}}$ однакові для всіх варіантів: $X_{\text{ПП 125}} = -14,02$ м; $Y_{\text{ПП 130}} = +627,98$ м; $d_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} = 239,14$ м. Координати точки ПП 130 підраховуються за формулами:

$$\begin{aligned}
X_{\text{ПП 130}} &= X_{\text{ПП 125}} + \Delta X_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}}; \\
Y_{\text{ПП 130}} &= Y_{\text{ПП 125}} + \Delta Y_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}},
\end{aligned} \tag{2}$$

де $\Delta X_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}}$ та $\Delta Y_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}}$ – прирости координат, які визначаються зі співвідношень:

$$\begin{aligned}
\Delta X_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} &= d_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} \cdot \cos \alpha_1; \\
\Delta Y_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} &= d_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} \cdot \sin \alpha_1,
\end{aligned} \tag{3}$$

де α_1 – дирекційний кут лінії ПП 125 – ПП 130, знайдений раніше.

Знаки приростів координат визначаються залежно від знаків $\cos \alpha$ та $\sin \alpha$.

При роботі з таблицями для зручності підрахунків дирекційний кут слід попередньо перевести у румби відповідно до таблиці 2.

Таблиця 2 – Переведення дирекційних кутів у румби

Чверть		Дирекційний кут α	Формула переведення	Знаки приростів координат	
номер	назва			ΔX	ΔY
I	ПнС	$0^\circ - 90^\circ$	$r = \alpha$	+	+
II	ПдС	$90^\circ - 180^\circ$	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
III	ПдЗ	$180^\circ - 270^\circ$	$r = \alpha - 180^\circ$	-	-
IV	ПнЗ	$270^\circ - 360^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

Тоді

$$\Delta X_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} = d_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} \cdot \cos r_1; \quad (4)$$

$$\Delta Y_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} = d_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} \cdot \sin r_1. \quad (5)$$

Знаки підрахованих приростів координат визначають за назвою румба, керуючись таблицею 2.

Приклад. Дано: $d_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} = 239,14$ м; $\alpha_1 = 19^\circ 35' 00''$.

Одержуємо: $\Delta X_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} = 239,14 \cdot \cos 19^\circ 35' 00'' =$
 $= +225,31$ м;

$\Delta Y_{\text{ПП 125} - \text{ПП 130}} = 239,14 \cdot \sin 19^\circ 35' 00'' =$
 $= +80,15$ м.

Координати точки ПП 130 дорівнюють:

$$X_{\text{ПП 130}} = -14,02 + 225,31 = 211,29 \text{ м};$$

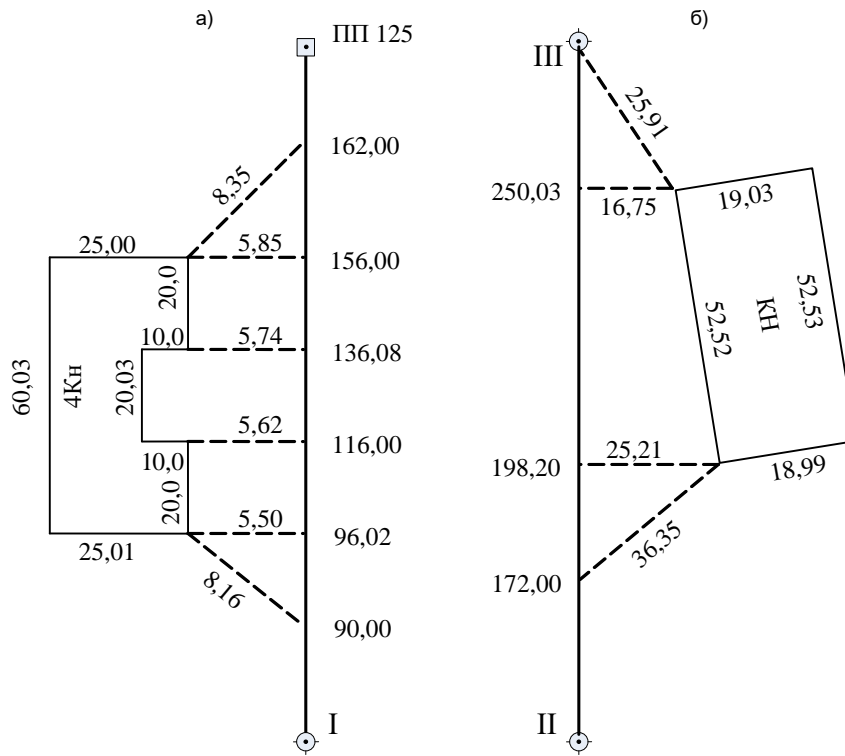
$$Y_{\text{ПП 130}} = +627,98 + 80,15 = 708,13 \text{ м}.$$

Попередні рішення повинні супроводжуватись схематичним кресленням згідно зі своїм варіантом.

Правильність підрахунку дирекційних кутів контролюється, бо знайдений кут α_n останньої лінії повинен бути на $10^\circ 32' 48''$ більшим ніж вихідний дирекційний кут α_0 .

Правильність підрахунку координат точки ПП 130 не контролюється. До визначення $X_{\text{ПП 130}}$ та $Y_{\text{ПП 130}}$ треба підійти особливо уважно, тому що вони використовуються у подальшому.

4 При зйомці ділянки були складені абриси (рисунок 3).



а – лінія I – ПП 125;

б – лінія II – III

Рисунок 3 – Абрис зйомки будівель

5 Позначки пунктів ПП 125 і ПП 130 повинні бути відомими з геометричного нівелювання. При виконанні завдання значення позначки ПП 125 слід прийняти умовно: кількість цілих метрів у позначці повинна бути тризначним числом, у якому кількість сотень метрів дорівнює одиниці, а кількість десятків і одиниць метрів становлять дві останні цифри шифру студента. У дробовій частині позначки (дм, см, мм) ставляться ті самі цифри, що і в цілій частині.

Наприклад.

Біба	85229	129,129
Тимошенко	85380	180,180
Клічко	85002	102,102
Квасневський	85100	100,100

Позначка ПП 130 для всіх студентів приймається на 3,282 м більшою від позначки ПП 125.

3 Обробка відомості обчислення координат вершин теодолітного ходу

Л і т е р а т у р а [1, § 38; 2, § 39; 4, § 96–100].

Зрівняння кутів ходу

За зразком таблиці 3, креслять відомість обчислення координат.

З таблиці 1 переписують у графу 2 відомості обчислення координат значення вимірних кутів β_i .

Підраховують суму $\sum\beta_i$ вимірних кутів ходу.

Визначають теоретичну суму кутів

$$\sum\beta_T = \alpha_0 - \alpha_n + n \cdot 180^\circ, \quad (6)$$

де n – кількість вершин ходу.

У прикладі при $\sum\beta_i = 889^\circ 25^I 12^{II}$, $\alpha_0 = 29^\circ 34^I 12^{II}$, $\alpha_n = 40^\circ 07^I 00^{II}$ та $n = 5$

$$\sum\beta_T = 29^\circ 34^I 12^{II} - 40^\circ 07^I 00^{II} + 5 \cdot 180^\circ = 889^\circ 27^I 12^{II}.$$

Знаходять кутову нев'язку

$$f_\beta = \sum\beta_i - \sum\beta_T. \quad (7)$$

У прикладі

$$f_\beta = 889^\circ 25^I 12^{II} - 889^\circ 27^I 12^{II} = -2^I 00^{II}. \quad (8)$$

Фактична кутова нев'язка f_β не повинна перевищувати допустимої величини

$$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1,5^I \sqrt{n} = \pm 1,5^I \sqrt{5} = 3^I 21^{II}.$$

Перевіряють умову

$$f_{\beta} = -2^{\text{I}}00^{\text{II}} < f_{\beta_{\text{доп}}} = 3^{\text{I}}21^{\text{II}}.$$

Умова виконується, тому f_{β} треба розподілити із зворотним знаком на всі кути ходу порівну. Для цього знаходять кутову поправку

$$\delta_{\beta} = -\frac{f_{\beta}}{n} = -\frac{-2^{\text{I}}00^{\text{II}}}{5} = -\frac{-120^{\text{I}}}{5} = +24^{\text{II}}. \quad (9)$$

Поправку дописують у графу 2 відомості та додають зі своїм знаком до кожного виміряного кута

$$\beta_{\text{випр}} = \beta_i + \delta_{\beta}. \quad (10)$$

Значення виправлених кутів $\beta_{\text{випр}}$ записують у графу 3. Наприклад:

$$\beta_{\text{випрI}} = \beta_I + \delta_{\beta} = 50^{\circ}57^{\text{I}}00^{\text{II}} + 24^{\text{II}} = 50^{\circ}57^{\text{I}}24^{\text{II}}.$$

Підраховують суму виправлених кутів $\sum \beta_{\text{випр}}$. Контролем правильності попередніх підрахунків є додержання умови

$$\sum \beta_{\text{випр}} = \sum \beta_{\text{T}}. \quad (11)$$

У прикладі

$$\sum \beta_{\text{випр}} = 889^{\circ}27^{\text{I}}12^{\text{II}} = \sum \beta_{\text{T}}.$$

Зрівняння кутів ходу виконане правильно.

Підрахунок дирекційних кутів і румбів сторін ходу

У графу 4 таблиці 3 записують вихідний дирекційний кут $\alpha_{\text{ПП124}-\text{ПП125}}$ (у верхньому рядку) і кінцевий дирекційний кут $\alpha_{\text{ПП130}-\text{ПП131}}$ (у нижньому рядку).

За формулою для правих кутів підраховують дирекційні кути для всіх інших сторін: дирекційний кут наступної сторони дорівнює дирекційному куту попередньої сторони плюс 180° і

мінус правий (виправлений) кут ходу, створений цими сторонами.

Наприклад:

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{ПП125-I}} &= \alpha_{\text{ПП124-ПП125}} + 180^\circ - \beta_{\text{ПП125}} = \\ &= 29^\circ 34' 12'' + 180^\circ + 360^\circ - 330^\circ 58' 24'' = 238^\circ 35' 48''.\end{aligned}\quad (12)$$

Щоб число не було від'ємним, додають 360° . Контролем правильності підрахунків є додержання умови

$$\alpha_{\text{ПП130-ПП131}}^I = \alpha_{\text{ПП130-ПП131}}, \quad (13)$$

де $\alpha_{\text{ПП130-ПП131}}^I$, $\alpha_{\text{ПП130-ПП131}}$ – підраховане і вихідне значення кінцевого дирекційного кута відповідно. У прикладі обидва кути однакові і дорівнюють $40^\circ 07' 00''$.

