

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання навчальної геодезичної практики
з навчальної дисципліни

«ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 191 – Архітектура та містобудування)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до виконання навчальної геодезичної практики з навчальної дисципліни «Основи геодезії» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 191 – Архітектура та містобудування) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Т. А. Наливайко, О. Є. Поморцева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 83 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Т. А. Наливайко,
канд. техн. наук, доц. О. Є. Поморцева

Рецензент

К. А. Мамонов, доктор економічних наук, професор кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою земельного адміністрування та геоінформаційних систем, протокол № 11 від 02.01.2024.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП..... | 4 |
| 1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ПРАКТИКИ..... | 5 |
| 2 ОСНОВНІ ПРАВИЛА З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ..... | 8 |
| 3 ЗМІСТ ПРАКТИКИ..... | 11 |
| 3.1 Індивідуальні завдання..... | 11 |
| 3.2 Перевірки і юстування геодезичних приладів..... | 11 |
| 3.3 Безпосередні лінійні вимірювання..... | 25 |
| 3.4 Побудова планово-висотної зйомочної основи..... | 27 |
| 3.5 Теодолітна (горизонтальна) зйомка..... | 35 |
| 3.6 Тахеометрична зйомка..... | 38 |
| 3.7 Нівелювання поверхні за квадратами..... | 42 |
| 3.8 Вказівки відносно викреслення та оформлення плану..... | 45 |
| 3.9 Трасування та технічне нівелювання..... | 47 |
| 3.10 Розв’язування інженерних задач на місцевості геодезичними методами..... | 56 |
| 4 ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ..... | 77 |
| 5 ВИМОГИ ДО ЗВІТУ..... | 78 |
| 6 ПІДВЕДЕННЯ ПІДСУМКІВ ПРАКТИКИ..... | 80 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 81 |

ВСТУП

Геодезична практика є невід’ємною складовою навчального процесу з курсу «Інженерна геодезія» для студентів будівельних спеціальностей.

Геодезичні роботи в будівництві – одні з головних як в технологічному процесі, так і при всіх інших етапах робіт.

Студент, майбутній спеціаліст-будівельник, повинен знати: топографічні плани і карти, методи побудови планово-висотної основи, обчислення координат і висот точок, принципи виконання топографічних зйомок, нормативну літературу з геодезичних допусків. Він також повинен вміти: розв’язувати інженерні задачі за топографічними планами, виконувати перевірки геодезичних приладів та здійснювати вимірювання на місцевості, готувати вихідні дані для перенесення в натуру проєктів будівництва споруд, переносити проєкти в натуру, виконувати геодезичні роботи на всіх етапах будівництва.

Завершальним етапом у вивченні курсу «Основи геодезії» на першому курсі є польова навчальна геодезична практика, яка проводиться в районі будь-якого парку або на масиві будівництва (м. Харків) та інших місцях.

За період навчальної практики студенти розширюють і закріплюють теоретичні знання, навчаються самостійно виконувати топографічні і геодезичні роботи.

Загальну організацію геодезичної практики та контроль за її проведенням здійснює директор інституту та завідувач кафедри. До керівництва практикою студентів в академічних групах призначаються викладачі кафедри.

1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ПРАКТИКИ

Навчальна геодезична практика сприяє закріпленню та поглибленню знань, які отримані студентами за час теоретичного навчання.

Особлива увага звертається на засвоєння кожним студентом практичних навичок під час виконання польових топографічних та інженерно-геодезичних робіт.

У результаті проходження практики студенти повинні оволодіти основними видами топографічних зйомок (горизонтальна, тахеометрична), вміти проводити трасування, технічне та нівелювання по квадратах, розв'язувати інженерно-геодезичні задачі, опанувати методику польових геодезичних вимірювань та їхню обробку й оформлення, вміти виконати геодезичні роботи на різних етапах будівництва.