Відповідно до таблиці 2 за значеннями дирекційних кутів знаходять румби і записують у графу 5 таблиці 3.

Наприклад, якщо $\alpha_{\text{ПП125-I}} = 238^\circ 35' 48''$, то лінія розміщена в третій чверті, для якої

$$r_{\text{ПП125-I}} = \alpha_{\text{ПП125-I}} - 180^\circ = 238^\circ 35' 48'' - 180^\circ = 58^\circ 35' 48'' \text{ ПдЗ}.\quad (14)$$

Зрівняння приростів координат

Прирости координат по осях X і Y підраховують за формулами:

$$\Delta X = d \cos \alpha = \pm d \cos r; \quad \Delta Y = d \sin \alpha = \pm d \sin r.\quad (15)$$

Наприклад:

$$\begin{aligned}\Delta X_{\text{ПП125-I}} &= 263,02 \cdot \sin 58^\circ 35' 48'' = -137,05 \text{ м}; \\ \Delta Y_{\text{ПП125-I}} &= 263,02 \cdot \cos 58^\circ 35' 48'' = -224,49 \text{ м},\end{aligned}$$

Підраховані значення приростів ΔX і ΔY записують у графи 7 і 8 відомості з точністю до 1 см. Знаки приростів приймають

залежно від знаків $\cos \alpha$ і $\sin \alpha$ або за назвою румба, керуючись таблицею 2.

У графі 7 і 8 окремо складають всі підраховані значення ΔX і ΔY та знаходять практичну суму приростів координат $\sum \Delta X_{\text{пр}}$ і $\sum \Delta Y_{\text{пр}}$. У прикладі $\sum \Delta X_{\text{пр}} = +225,07$ м і $\sum \Delta Y_{\text{пр}} = +80,44$ м.

Визначають теоретичні суми приростів координат як різниці абсцис і ординат кінцевої ПП 130 і початкової ПП 125 точок ходу, які попередньо записують у графі 11 і 12 відомості

$$\sum \Delta X_{\text{T}} = X_{\text{ПП130}} - X_{\text{ПП125}}; \quad \sum \Delta Y_{\text{T}} = Y_{\text{ПП130}} - Y_{\text{ПП125}}. \quad (16)$$

У прикладі

$$\begin{aligned} \sum \Delta X_{\text{T}} &= 211,30 - (-14,02) = 225,32 \text{ м}; \\ \sum \Delta Y_{\text{T}} &= 708,13 - 627,98 = 80,15 \text{ м}. \end{aligned}$$

Підраховують нев'язки f_x і f_y у приростах координат по осях X і Y . У прикладі

$$f_x = \sum \Delta X_{\text{пр}} - \sum \Delta X_{\text{T}} = 225,07 - 225,32 = -0,25 \text{ м}; \quad (17)$$

$$f_y = \sum \Delta Y_{\text{пр}} - \sum \Delta Y_{\text{T}} = 80,44 - 80,15 = 0,29 \text{ м}. \quad (18)$$

Визначають абсолютну лінійну нев'язку

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (19)$$

Відповідно до попередніх даних

$$f_s = \sqrt{(-0,25)^2 + 0,29^2} = 0,38 \text{ м}.$$

Визначають відносну лінійну нев'язку як відношення абсолютної нев'язки f_s до суми довжин усіх сторін ходу P у вигляді простого дроби з одиницею у чисельнику

$$\frac{f_s}{p} = \frac{0,38}{965,01} = \frac{1}{2539}. \quad (20)$$

Перевіряють умову, за якою відносна нев'язку повинна бути менше за її допустиме значення $\frac{1}{2000}$

$$\frac{f_s}{p} = \frac{1}{2539} < \frac{1}{2000}. \quad (21)$$

Умова виконується, тому нев'язки f_x і f_y також можна вважати допустимими та розподілити поміж приростів координат ΔX та ΔY прямо пропорційно довжинам сторін ходу d_i з графі 6 таблиці 5.

Підраховують поправки в прирости координат з округленням до 1 см за формулами:

$$\delta_{x_i} = -\frac{f_x}{p} \cdot d_i, \quad \delta_{y_i} = -\frac{f_y}{p} \cdot d_i. \quad (22)$$

Наприклад:

$$\delta_{x_1} = -\frac{-0,25}{965,01} \cdot 263,02 = 6,81 \text{ см} \approx 7 \text{ см};$$

$$\delta_{y_1} = -\frac{-0,29}{965,01} \cdot 263,02 = 7,90 \text{ см} \approx 8 \text{ см}.$$

Контролем є те, що сума всіх поправок по кожній осі повинна дорівнювати нев'язці по цій осі

$$\sum \delta_{x_i} = f_x; \quad \sum \delta_{y_i} = f_y. \quad (23)$$

Усі поправки записують у відомості над відповідними приростами.

Підраховують виправлені прирости координат

$$\Delta X_{\text{випр}} = \Delta X_i + \delta_{x_i}; \quad \Delta Y_{\text{випр}} = \Delta Y_i + \delta_{y_i}. \quad (24)$$

Наприклад:

$$\Delta X_{\text{випр}_1} = -137,05 + 0,07 = -136,98 \text{ м};$$

$$\Delta Y_{\text{випр}_1} = -224,49 - 0,08 = -224,57 \text{ м}.$$

Знайдені значення $\Delta X_{\text{випр}_i}$ і $\Delta Y_{\text{випр}_i}$ записують у графі 9 і 10 таблиці 3 відповідно та підраховують їх суми, які повинні дорівнювати сумам теоретичним. У прикладі

$$\sum \Delta X_{\text{випр}} = +225,32 = \sum \Delta X_T; \quad (25)$$

Таблиця 3 – Відомість обчислення координат вершин теодолітного ходу

Номер вершини	Кут β		Дирекційний кут α 0 I II	Румб		Горизонтальне прокладення лінії d , м
	вимірний 0 I II	виправлений 0 I II		r 0 I II	назва	
1	2	3	4	5		6
ПП 124			29°34'12"II	29°34'12"II	ПнС	
ПП 125	+24"II 330°58'00"II	330°58'24"II	238°35'48"II	58°35'48"II	ПдЗ	263,02
I	+24"II 50°57'00"II	50°57'24"II	7°38'24"II	7°38'24"II	ПнС	239,21
II	+24"II 161°20'00"II	161°20'24"II	26°18'00"II	26°18'00"II	ПнС	269,80
III	+24"II 79°02'00"II	79°02'24"II	127°15'36"II	52°44'24"II	ПдС	192,98
ПП 130	+24"II 267°08'12"II	267°08'36"II	40°07'00"II	40°07'00"II	ПнС	
ПП 131						
$\sum \beta_{\text{пр}}$	889°25'12"II	889°27'12"II	$\sum \beta_T = \alpha_0 - \alpha_n + n \cdot 180^\circ =$ $= 29^\circ 34' 12'' - 40^\circ 07' 00'' + 5 \cdot 180^\circ =$ $= 889^\circ 27' 12''$			$P =$ $= 965,01$
$\sum \beta_T$	889°27'12"II	889°27'12"II				
f_β	- 0°02'00"II	0°00'00"II	$f_{\beta_{\text{доп}}} = \pm 1,5^I \sqrt{n} =$			
f_β доп	$\pm 0^\circ 03' 21''$ II		$= \pm 1,5 \sqrt{5} = \pm 0^\circ 03' 21''$			

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{(-0,25)^2 + (0,29)^2} = 0,38 \text{ м}.$$

Продовження таблиці 3

Прирости координат, м								Координати, м				Номер вершини
підраховані				виправлені								
±	ΔX	±	ΔY	±	ΔX	±	ΔY	±	X	±	Y	
7		8		9		10		11		12		13
												ПП 124
-	+7 137,05	-	-8 224,49	-	136,98	-	224,57	-	14,02	+	627,98	ПП 125
+	+6 237,09	+	-7 31,80	+	237,15	+	31,73	-	151,00	+	403,41	I
								+	86,15	+	435,14	II
+	+7 241,87	+	-8 119,54	+	241,94	+	119,46	+	328,09	+	554,60	III
-	+5 116,84	+	-6 153,59	-	116,79	+	153,53	+	211,30	+	708,13	ПП 130
												ПП131
$\sum \Delta X_{\text{пр}} =$ = +225,07		$\sum \Delta Y_{\text{пр}} =$ = +80,44		$\sum \Delta X_{\text{вип}} =$ = +225,32		$\sum \Delta Y_{\text{вип}} =$ = +80,15						
$\sum \Delta X_{\text{т}} =$ = +225,32		$\sum \Delta Y_{\text{т}} =$ = +80,15		$\sum \Delta X_{\text{т}} =$ = +225,32		$\sum \Delta Y_{\text{т}} =$ = +80,15						
$f_x = -0,25$		$f_y = 0,29$		$f_x = 0$		$f_y = 0$						

$$\frac{f_s}{P} = \frac{0,38}{965,01} = \frac{1}{2539} < \frac{1}{2000}.$$

$$\sum \Delta Y_{\text{випр}} = +80,15 = \sum \Delta Y_{\text{т}}. \quad (26)$$

Примітка – Варіанти в завданні підібрані таким чином, що всі нев'язки є допустимі. В іншому випадку в підрахунках є помилка. Найчастіше помилки виникають при підрахунках дирекційних кутів, переведенні їх у румби, у знаках приростів координат та при підрахунках самих приростів координат.

Визначення координат вершин ходу

Координати вершин ходу одержують послідовним алгебраїчним складанням координат попередніх вершин ходу (починаючи з ПП 125) з відповідними виправленими їх приростами.

Наприклад:

$$X_I = X_{\text{ПП}125} + \Delta X_{\text{ПП}125-I} = -14,02 + (-136,98) = -151,00 \text{ м}; \quad (27)$$

$$Y_I = Y_{\text{ПП}125} + \Delta Y_{\text{ПП}125-I} = 627,98 + (-224,57) = 403,41 \text{ м}. \quad (28)$$

Контролем правильності підрахунків є те, що підраховані координати останньої точки ПП 130 повинні дорівнювати вихідним їх значенням $X_{\text{ПП}130}$ і $Y_{\text{ПП}130}$.

4 Обробка журналу тригонометричного нівелювання і визначення позначок станцій

Л і т е р а т у р а [1, § 53; 2, § 32; 4, § 86].