Обов'язки керівника практики:

- забезпечує проведення всіх організаційних заходів перед від'їздом (виходом) студентів на практику;
- зобов'язаний до початку практики провести інструктаж із техніки безпеки та правил поведінки з геодезичними приладами під час проведення польових топографо-геодезичних робіт і контролює їхнє дотримання;
- проводить формування польових бригад у кожній академічній групі (5–7 студентів); вибори бригадирів студенти проводять самостійно, тільки в крайньому випадку викладачем – керівником практики;
- визначає порядок виконання бригадами видів робіт;
- забезпечує методичне керівництво роботою;
- встановлює конкретне завдання з кожного виду робіт у кожній бригаді;
- відповідає разом із бригадиром за трудову дисципліну та повне виконання програми в кожній навчальній бригаді.

Коли програму навчальної практики виконано і всі прилади здано, керівник практики перевіряє звіт бригади і виставляє кожному студенту залік з практики (залік диференційований).

Після закінчення практики керівник подає завідувачу кафедри письмовий звіт про проведення практики із зауваженнями і пропозиціями

щодо поліпшення практики студентів.

Обов'язки бригадира:

- забезпечує навчальну і трудову дисципліну в бригаді;
- одержує в лабораторії кафедри під розписку геодезичні прилади і матеріали, за збереження яких несе відповідальність; щоб уникнути втрати приладів та інвентарю, розподіляє їх серед членів бригади і зобов'язує кожного приносити його назад;
- забезпечує почергове виконання членами бригади всіх операцій на польових і камеральних роботах і тим самим – освоєння всіма студентами програмного матеріалу практики і участь кожного члена бригади однаковою мірою в усіх видах робіт;
- забезпечує виконання студентами правил техніки безпеки, охорони праці і навколишнього середовища;
- щоденно веде таблиць відвідування та щоденник практики, куди записує всі види польових та камеральних робіт, які бригада виконувала протягом робочого дня, короткий опис цих робіт, вихідні дані, одержані від керівника практики для бригади (координати і висоти точок, дирекційні кути, радіуси заокруглень тощо);
- відповідає за правильне оформлення, ведення і належне зберігання польових журналів бригади й інших бригадних матеріалів в єдиній папці для паперів;
- забезпечує своєчасне (згідно з графіком) здавання приладів та всіх навчальних посібників після закінчення навчальної геодезичної практики;
- забезпечує належне оформлення звіту з навчальної геодезичної практики бригадою.

Обов'язки студента на геодезичній практиці:

- добре засвоїти програмний матеріал практики і особисто виконати належний комплекс польових і камеральних робіт;
- до початку практики одержати від керівника практики консультації щодо оформлення всіх необхідних документів;
- пройти ввідний інструктаж з правил техніки безпеки та правил поведіння з геодезичними приладами;
- виконувати всі розпорядження керівника практики та вказівки

бригадира;

- дотримуватись всіх правил з техніки безпеки та пожежної безпеки під час виконання геодезичних робіт; у період польових робіт завжди мати при собі головний убір;

- у повному обсязі виконувати всі завдання, передбачені програмою практики;

- нести особисту відповідальність за виконання роботи, а також за роботу всієї бригади загалом;

- бережно ставитись до державної та інших видів власності;

- бережно ставитись до геодезичних приладів та навчальних посібників; про помічену несправність потрібно негайно доповісти бригадиру або керівнику практики;

- своєчасно скласти залік з практики.

Студенти, які постійно проявляють невідповідність до навчальної практики або порушують навчальну, трудову дисципліну, чи не дотримуються правил з техніки безпеки та пожежної безпеки до подальшого проходження практики НЕ ДОПУСКАЮТЬСЯ керівником практики.

2 ОСНОВНІ ПРАВИЛА З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

1. Дотримуватись правил дорожнього руху під час переходів через шосейні дороги та користування транспортом.
2. Виконувати польові роботи у відповідному одязі, взутті та головних уборах. Під час спеки мати з собою запас питної води.
3. Не дозволяється лягати або сідати на сиру землю і траву, тому що можна простудитися.
4. Під час грози будь-які роботи необхідно припинити, забороняється знаходитись під високими деревами, а також біля високовольтних ліній електропередач.
5. Забороняється проводити зйомочні роботи поблизу ліній електропередач.
6. Забороняється підіймати рейки, віхи і проводи ліній електропередач.
7. Необхідно правильно користуватися мірними стрічками зі шпильками, молотком (сокирою), а також віхами, переносити і передавати з рук у руки.
8. Забороняється самостійно купатись у невідомих водоймах.
9. У разі наявності будь-якої небезпеки попередити інших учасників практики, вжити відповідних заходів щодо запобігання небезпеки і її попередження.

Студентам забороняється:

1. Виконувати топографо-геодезичні роботи на проїжджій частині.
2. Рубати та ламати зелені насадження.
3. Точки планово-висотної основи закріплювати на посівах або квітниках.
4. Встановлювати геодезичні прилади та проводити вимірювання стрічкою чи рулеткою на посівах, городах або квітниках.
5. Розводити вогнища, палити в необладнаних і недозволених місцях.
6. Збирати ягоди, плоди в громадських та приватних садах і городах, ловити рибу в водоймах.

Основні правила поводження з геодезичними приладами

На навчальній практиці геодезичні прилади, навчальні посібники та матеріали видаються на бригаду під розписку бригадира.

Одержані прилади мають бути оглянуті для встановлення наявності всіх вказаних в опису до нього деталей.

Мірна стрічка та рулетка мають бути оглянуті по всій їхній довжині і перевірені шпильки.

Для запобігання розриву під час роботи із стрічкою чи рулеткою потрібно стежити, щоб на ній не утворювались петлі і не допускати їхнього переїзду рухомим транспортом. Після закінчення роботи мірну стрічку та рулетку необхідно протерти насухо чистою ганчіркою.

Не дозволяється геодезичні прилади брати на роботу без футлярів.

Студентам не дозволяється розбирати геодезичні прилади та виправляти їх, крім юстувань, що відносяться до перевірки, які виконуються за участю керівника практики.

Не дозволяється залишати геодезичні прилади без нагляду або не закріплені на головці штатива становим гвинтом. Ніжки штатива, із закріпленим на ньому приладом, мають бути завжди втиснутими в землю.

Під час роботи геодезичні прилади (крім тих, що мають компенсатори) з однієї точки на іншу можна переносити міцно закріпленими на головках штативів так, щоб ніжки штативів були тільки у вертикальному положенні, складеними разом і закріпленими, водночас закріпні гвинти приладів мають бути затягнуті. Прилади з компенсаторами на короткі віддалі потрібно переносити в руках, знятими із штатива.

Студенту, який несе геодезичний прилад на штативі, категорично забороняється одночасно нести щось інше. Не дозволяється перескакувати або перелазити з інструментом через перепони, що зустрічаються.

Забороняється носити за спиною прилади на штативі, тому що можна поранити ноги.

Не дозволяється для перенесення геодезичних приладів у футлярах користуватися віхами, рейками або іншими предметами.

Вкладання геодезичного приладу у футляр та виймання його із футляра проводиться без особливих зусиль. Після вкладення приладу у футляр потрібно затягнути всі його закріпні гвинти.

Під час роботи не варто дуже сильно затягувати закріпні і становий

гвинти, а також гвинти ніжок штатива.

Навідні та підймальні гвинти геодезичних приладів повинні мати вільне обертання, що досягається їхнім відповідним регулюванням, під час роботи необхідно користуватися їхніми середніми частинами.

Після відліків по бусолі стрілка її обов'язково має бути зафіксована.

Категорично **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ** наводити зорові труби геодезичних приладів на **СОНЦЕ** (під час спеціальних робіт встановлюють бленду або фільтр).

Під час перерви в роботі теодоліти та нівеліри необхідно знімати із штативів і вкладати їх у відповідні футляри.

Обмін одного приладу на інший в період практики бригадир проводить тільки з дозволу керівника практики і через геокамеру (лабораторію).

Примітка. Матеріальну відповідальність за загублені або пошкоджені геодезичні прилади та приладдя, якщо не виявлено винуватця, несуть всі члени бригади.

Про кожний випадок втрати або пошкодження геодезичного приладу та приладдя бригадир повинен доповісти керівнику практики, скласти акт, у якому вказати винуватих осіб щодо втрати, або пошкодження відповідного майна. Акт із візою керівника практики передається завідувачу кафедри для ухвалення відповідного рішення.