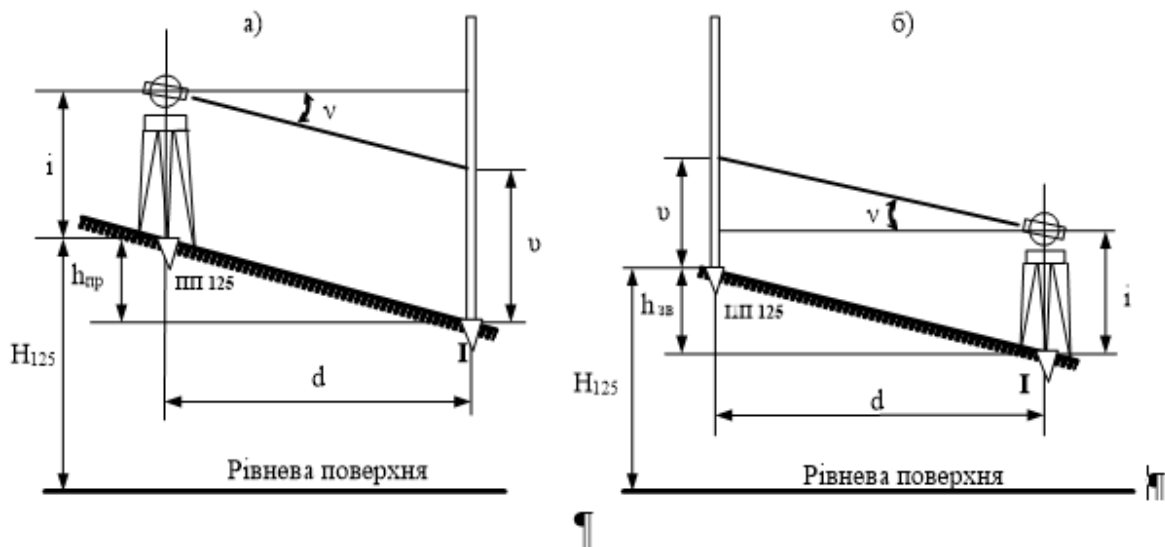
Зміст нівелювання

Тригонометричне нівелювання здійснюється з метою визначення перевищень h між точками тригонометричного ходу. Воно виконується по черзі між усіма суміжними точками ходу двічі: у прямому та зворотному напрямках.

Розглянемо для прикладу нівелювання на ділянці ПП 125 – I.

Послідовність дій при тригонометричному нівелюванні:

- теодоліт устанавлюють на точці ПП 125, центрують його та горизонтують (рисунок 4, а);
- рейку встановлюють прямовисно на точці I;
- вимірюють висоту теодоліта з точністю до 1 см;



а – у прямому напрямі;

б – у зворотних напрямках

Рисунок 4 – Схема тригонометричного нівелювання між точками ПП 125 та I

- спрямовують трубу теодоліта при «крузі ліво» (КЛ) на рейку та при довільному відліку по ній **U** (висота наведення) беруть відлік КЛ на вертикальному крузі теодоліта;

- переводять теодоліт у положення «круг право» (КП), спрямовують трубу теодоліта бажано на той самий відлік по рейці **U** та беруть відлік КП на вертикальному крузі теодоліта;

- усі виміри (КЛ, КП, i , **U**) заносять у журнал тригонометричного нівелювання;

- горизонтальне прокладення « d » відстані між точками ПП 125 та I переносять у журнал тригонометричного нівелювання (таблиця 4) з таблиці 1;

- змінюють місцями теодоліт і рейку, повторюють усі попередні дії за рисунком 4, б. Результати вимірів заносять у журнал у графу для напрямку I-125.

Таблиця 4 - Журнал тригонометричного нівелювання

Значення	Напрямок							
	ПП 125 - I	I - ПП 125	I - II	II - I	II - III	III - II	III - т. ПП 130	т. ПП 130 - III
Відліки по вертикальному кругу	КЛ 359 ⁰ 39'30 ^п	1 ⁰ 28'30 ^п	359 ⁰ 55'00 ^п	0 ⁰ 05'00 ^п	0 ⁰ 31'30 ^п	359 ⁰ 46'00 ^п	2 ⁰ (01+N)'00 ^п	357 ⁰ (56-N)'00 ^п
	КП 180 ⁰ 21'00 ^п	178 ⁰ 30'30 ^п	180 ⁰ 04'00 ^п	179 ⁰ 55'00 ^п	179 ⁰ 29'30 ^п	180 ⁰ 13'00 ^п	177 ⁰ (57-N)'00 ^п	182 ⁰ (05+N)'00 ^п
Місце нуля MO ⁰ I ^п	0 ⁰ 00'15 ^п	359 ⁰ 59'30 ^п						
Вертикальний кут $v_{01\text{II}}$	-0 ⁰ 20'45 ^п	+1 ⁰ 29'00 ^п						
Відстань d, м	263,02	263,02	239,21	239,21	269,80	269,80	192,98	192,89
d·tg v	-1,59	6,81						
Висота теодоліта і, м	1,38	1,42	1,40	1,38	1,39	1,40	1,55	1,45
Висота візування v, м	4,00	4,00	1,40	1,38	2,80	1,40	1,45	1,45
Перевіщення	Пряме h _{ПР.} , м	-4,21						
	Зворотне h _{ЗВ.} , м		+4,23					
	Середнє h _{СЕР.} , м	-4,22						

Обробка результатів тригонометричного нівелювання

Для напрямку ПП 125-I підраховують місце нуля (МО) теодоліта. Для теодоліта Т 30, яким виконувались виміри:

$$MO = \frac{КЛ + КП + 180}{2} = \frac{359^{\circ}39'30'' + 180^{\circ}21'00'' + 180^{\circ}}{2} = 0^{\circ}00'15''. \quad (29)$$

Вертикальний кут нахилу візирного променя v підраховують з контролем за формулами:

$$\begin{aligned} v &= КЛ - МО = 359^{\circ}39'30'' - 0^{\circ}00'15'' - 360^{\circ} = -0^{\circ}20'45''; \\ v &= МО - КП - 180^{\circ} = 0^{\circ}00'15'' + 360^{\circ} - 180^{\circ}21'00'' - 180^{\circ} = -0^{\circ}20'45''. \end{aligned}$$

При підрахунках необхідно до значень КЛ, КП і МО, менших за 90° , додавати 360° .

Якщо два значення v не збігаються, то треба знайти арифметичну помилку та виправити її.

Визначають пряме перевищення $h_{пр}$ між точками ПП 125 і І:

$$h_{пр} = d \cdot \operatorname{tg} v + i - u = 263,02 \cdot \operatorname{tg}(-0^{\circ}20'45'') + 1,38 - 4,00 = -4,21 \text{ м.} \quad (30)$$

Так само виконують підрахунки за зворотним напрямком І-ПП 125. Місце нуля

$$\begin{aligned} MO &= \frac{КЛ + КП + 180^{\circ}}{2} = \\ &= \frac{1^{\circ}28'30'' + 178^{\circ}30'30'' + 180^{\circ} + 360^{\circ}}{2} = 359^{\circ}59'30''. \end{aligned} \quad (31)$$

Вертикальний кут

$$v = КЛ - МО = 1^{\circ}28'30'' + 360^{\circ} - 359^{\circ}59'30'' = 1^{\circ}29'00''; \quad (32)$$

$$\begin{aligned} v &= МО - КП - 180^{\circ} = \\ &= 359^{\circ}59'30'' - 178^{\circ}30'30'' - 180^{\circ} = 1^{\circ}29'00''. \end{aligned} \quad (33)$$

Зворотне перевищення

$$h_{зв} = d \cdot \operatorname{tg} \nu + i - u = 263,02 \cdot \operatorname{tg} 1^{\circ}29'00'' + 1,42 - 4,00 = 4,23 \text{ м.} \quad (34)$$

Перевіряють умову, за якою алгебраїчна сума перевищень, одержаних у прямому та зворотному напрямках, не повинна перевищувати

$$h_{пр} + h_{зв} \leq 0,04d, \quad (35)$$

де d – горизонтальне прокладення сторони ходу, виражене в сотнях метрів та округлене до десятків метрів.

$$-4,21 + 4,23 = 0,02 \text{ м} < 0,04 \cdot 2,6 = 0,10 \text{ м.}$$

Умова задовільнена, тому підраховують середнє перевищення $h_{сер}$ з абсолютних значень $h_{пр}$ та $h_{зв}$ і записують його зі знаком $h_{пр}$

$$h_{сер} = \frac{h_{пр} + h_{зв}}{2} = -\frac{4,21 + 4,23}{2} = -4,22 \text{ м.} \quad (36)$$

За одержаним зразком необхідно знайти $h_{сер}$ для напрямків I-II, II-III, III-III 130, III 130-III та занести результати підрахунків в таблицю 4. Значення N – це остання цифра шифру студента.

Зрівняння перевищень висотного ходу

Усі вимірювання супроводжуються випадковими похибками. Так само вони існують і при тригонометричному нівелюванні. Тому потрібно:

- виявити висотну нев'язку полігона;
- визначити його допустимість;
- розкидати нев'язку поміж значень $h_{сер}$;
- підрахувати висоти (позначки) всіх точок висотного ходу.

Відповідні підрахунки ведуть у відомості ув'язки перевищень, (таблиця 5). Заповнення граф 1 і 2 таблиці 5 є однаковим для всіх варіантів. У графу 3 переносять значення $h_{сер}$ з таблиці 4 і підраховують суму середніх перевищень $\sum h_{сер}$. Після цього підраховують теоретичне значення суми перевищень, яке

дорівнює різниці відомих позначок кінцевої і початкової точок ходу. Для прикладу

$$\Sigma h_T = H_{\text{ПП}130} - H_{\text{ПП}125} = 123,48 - 120,20 = + 3,28 \text{ м.} \quad (37)$$

Значення $H_{\text{ПП}130}$ і $H_{\text{ПП}125}$ беруть з вихідних даних і записують у графу 6.

Потім знаходять висотну нев'язку за формулою

$$f_n = \Sigma h_{\text{сер}} - \Sigma h_T = +3,46 - (+3,28) = +0,18 \text{ м} = 18 \text{ см.} \quad (38)$$

та порівнюють її з допустимим значенням

$$f_{h\text{доп}} = \pm \frac{0,04 \cdot P(\text{м})}{\sqrt{n}} = \frac{0,04 \cdot 965,01}{\sqrt{4}} = \pm 19,3 \text{ см,} \quad (39)$$

де P – довжина ходу, м;

n – кількість сторін ходу.