3 ЗМІСТ ПРАКТИКИ

До початку практики кожна бригада повинна придбати: олівці Т, ТМ, М (або Н, НВ, В) по 2–4 шт.; 1 аркуш ватману формату А1 та 15–16 формату А4; папір міліметровий формату А3 – 2 шт., зошити учнівські – 2 шт.; папки для паперів – 2 шт.

Для виконання інженерно-геодезичних робіт кожна бригада отримує: теодоліт, нівелір, екер, мірну стрічку зі шпильками, рулетку, дві нівелірні рейки, дві віхи, геодезичний транспортир, масштабну лінійку, молоток (сокиру), журнали і відомості для кожного виду робіт. Окрім цього, на кожен вид робіт бригада отримує визначену керівником практики кількість кілків.

3.1 Індивідуальні завдання

Під час проходження навчальної геодезичної практики по кожному виду робіт, відповідно до змісту програми, керівником практики особисто видаються кожній бригаді індивідуальні завдання.

За індивідуальними завданнями під час практики студенти можуть виконувати також елементи наукової роботи (дослідження приладів, відпрацьовування методик спостережень тощо), що повинно сприяти успішному проходженню практики.

Приклади досліджень:

1. Дослідження точності вимірювання горизонтального кута теодолітом 2Т30.
2. Дослідження точності лінійних вимірювань.
3. Дослідження точності перенесення проєктної позначки в натуру нівеліром Н-3.
4. Дослідження точності визначення перевищень тригонометричним нівелюванням.

3.2 Перевірки і юстування геодезичних приладів

Спочатку бригадою виконується загальний огляд одержаних приладів та спорядження з записом результатів огляду в робочий зошит – щоденник бригади.

До початку вимірів необхідно виконати польові перевірки теодоліта, нівеліра та компарування мірної стрічки або сталюї рулетки.

Перевірки і юстування описують і результати наводять у бригадному зошиті перевірок. Перевірки виконуються після устанoвлення теодоліта або нівеліра в робоче положення.

Установлення теодоліта в робоче положення

1. Становим гвинтом закріпити теодоліт на штативі й установити над точкою, з якої необхідно виміряти кут, так щоб головка штатива була наближено горизонтальна. Відцентрувати його, тобто сумістити вістря виска, підвішеного на гачок станoвого гвинта, з точкою. Для цього необхідно ослабити станoвий гвинт і, переміщуючи теодоліт на головці штатива, сумістити вістря виска з точкою, а потім станoвий гвинт закріпити.

2. Здійснити горизонтування лімба. Спочатку встановлюють циліндричний рівень горизонтального круга за напрямком двох підймальних гвинтів і, обертаючи їх у протилежні сторони, приводять його бульбашку на середину (у нуль-пункт). Потім, повернувши алідаду на 90°, третім підймальними гвинтом також приводять бульбашку в нуль-пункт. Центрування приладу та приведення його у вертикальне положення перевіряють ще раз. Бульбашка не повинна відхилитися від нуль-пункту більш ніж на одну поділку рівня.

3. За допомогою окулярної трубочки встановлюють чітке зображення сітки ниток у полі зору труби і наводять зорову трубу на предмет, добиваючись його чіткого зображення кремальєрою. Після виконання таких дій прилад готовий до роботи.

Перевірки та юстування теодолітів

За точністю вимірювання кутів теодоліти розподіляються на високоточні, точні та технічні. Ми будемо розглядати тільки технічні теодоліти і зупинимось на відліку за штриховими та шкаловими мікроскопами (рис. 3.1).

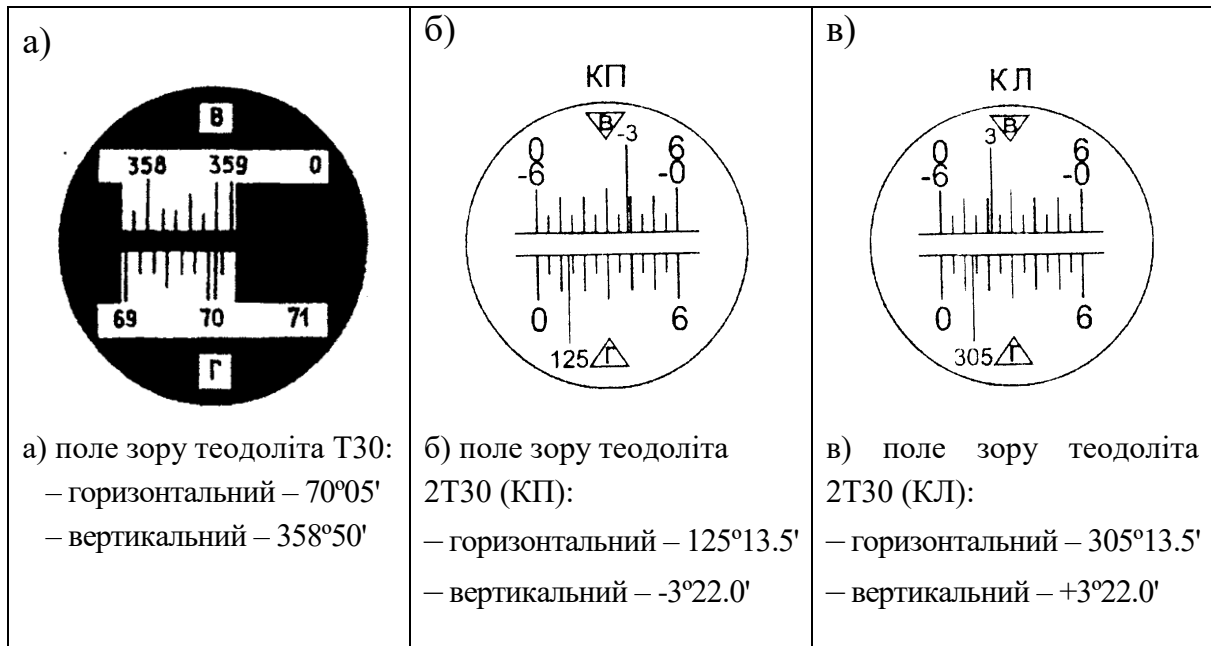


Рисунок 3.1 – Поле зору теодоліта

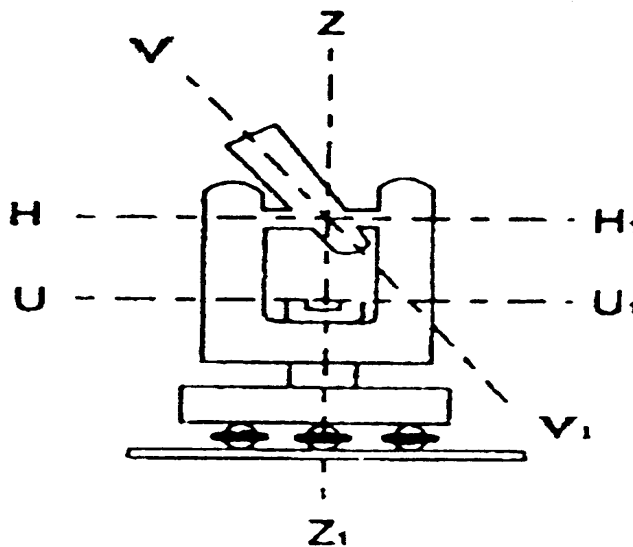


Рисунок 3.2 – Осі теодоліта

Відліки за шкалами (2Т30) знімають з точністю до 0,1 поділки, що становить $0,5'$.

Геодезичні роботи виконуються тільки теодолітами, у яких задовольняються всі геометричні умови (рис. 3.2) ($UU_1 \perp ZZ_1$, $VV_1 \perp HH_1$, $HH_1 \perp ZZ_1$).

Виправлення недопустимих відхилень взаємного розташування осей

виконується відповідною перевіркою та юстуванням теодоліта.

Перевірка рівня при алідаді горизонтального круга

Вісь циліндричного рівня горизонтального круга повинна бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання теодоліта – $UU_1 \perp ZZ_1$ (рис. 3.2).