Якщо умова $f_h \leq f_{h\text{доп}}$ виконується ($f_h = 18 < f_{h\text{доп}} = 19,3 \text{ см}$), підраховують висотні поправки в кожне середнє перевищення пропорційно до довжини відповідної сторони ходу.

Наприклад, для сторони ПП 125 – I

$$\delta_{h_i} = -\frac{f_h}{P} \cdot d_i = -\frac{18}{965,01} \cdot 263,02 = -4,91 \text{ см} \approx 5 \text{ см.} \quad (40)$$

Поправки δ_h заносять у графу 4 таблиці 5.

Далі визначають виправлені перевищення $h_{\text{випр}}$ (графа 5 таблиці 5) для кожної сторони ходу.

Для сторони ПП 125 – I

$$h_{\text{випр}_1} = h_{\text{сер}_1} + \delta_{h_i} = -4,22 + (-0,05) = -4,27 \text{ м.} \quad (41)$$

Позначки станцій H_i підраховують за відомою позначкою $H_{\text{ПП}125}$ і за виправленими перевищеннями $h_{\text{випр } i}$ та записують у графу 6

$$H_I = H_{\text{ПП125}} + h_{\text{випр1}} = 120,20 + (-4,27) = 115,93 \text{ м}; \quad (42)$$

$$H_{II} = H_I + h_{\text{випр2}} = 115,93 + (-0,37) = 115,56 \text{ м і т. д.}$$

Контролем правильності підрахунків є одержання відомої позначки станції ПП 130, записаної раніше в графі 6 таблиці 5 ($H_{\text{ПП 130}} = 123,48$).

Таблиця 5 – Відомість ув'язки перевищень висотного ходу та підрахунку позначок станцій

Номери станцій	Горизонтальні прокладення	Середні перевищення $h_{\text{сер}}$, м	Поправки в перевищення δ_h , м	Виправлені перевищення $h_{\text{випр}}$, м	Позначки станцій H , м	Номери станцій
1	2	3	4	5	6	7
ПП 125	263,02	-4,22	-0,05	-4,27	120,20	ПП 125
I					115,93	I
II	239,21	-0,33	-0,04	-0,37	115,56	II
III	269,80	+1,04	-0,05	+0,99	116,55	III
ПП 130	192,98	+6,97	-0,04	+6,93	123,48	ПП 130
	$P=965,01$	$\sum h_{\text{сер}} = +3,46 \text{ м}$	$\sum \delta_h = -0,18 \text{ м}$	$\sum h_{\text{випр}} = +3,28 \text{ м}$		

Результати підрахунків оформляють у вигляді схеми висотного обґрунтування (рисунок 5).

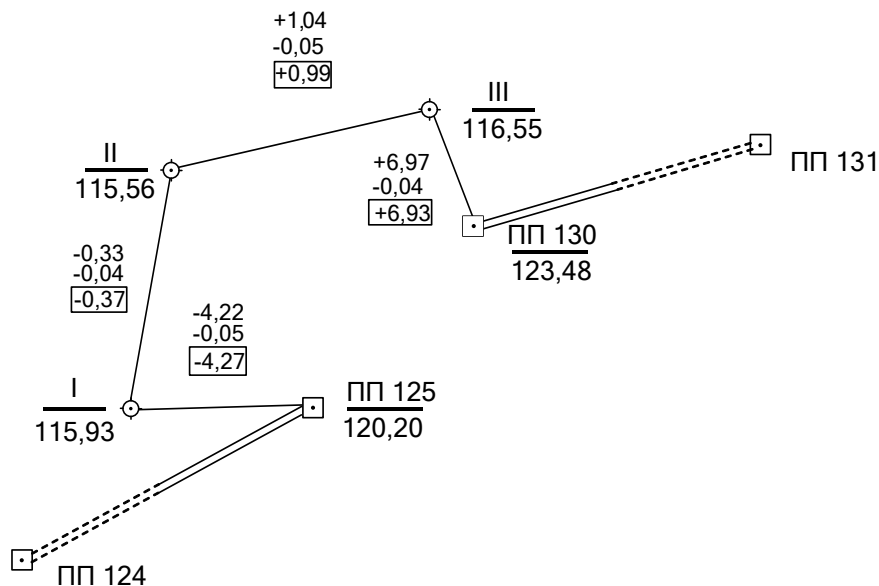


Рисунок 5 – Схема висотного обґрунтування

5 Обробка журналу тахеометричної зйомки

Л і т е р а т у р а [1, § 54–57; 2, § 210; 4, § 131, 132].

У таблиці 6 наведено журнал тахеометричної зйомки, у якому студент повинен самостійно обробити результати вимірювань, здійснених на станціях ПП 125, I, II, III, ПП 130. Значення, наведені в графах 1, 2, 3, і 4 є загальними для всіх варіантів. У журналі складаються абриси зйомки (рисунок 6). Позначки станцій H приймають згідно таблицю 5 та записують в одному рядку з номером цієї станції. Значення місця нуля теодоліта M_0 приймають рівним нулю.

Кут нахилу v (графа 5 таблиці 6) при $M_0 = 0$ дорівнює $v = \text{КЛ}$, якщо $v \geq 0^\circ$; або $v = \text{КЛ} - 360^\circ$, якщо $\text{КЛ} < 360^\circ$. Наприклад, на станції ПП 125 для точок 1 і 2

$$v_1 = 358^\circ 48^I - 360^\circ 00^I = -1^\circ 12^I;$$

$$v_2 = 0^\circ 43^I.$$

Горизонтальне прокладення відстані від станції до рейкової точки (графа 6 таблиці 6) визначається за формулою

$$d = L \cdot \cos^2 v. \quad (43)$$

Якщо $v < 2^\circ$, приймають $d = L$. Наприклад, $d_1 = L_1 = 111,2$ м, $d_2 = L_2 = 61,8$ м.

Перевищення рейкової точки відносно станції (графа 7 таблиці 6) підраховують за формулою

$$h = \frac{1}{2} \cdot L \cdot \sin 2v + i - u, \quad (44)$$

де i – висота теодоліта на цій станції, м;

u – висота наведення, м.

Для точки 1 $u = i = 1,44$ м, тому

$$h_1 = \frac{1}{2} \cdot 111,2 \cdot \sin 2(-1^\circ 12') = -2,33 \text{ м.}$$

Для точки 2 $u = 2,00$ м, тому

$$h_2 = \frac{1}{2} \cdot L_2 \cdot \sin 2 \cdot v_2 = \frac{1}{2} \cdot 61,8 \cdot \sin(2 \cdot 0^\circ 43') + 1,44 - 2,00 = 0,21 \text{ м.} \quad (45)$$

Позначки рейкових точок на кожній станції (графа 8 таблиці 6) студент підраховує алгебраїчним складанням позначки цієї станції з відповідним перевищенням. Для точок 1 і 2

$$H_1 = H_{\text{III125}} + h_1 = 120,20 + (-2,33) = 117,87 \text{ м;}$$

$$H_2 = H_{\text{III125}} + h_2 = 120,20 + 0,21 = 120,41 \text{ м.}$$

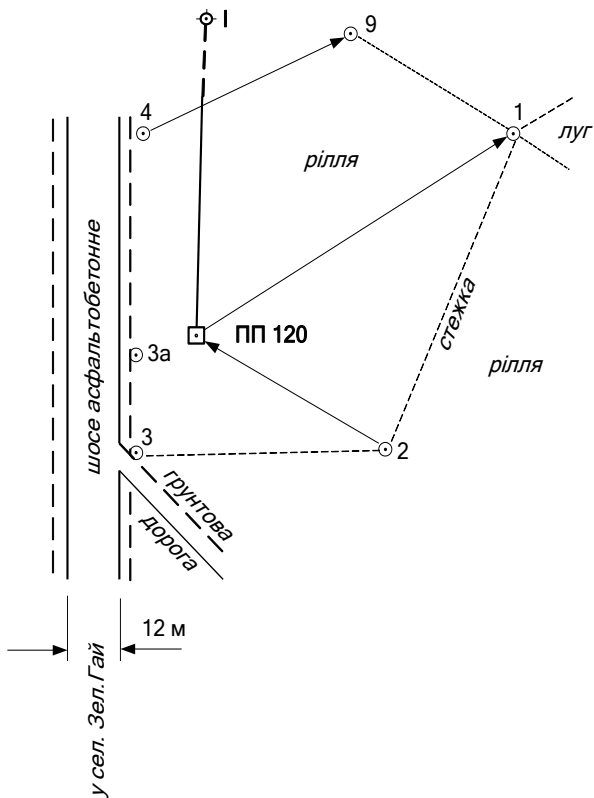
Таким чином заповнюють графи 5–8 журналу тахеометричної зйомки (таблиця 6) на всіх станціях.

Таблиця 6 – Журнал тахеометричної зйомки

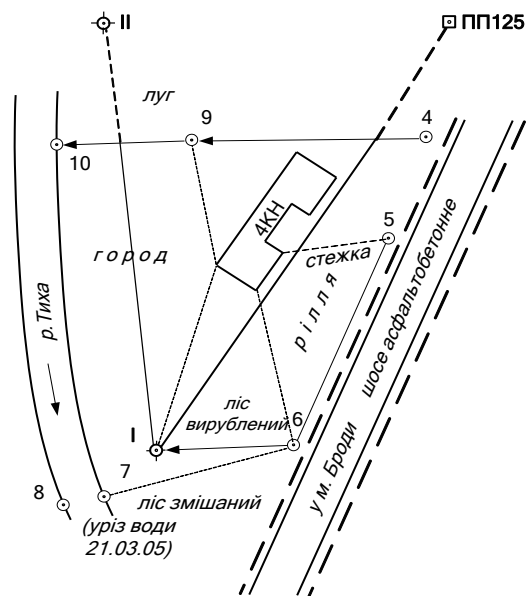
Номер точки візування	Відліки			Кут нахилу ν 0 I	Горизонтальне прокладення, м $d = L \times \cos^2 \nu$	Перевищення, м $h = \frac{1}{2} L \times \sin 2\nu + i - u$	Позначки точок $H, \text{ м}$	Примітка
	за далекоміром $L = k \cdot n$	по горизонтальному крузу 0 I	по вертикальному крузу, КЛ 0 I					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станція ПП 125 $i = 1,44 \text{ м}$ $M_0 = 0^\circ 00^I$ $H = 120,20$								
I		$0^\circ 00^I$						
1	111,2	$57^\circ 50^I$	$358^\circ 48^I$	$-1^\circ 12^I$	111,2	-2,33	117,87	
2	61,8	$140^\circ 05^I$	$0^\circ 43^I$	$0^\circ 43^I$	61,8	+0,21	120,41	$u = 2,00 \text{ м}$
3	66,0	$181^\circ 10^I$	–	–	66,0	–	–	гр. дорога
3 а	13,6	$238^\circ 00^I$	–	–	13,6	–	–	
4	82,1	$345^\circ 00^I$	$0^\circ 02^I$	$0^\circ 02^I$	82,1	+0,05	120,25	
I		$0^\circ 00^I$						
Станція I $i = 1,42 \text{ м}$ $M_0 = 0^\circ 00^I$ $H = 115,93$								
ПП 125		$0^\circ 00^I$						
5	149,7	$13^\circ 00^I$	$1^\circ 33^I$					
6	68,0	$52^\circ 05^I$	$1^\circ 42^I$					
7	11,9	$148^\circ 30^I$	$356^\circ 06^I$					
8	25,2	$175^\circ 58^I$	–					Уріз
9	148,0	$327^\circ 45^I$	$0^\circ 48^I$					Уріз
ПП 125		$0^\circ 00^I$						
Станція II $i = 1,37 \text{ м}$ $M_0 = 0^\circ 00^I$ $H = 115,56$								
I		$0^\circ 00^I$						
10	98,3	$27^\circ 08^I$	$359^\circ 52^I$					Уріз
11	24,6	$50^\circ 28^I$	–					Уріз
12	34,4	$66^\circ 48^I$	–					Уріз
13	62,1	$182^\circ 43^I$	$359^\circ 58^I$					Уріз
I		$0^\circ 00^I$						
Станція III $i = 1,42 \text{ м}$ $M_0 = 0^\circ 00^I$ $H = 116,55$								
II		$0^\circ 00^I$						
14	102,8	$24^\circ 41^I$	$359^\circ 35^I$					Уріз
15	44,1	$56^\circ 23^I$	$359^\circ 11^I$					Уріз
16	38,0	$128^\circ 00^I$	–					Уріз
17	25,6	$143^\circ 19^I$	$358^\circ 40^I$					Уріз
II		$0^\circ 00^I$						

Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Станція ПП 130 $i = 1,40$ м $M_0 = 0^{\circ}00^I$ $H = 123,48$								
III		$0^{\circ}00^I$						
18	86,2	$29^{\circ}31^I$	$357^{\circ}55^I$					
19	56,2	$69^{\circ}28^I$	$357^{\circ}44^I$					
20	48,0	$165^{\circ}26^I$	$356^{\circ}37^I$					
21	103,2	$288^{\circ}07^I$	$359^{\circ}08^I$					$u = 3,00$ м
22	60,3	$340^{\circ}11^I$	$357^{\circ}08^I$					
III		$0^{\circ}00^I$						



а – абрис
тахеометричної зйомки
(станція ПП 120)



Примітки
1. Зйомка будівлі показана окремо.
2. Рейкові точки 5 і 6 взяті по зовнішній бровці кювету.

б – абрис
тахеометричної зйомки
(станція I)

Рисунок 6 – Абрисы тахеометричної зйомки, аркуш 1

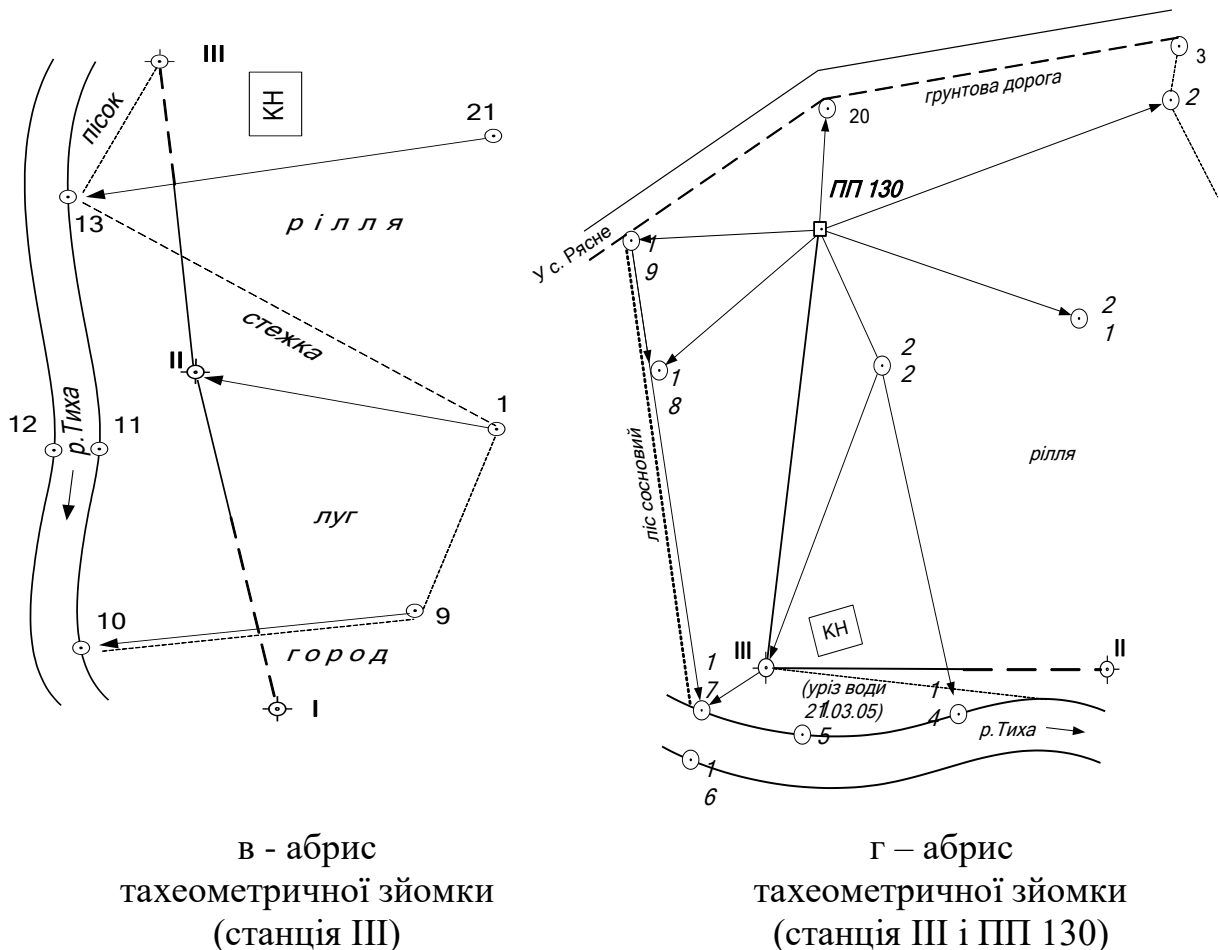


Рисунок 6 – Абрисы тахеометричної зйомки, аркуш 2

6 Побудова топографічного плану

Л і т е р а т у р а [1, § 57; 2, § 41–43; 4, § 132].

Побудова координатної сітки. Координатну сітку у вигляді сітки квадратів зі стороною кожного квадрата 10 см будують на аркуші креслярського паперу розміром 60×60 см. Потрібну кількість квадратів сітки підраховують, керуючись одержаними значеннями координат вершин теодолітно-висотного ходу (таблиця 3, графи 11, 12).

П р и к л а д. Найбільша та найменша абсциси точок ходу $X_{\max}=238,09$ і $X_{\min}=-151,00$. У масштабі плану (1:2000) сторона квадрата в 10 см на місцевості відповідає відстані в 200 м. Тому кількість квадратів у напрямку північ-південь дорівнює

$$n_x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{200} = \frac{238 - (-151)}{200} = \frac{389}{200} \approx 2. \quad (46)$$

Для зручності побудови приймаємо три горизонтальні ряди квадратів з координатами ліній $X_{\max} = 400$ м і $X_{\min} = -200$ м, при яких полігон буде розташований посередині сітки (рисунок 7).

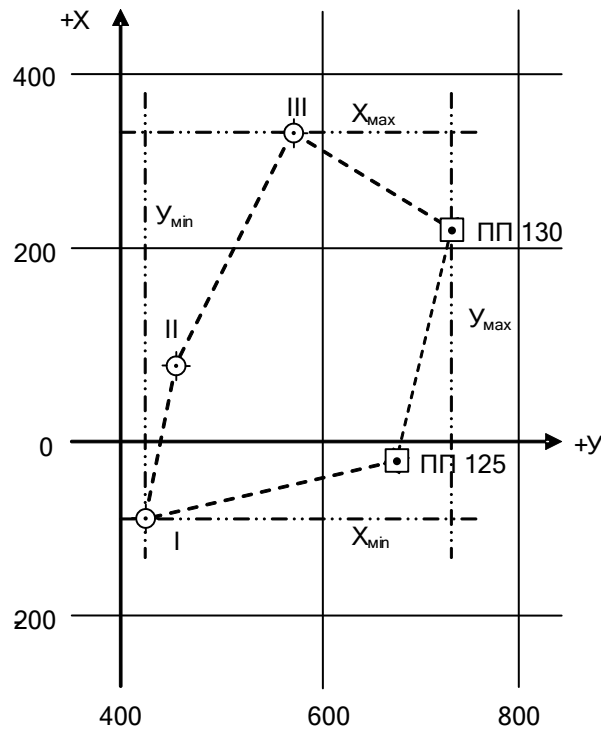


Рисунок 7 – Ескіз сітки квадратів

Так само при наявності ординат $Y_{\max} = 708,13$ м та $Y_{\min} = 401,41$ м кількість квадратів у напрямку захід-схід дорівнює

$$n_y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{200} = \frac{708 - 401}{200} = \frac{307}{200} \approx 2.$$

Отже, необхідно побудувати два вертикальні ряди квадратів з координатами ліній $Y_{\min} = 400$ і $Y_{\max} = 800$.

Для побудови сітки квадратів зручно використовувати спеціальну лінійку Дробишева. Цей метод побудови докладно наведено в літературі [1, § 38; 2, § 41; 4, § 155].