Виконання перевірки. Установлюють теодоліт у робоче положення. Розташовують циліндричний рівень на горизонтальному крузі за напрямком двох підймальних гвинтів і, обертаючи їх у різні сторони, приводять бульбашку рівня на середину. Після цього обертають горизонтальний круг на 180° . Якщо бульбашка рівня не змістилась від нуля-пункту більше однієї поділки, умову виконано. В іншому разі виправними гвинтами рівня переміщують бульбашку в напрямку нуля-пункту на половину його відхилення, а решту відхилення компенсують підймальними гвинтами теодоліта. Після виконання юстування перевірку повторюють до виконання умови перевірки.

Перевірка сітки ниток зорової труби

Вертикальна нитка сітки повинна знаходитись у вертикальній площині (бути прямовисною).

Виконання перевірки. Приводять вертикальну вісь приладу в прямовисне положення і наводять центр візирної сітки на нитку закріпленого в 8–10 м від приладу виска. Якщо під час підймання й опускання труби вертикальна нитка сітки ниток співпадає з зображенням нитки виска, то умова виконана. В іншому випадку виконують юстування: знімають ковпачок в окулярній частині зорової труби і відпускають чотири гвинти, які закріплюють окуляр до труби. Дивлячись в окуляр, повертають діафрагму так, щоб вертикальна нитка сітки співпадала з ниткою виска. Потім закріплюють гвинти і встановлюють ковпачок.

Перевірка перпендикулярності візирної осі до осі обертання зорової труби (колімаційна помилка)

Візирна вісь зорової труби має бути перпендикулярною до горизонтальної осі обертання труби – $VV_1 \perp HH_1$ (рис. 3.2).

Виконання перевірки. Наводять зорову трубу на віддалену на

горизонті чітко виражену точку і при двох положеннях круга знімають відліки з горизонтального круга КЛ₁ і КП₁ (рис. 3.3). З метою виключення впливу ексцентриситету аліади горизонтального круга (ГК), повторюють наведення на цю точку і знімають відліки КЛ₂ і КП₂, змінивши при цьому орієнтування лімба приблизно на 180 °(табл. 3.1). Колімаційна помилка (с) обчислюється за формулою:

$$c = \frac{(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)}{4} \quad (3.1)$$

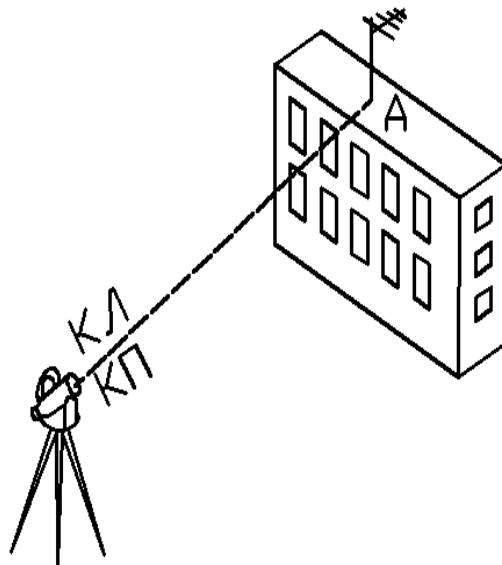


Рисунок 3.3 – Перевірка колімаційної помилки

Таблиця 3.1 – Визначення колімаційної помилки

| Точка спостереження | Відліки по горизонтальному кругу | | Обчислення |
|----------------------|----------------------------------|-----------------|--|
| До повороту лімба | КЛ ₁ | КП ₁ | $c_1 = \frac{(181^\circ 44' - 1^\circ 42' - 180^\circ) + (1^\circ 43' - 181^\circ 41' + 180^\circ)}{4} = +1,0'$ |
| | 181°44' | 1°42' | |
| А | КЛ ₂ | КП ₂ | |
| | 1°43' | 181°41' | |
| Після повороту лімба | КЛ ₁ | КП ₁ | $c_2 = \frac{(214^\circ 13' - 34^\circ 11' - 180^\circ) + (34^\circ 13' - 214^\circ 12' + 180^\circ)}{4} = +0,75'$ |
| | 214°13' | 34°11' | |
| А | КЛ ₂ | КП ₂ | |
| | 34°13' | 214°12' | |