Існує інший метод без лінійки Дробишева. На аркуші паперу відповідного розміру з кута на кут проводять дві діагоналі ec і bd (рисунок 8).

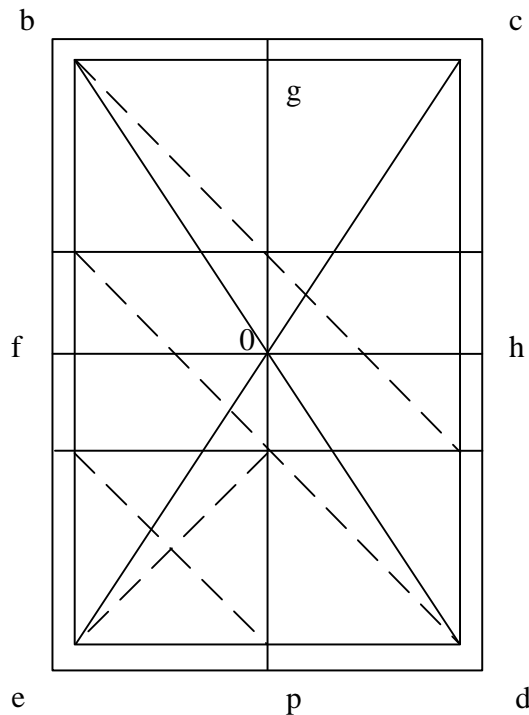


Рисунок 8 – Побудова сітки квадратів по діагоналях

Від точки їх перетину «0» відкладають по діагоналях однакові відрізки $0e$, $0b$, $0c$ і $0d$. З'єднавши точки e , c , b і d , одержують прямокутник, оскільки за побудовою діагоналі ec і bd рівні.

Далі сторони прямокутника $bcd e$ розділяють навпіл і одержують точки p , f , g і h . Якщо кількість квадратів парна (по сторонах bc і de), то від точок p і g в обидва боки по них відкладають циркулем-вимірювачем відрізки, які дорівнюють стороні квадрата 10 см. Якщо кількість квадратів непарна (по сторонах be і cd), то від точок f і h відкладають в обидва боки половину сторони квадрата – 5 см, а потім десятисантиметрові відрізки.

Перевірку побудови виконують циркулем-вимірювачем. Для цього порівнюють діагоналі одержаних квадратів, які повинні бути однакові. Лінійкою можна перевірити, чи знаходяться вершини квадратів на одній лінії. В обох випадках допускаються похибки, які не виходять за межі графічної точності, тобто не більше 0,2 мм.

Далі координатну сітку оцифровують по осях X та Y (рисунок 7) відповідно до масштабу плану.

Необхідно пам'ятати, що на планах і картах вісь X завжди спрямована по меридіану. Оцифровку виконують таким чином, щоб теодолітний хід було розташовано приблизно посередині аркуша паперу. Так, для прикладу, наведеного у «Відомості обчислення координат вершин теодолітного ходу» (таблиця 3) було б зручну оцифровку, наведено на рисунку 7.

Побудова теодолітно-висотного ходу за координатами його вершин. Вершини ходу наносять на план за їх підрахованими прямокутними координатами (таблиця 3, графі 11, 12).

Припустимо, потрібно нанести точку ПП 125 з координатами $X = -14,02$ і $Y = +627,98$. Отже, вона знаходиться у квадраті, обмеженому лініями з абсцисами 0 і -200 та координатами $+600$ і $+800$ (рисунок 9). Від лінії з абсцисою 0 по обох вертикальних сторонах цього квадрата відкладають вниз відстані по $14,02$ м кожна в масштабі плану (тобто $7,01$ мм), помічають точки а і б і з'єднують їх тонкою лінією. Потім уздовж цієї лінії від точки а (лінії з абсцисою $+600$) відкладають управо відстань $627,98 - 600 = 27,98$ м (тобто $13,99$ мм в масштабі плану) та знаходять точку ПП 125. Цю точку фіксують легким наколюванням голки циркуля-вимірювача й одразу ж позначають квадратом 2×2 мм. Поруч записують у вигляді дробу: у чисельнику – назву пункту ПП 125, у знаменнику – його позначку $120,20$ (таблиця 5) з точністю до сотих часток метра.

Так само будують точку І з координатами $X = -151,00$ і $Y = +403,41$ (рисунок 9) та інші точки ходу.

Точки будують за допомогою циркуля-вимірювача і масштабної лінійки.

Положення нанесених точок ходу необхідно проконтролювати. Для контролю вимірюють відстані між точками. Одержані на плані довжини сторін ходу повинні відрізнятись від записаних у графі 6 відомості обчислення координат (таблиця 3) не більше ніж на $0,2$ мм в масштабі плану. Крім того, правильність спрямування лінії відповідно до її дирекційного кута перевіряють за допомогою транспортира.

Після завершення контролю вершини ходу послідовно, відповідно до схеми (рисунок 7) з'єднують тонкими лініями.

Побудоване таким чином планове обґрунтування є каркасом для нанесення на план ситуації.

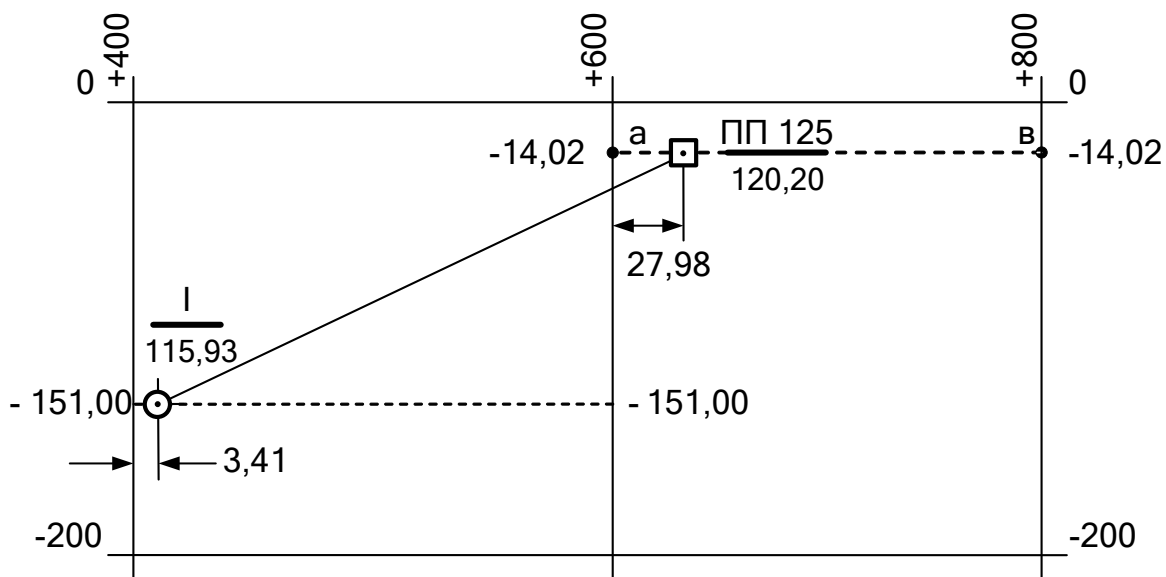


Рисунок 9 – Побудова точок теодолітно-висотного ходу за їх координатами

Нанесення на план рейкових точок. Рейкові точки наносять на план за допомогою циркуля-вимірювача, масштабної лінійки і транспортира. Дані для нанесення беруть з тахеометричного журналу (таблиця 6).

Прийоми нанесення на план рейкових точок описані в навчальній літературі [1, § 57; 2, § 43; 4, § 132].

Кожен студент будує одну половину плану ділянки місцевості згідно зі своїм варіантом.

Варіант А. Студенти, прізвища яких починаються з літер А, Б, В, ... К, повинні зобразити ситуацію і рельєф місцевості в межах ділянки, обмеженої лінією ПП 125-П, річкою й автомобільною дорогою. Ці студенти наносять на план точки 1, 3а, 4-12.

Варіант Б. Студенти, прізвища яких починаються з літер Л, М, Н, ... Я, повинні зобразити ситуацію і рельєф місцевості в межах ділянки, обмеженої лінією ПП 125-П, річкою, лінією 17-19, ґрунтовою й автомобільною дорогами.

При зйомці на станції ПП 125 лімба теодоліта був зорієнтований за напрямком на наступну станцію І (відлік по

горизонтальному кругу в напрямку на станцію I дорівнює $0^{\circ}00^I$ – таблиця 6). За допомогою транспортира (рисунок 10) вправо, за годинниковою стрілкою від напрямку ПП 125 – I відкладають горизонтальні кути (відліки по горизонтальному кругу, виміряні при візуванні на рейкові точки 1, 2, 3, 3а і 4 (таблиця 6, графа 3). Одержавши на плані напрямки на ці рейкові точки, від станції ПП 125 по них відкладають у масштабі 1:2000 значення відповідних горизонтальних відстаней (таблиця 6, графа 6). При зйомці зі станцій I, II, III і ПП 130 лімб зорієнтований на попередню (задню) станцію. Тому при нанесенні рейкових точок на план горизонтальні кути на цих станціях потрібно відкладати за годинниковою стрілкою від напрямку на попередню станцію.

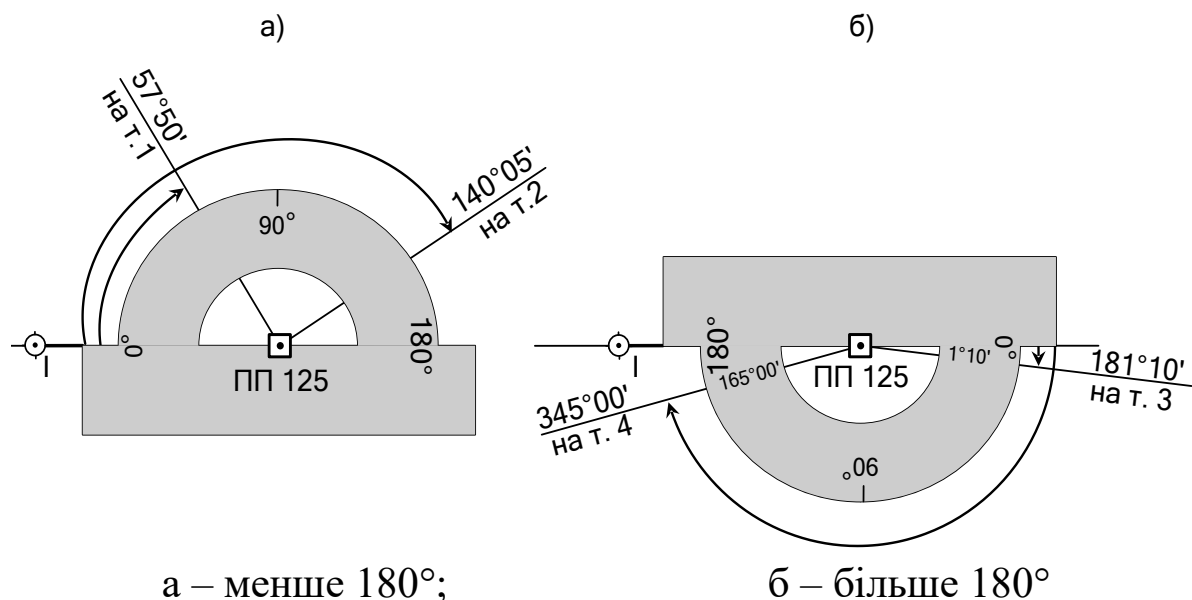


Рисунок 10 – Побудова на плані напрямків на рейкові точки, для яких відліки по горизонтальному кругу

Нанесену на план рейкову точку позначають слабким наколюванням голки циркуля-вимірювача й обводять окружністю діаметром 1,0 мм. Поруч олівцем підписують у вигляді дробу номер точки і її позначку з округленням до десятих часток метра. Рейкові точки 7, 10, 13–15 і 17, у яких були визначені позначки урізу води в річці, потрібно обвести окружністю діаметром 1,2 мм, вказавши позначки урізу води з точністю до сотих часток метра. Біля інших рейкових точок на лінії урізу води підписують тільки їх номери.

Зображення ситуації на плані. Накладку ситуації здійснюють у масштабі 1:2000 за абрисами зйомки будівель (рисунок 3) і абрисами тахеометричної зйомки (рисунок 6). Спочатку доцільно нанести будівлю, зняту способами перпендикулярів і лінійних засічок.

Варіант А. Використовуються абрис зйомки будівель (рисунок 3, а) і абриси тахеометричної зйомки (рисунок 6, а-в). Шосе наносять за рейковими точками 3а, 5 і 6, ширина його в межах ділянки зйомки визначена умовними знаками (рисунок 14). Лінія урізу води в річці Тиха проходить по рейкових точках 7, 10, 11 і 8, 12, ширина річки визначається взаємним розташуванням точок 7 і 8, 11 і 12.

Варіант Б. Використовується абрис зйомки будівлі (рисунок 3, б) і абриси тахеометричної зйомки (рисунок 6, а, в, г). Шосе і ґрунтову дорогу наносять за рейковими точками 3а, 3, 20, 19; ширина шосе і ґрунтової дороги в межах ділянки зйомки визначається умовними знаками (рисунок 14). Лінія урізу води в річці Тиха проходить по рейкових точках 11, 13, 14, 15, 17 і 12, 16; ширина річки визначається взаємним розташуванням точок 11 і 12, 16 і 17.

Зображення рельєфу на плані. За позначками станцій і рейкових точок на плані проводять горизонталі з перерізом рельєфу через 1 м. Сліди горизонталей потрібно знаходити графічною інтерполяцією; її виконують лише між точками, які в абрисах тахеометричної зйомки (рисунок 6, а – в за варіантом «а» або рисунок 6, а, в, г за варіантом «б») з'єднані стрілками. З'єднання яких-небудь двох точок в абрисі стрілкою говорить про те, що місцевість між ними має лише один схил (без перегинів), напрямок по якому зверху вниз і вказує стрілка. Розпочинаючи зображувати рельєф, точки на плані, між якими на абрисі є стрілки, з'єднують олівцем тонкими допоміжними лініями. Для графічної інтерполяції зручно використовувати палетку. Для її одержання на листі кальки проводять паралельні прямі лінії (рисунок 11) з довільними, але рівними інтервалами (5–10 мм).

Ці лінії підписують значеннями позначок, кратними висоті перерізу рельєфу, від найменшої до найбільшої (наприклад, від 124,0 до 134,0).

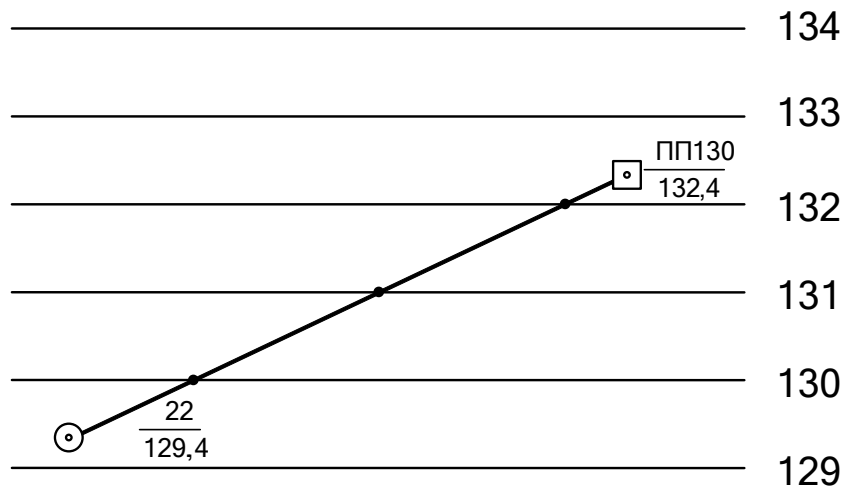


Рисунок 11 – Графічна інтерполяція за допомогою палетки

Нехай потрібно виконати інтерполяцію між нанесеними на план станцією ПП 130 і рейковою точкою 22, позначки яких відповідно 132,4 і 129,4 м. (рисунок 11). Для цього палетку накладають на план так, щоб одна з точок, наприклад ПП 130, зайняла положення між паралельними лініями відповідно до своєї позначки 132,4 м. Точку ПП 130 наколюють голкою і палетку обертають навколо неї таким чином, щоб друга точка 22 розташувалась між лініями відповідно до її позначки 129,4 м.

Переколюють на план точки перетину ліній палетки з лінією ПП 130–22 та підписують їх позначки.

Аналогічні дії здійснюють по інших лініях. Точки з однаковими позначками з'єднують і отримують горизонталі (рисунок 12).

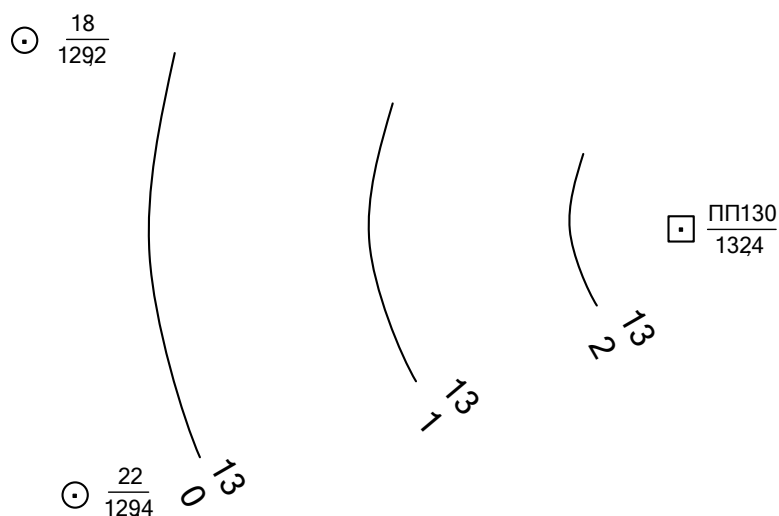


Рисунок 12 – Результат інтерполяції трьох точок

Побудова графіка закладень. У нижній частині плану будують графік закладень для ухилів. Приймаючи ухил 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07 і висоту перерізу рельєфу 1 м плану, що складається, підраховують відповідні їм закладення. Вихідною формулою для підрахунків є формула ухилу $i = h/d$, де i – ухил; h – перевищення (у нашому випадку – висота перерізу рельєфу); d – закладення.

П р и к л а д. Для ухилу $i = 0,02$ підраховуємо закладення $d = h/i = 1,0 \text{ м}/0,02 = 50,0 \text{ м}$, яке в масштабі плану становить 25,0 мм.

По одній осі графіка відкладають значення ухилів: відклавши послідовно один до одного шість однакових відрізків довільного розміру, біля їх кінців підписують значення ухилів від 0,01 до 0,07 через 0,01. На кінцях відкладених відрізків підіймають перпендикуляри, по яких відкладають у масштабі 1:2000 відповідні ухилам підраховані значення закладень d . Через кінці відкладених закладень проводять плавну криву за лекалом.

Оформлення топографічного плану. Усі контури і рельєф, зображені на плані, креслять тушшю відповідно до умовних знаків. При цьому необхідно пильно витримувати обриси і розміри, а також порядок розміщення значків, наведених для масштабу 1:2000. Усі побудови і підписи виконують тонкими лініями. Допоміжні побудови на плані тушшю не обводять.

Оформлення складеного плану доцільно почати з накреслення рамки (рисунок 13).

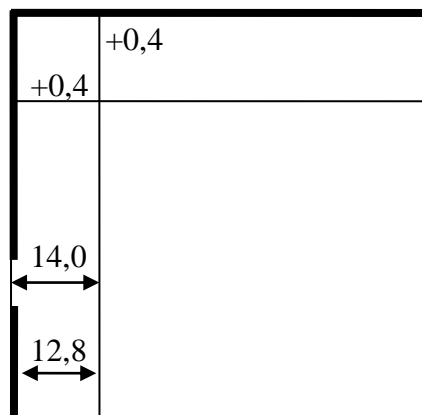


Рисунок 13 – Фрагмент оформлення рамки плану (розміри наведені в міліметрах)

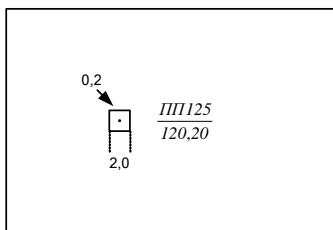
Рамку будують так, щоб план ділянки розмістився приблизно посередині. Внутрішні лінії рамки суміщають з лініями координатної сітки, а якщо зміщують їх, то обов'язково на цілу кількість сантиметрів. Координати чотирьох вершин внутрішньої рамки підписують відповідно до оцифрування ліній координатної сітки. З північної і південної сторони підписують значення Y , а із західної і східної – X ліній координатної сітки. Відповідно до зразку, виконують зарамкові підписи і розміщують графік закладень для ухилів.