Якщо $c \leq 2t$ ($c \leq 1'$), то умова виконана. В іншому випадку виконують

юстування. Обчислюють відлік за формулою:

$$КЛ_0 = КЛ_2 - c \text{ або } КП_0 = КП_2 + c \quad (3.2)$$

Навідним гвинтом алідади встановлюють на ГК відлік $КЛ_0$ (або $КП_0$). У цьому випадку центр сітки ниток зійде з точки, що спостерігається. Знімають ковпачок з окулярної частини і, діючи боковими гвинтами сітки ниток, переміщують діафрагму сітки ниток до збігу центра ниток із зображенням точки. Виконання перевірки повторюють за інших відліків лімба.

Перевірка рівності підставок труби

Вісь обертання зорової труби повинна бути перпендикулярною до осі обертання теодоліта – $НН_1 \perp ZZ_1$ (див. рис. 3.2).

Виконання перевірки На відстані 25–30 м від стіни будинку встановлюють у робоче положення теодоліт і наводять його на точку, що розташована в верхній частині стіни (рис. 3.4).

За допомогою зорової труби теодоліта проєктують точку вниз на висоту приладу і позначають її проєкцію – a_1 . Після цього переводять трубу через zenit при другому положенні круга таким самим способом одержують другу проєкцію – a_2 . Якщо обидві точки знаходяться в межах бісектора ниток, то умова виконана. В іншому випадку **юстування** виконують тільки в спеціальних майстернях.

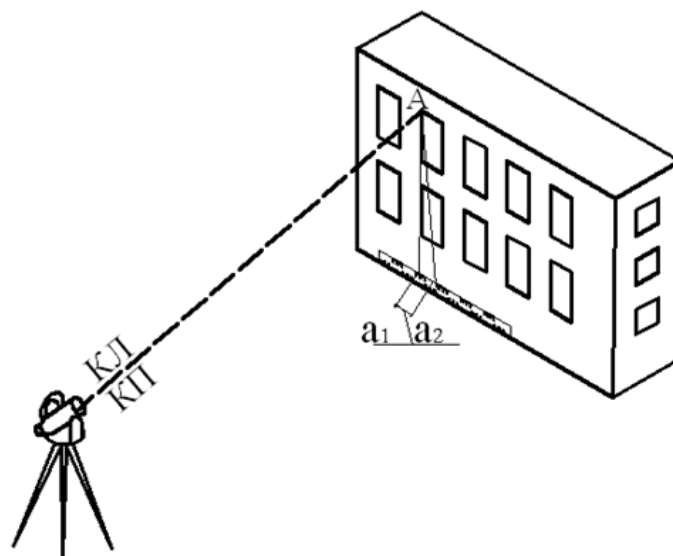


Рисунок 3.4 – Перевірка рівності підставок труби

Визначення місця нуля вертикального круга

Відлік по вертикальному кругу, за якого візирна вісь зорової труби горизонтальна, а бульбашка рівня при алідаді знаходиться в нуль-пункті, називається місцем нуля (далі – МО).

Для зручності обчислень вертикальних кутів МО має бути рівним нулю або не перевищувати подвійної точності відліку по вертикальному кругу. МО та вертикальний кут γ визначають за відповідними формулами залежно від конструкції теодоліта.

Для теодоліта ТЗ0

$$\begin{aligned} MO &= \frac{KL + KP + 180^\circ}{2}, \\ \gamma &= \frac{KL - KP - 180^\circ}{2}, \\ \gamma &= KL - MO = MO - KP - 180^\circ. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Для теодоліта 2ТЗ0

$$\begin{aligned} MO &= \frac{KL + KP}{2}, \\ \gamma &= \frac{KL - KP}{2}, \\ \gamma &= KL - MO = MO - KP. \end{aligned} \quad (3.4)$$