Берегові лінії річки і маленькі окружності, які позначають рейкові точки 7, 10, 13, 14, 15, і 17 з визначеними позначками урізу води, креслять зеленою тушшю. Блакитну заливку здійснюють цілком по всьому руслу річки. Зеленою тушшю також проводять крайні штрихові лінії з обох сторін шосе.

При кресленні елементів рельєфу горизонталі проводять коричневою тушшю. Звичайна товщина горизонталі повинна бути 0,12–0,15 мм. Горизонталі з позначками, кратними 5 м, потовщують до 0,2–0,25 мм і підписують у їх розривах коричневим кольором. Позначки цих горизонталей підписують таким чином, щоб верх цифр був спрямований у бік підвищення схилу місцевості. Також коричневою тушшю ставлять точки в умовному знаку піску. Показники напрямку схилів (бергштрихи) наносять на горизонталі, що відтворюють вершини ділянки, ділянки з малими ухілами, а також біля рамок плану.

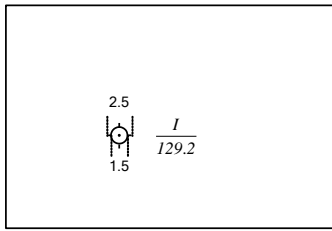
Через контури будівель і шосе горизонталі не проводять.

Усі інші лінії, умовні знаки і підписи виконують чорною тушшю. Номери рейкових точок тушшю не обводять, показуючи їх лише олівцем.

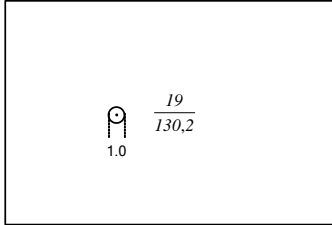


Пункти геодезичних мереж згущення і їх номери

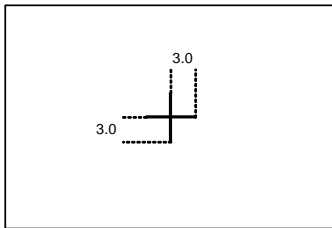
Рисунок 14 – Зразки деяких умовних знаків для масштабу 1:2000, аркуш 1



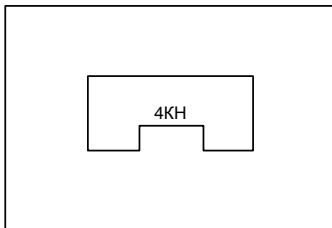
Точки планових знімальних мереж тривалого закріплення на місцевості



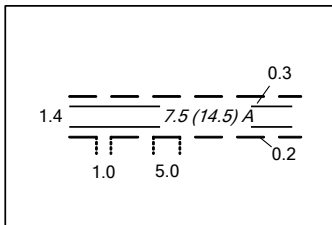
Рейкові точки



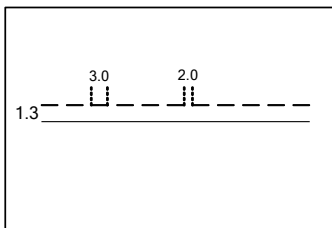
Перетин координатних ліній, колір – зелений



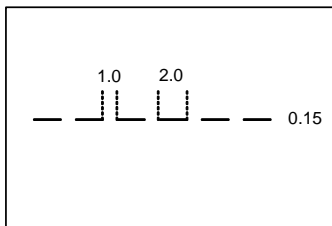
Будівля 4-поверхова, кам'яна, нежила (креслиться за заданими розмірами в масштабі плану)



Автомобільна дорога з асфальтобетонним (А) покриттям (шосе) та її характеристиками: ширина проїзної частини, загальна ширина дороги, м

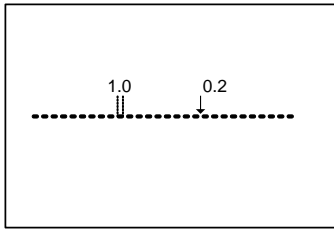


Ґрунтова дорога – путівець

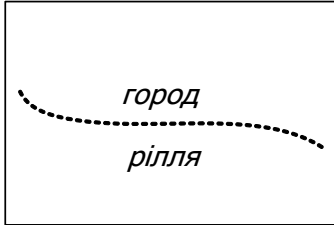


Стежка пішохідна

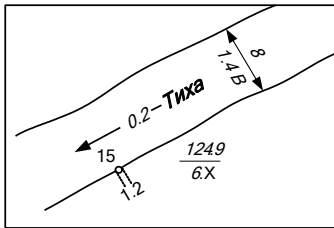
Рисунок 14, аркуш 2



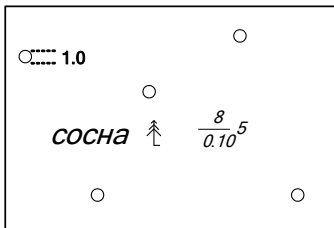
Контури рослинності, сільськогосподарських угідь, ґрунтів



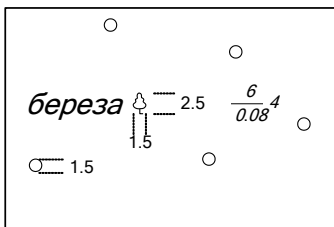
Город, рілля (шрифт-курсив малокоонтрастний, 1,6 мм)



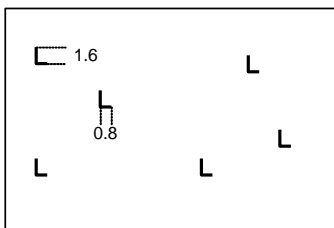
Річка з характеристиками: напрямком і швидкістю течії, м/с; назвою, шириною, м; глибиною, м; ґрунтом дна, позначкою урізу води і датою її вимірювання. Лінії урізу – зелені, заливка річки – блакитна



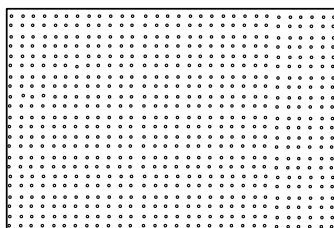
Ліс природний хвойний високостовбурний. У чисельнику дроби – середня висота, м; у знаменнику – середня товщина стовбурів, м; справа – середня відстань між деревами, м



Ліс природний листяний високостовбурний. Розташування кружків довільне, висота значка дерева – 2,5 мм, ширина крони – 1,5 мм

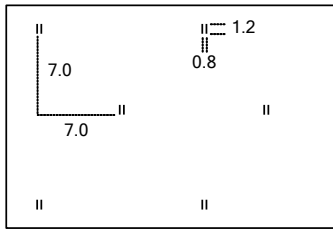


Ділянки лісу вирубані

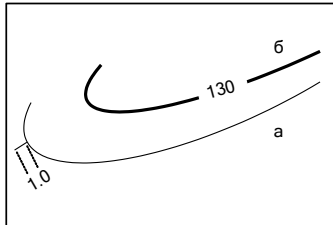


Піски рівні, колір жовтий

Рисунок 14, аркуш 3



Рослинність трав'яна, лугова (попередньо по всій площі будується олівцем паралельно координатних ліній допоміжна сітка квадратів зі сторонами 7,0 мм, умовні знаки розташовують у шаховому порядку)



Горизонталі: а) основні; б) основні, потовщені з написом позначки, м; і бергштрихом (показником напрямку схилів), колір коричневий

Примітка – Розміри надані у міліметрах.

Рисунок 14, аркуш 4

ЗАВДАННЯ 3. Рішення задач на топографічному плані

Задача 1. Знайти позначку точки *A*, взятої між двома суміжними горизонталями. Точка *A* намічається самим студентом між будь-якими двома горизонталями. Знайдену позначку підписують на плані біля точки.

Задача 2. Визначити ухил відрізка *BC*, проведеного між суміжними горизонталями. Відрізок проводиться в будь-якому місці так, щоб його точки *B* і *C* були на двох суміжних горизонталях. Знайдене значення ухилу записують уздовж відрізка.

Задача 3. Від ПП 125 до рейкової точки 10 (для варіанта А) або від ПП 130 до точки Ш (для варіанта Б), користуючись графіком закладень, провести найкоротшу ламану лінію так, щоб ні на одному з її відрізків ухил не перевищував $i = 0,020$.

Задача 4. Побудувати профіль місцевості по прямій, яка з'єднує точки I і ПП 125 (для варіанта А) або рейкові точки 13 і 20 (для варіанта Б). Масштаби профілю прийняти: горизонтальний – 1:2000, вертикальний – 1:200.

Задача 5. Підрахувати площу, обмежену сторонами п'ятикутника ПП 125-I-II-III-ПП 130, за координатами *X* і *У* вершин (таблиця 3).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Ващенко В. І., Літинський В. О., Перій С. С. Топографо-геодезичний практикум : навч. посіб. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 428 с.

2 Геодезія. Топографія : навч. посіб. / А.Л. Островський, О. І. Мороз, З. Р. Тартачинська, І. Ф. Гарасимчук. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. 440 с.

3 Кузьмін В. І., Білятинський О. А. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві. Київ : Вища шк., 2006. 278 с.

4 Ратушняк Г. С. Топографія з основами картографії : навч. посіб. Вінниця : ВДТУ, 2002. 179 с.

5 Білокриницький С. М. Геодезія : навч. посіб. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. 576 с.

6 Артамонов Б. Б., Штангрет В. П. Топографія з основами картографії : навч. посіб. Львів : Новий Світ, 2006. 248 с.

7 Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Київ : Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. 256 с.

8 Геодезія : підруч. для вузів / А. Л. Островський, О. І. Мороз, В. Л. Тарнавський; за заг. ред. А. Л. Островського. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2008. Ч. 2. 564 с.

9 Метешкін К. О., Шаульський Д. В. Математична обробка геодезичних вимірів : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2012. 176 с.

10 Геодезія / за ред. С. Г. Могильного, О. П. Войтенко. Чернігів : Видавництво Чернігів, 2002. Ч. 1. 408 с.

11 Геодезія / за ред. С. Г. Могильного, О. П. Войтенко. Чернігів : Видавництво Чернігів, 2002. Ч. 2. 410 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання контрольних завдань
з дисципліни

«ТОПОГРАФІЯ»

Відповідальний за випуск Сорочук Н. М.

Редактор Еткало О. О.

Підписано до друку 19.06.20 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 4,75. Тираж 5. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейербаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.