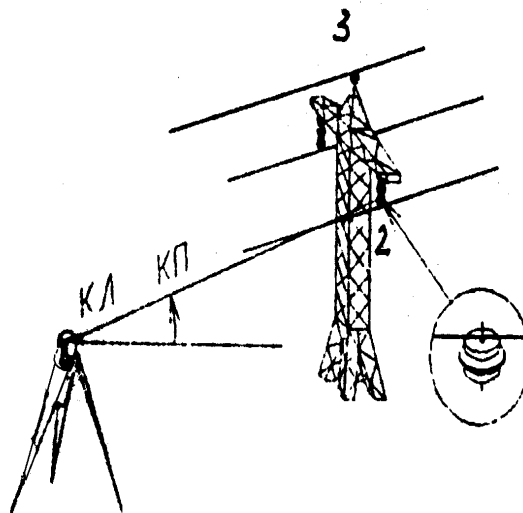


Рисунок 3.5 – Перевірка місця нуля вертикального круга

При обчисленні МО і γ по формулах (3.3) до відліків, менших за 90° , додають 360° .

Виконання перевірки

Установлюють теодоліт у робоче положення і за двох положень вертикального круга наводять зорову трубу на віддалену на горизонті чітку точку, наприклад, ізолятор опори ВЛ (рис. 3.5), знімають відліки з вертикального круга (табл. 3.2).

Постійне значення МО є контролем вимірювань, тому необхідно визначати його протягом роботи декілька разів при візуванні на різні точки місцевості, контролюючи водночас циліндричний рівень.

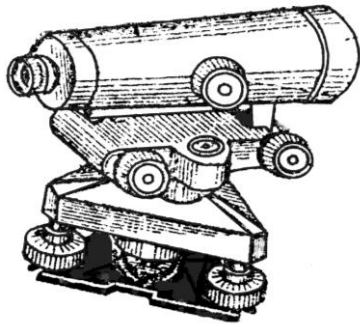
У теодолітів ряду Т30 виправлення МО виконують переміщенням по вертикалі діафрагми сітки ниток. Навідним гвинтом труби встановлюють обчислений вертикальний кут на вертикальному крузі. Ослаблюють бокові гвинти сітки і, діючи вертикальними виправними гвинтами діафрагми сітки, суміщають центр сітки ниток з точкою, що спостерігається. Після закріплення діафрагми перевірку повторюють.

Таблиця 3.2 – Журнал вимірювання вертикальних кутів

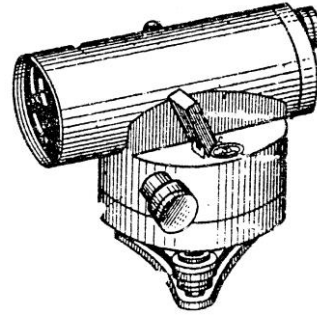
| Стан-ція | Точка спостереження | Відліки за ВК | | МО | Вертикальний кут, γ | Примітка |
|----------|---------------------|---------------|--------|--------|----------------------------|----------|
| | | КП | КЛ | | | |
| 1 | 2 | +4°18' | -4°12' | +0°03' | -4°15' | 2Т30 |
| | 3 | -2°13' | +2°19' | +0°03' | +2°16' | |

Перевірки та юстування нівелірів

Залежно від принципу приведення лінії візування в горизонтальне положення нівеліри бувають двох видів – з циліндричним рівнем при трубі – Н-3, Н-10, Н-3Л, 2Н-10Л та з компенсатором (самовстановлюваною лінією візування) – Н-3К, Н-10К, Н-3КЛ, Н-10КЛ. Загальний вигляд технічних нівелірів показано на рисунку 3.6.



а)



б)

Рисунок 3.6 – Загальний вигляд нівелірів:

а) марки Н-3; б) марки Н-3К.

Для приведення нівеліра в робоче положення необхідно:

1. Становим гвинтом закріпити нівелір на штативі і виконати установку штатива з нівеліром так, щоб його вертикальна вісь обертання зайняла приблизно прямовисне положення.

2. Горизонтування нівеліра – виконується підймальними гвинтами. Спочатку двома з них виводять бульбашку круглого рівня проти третього гвинта, а потім одним третім – на середину, тобто в центр кружка ампули рівня.

3. Досягнути чіткого зображення сітки ниток обертанням окуляра, а чіткого зображення рейки в полі зору труби за допомогою кремальєрного гвинта.

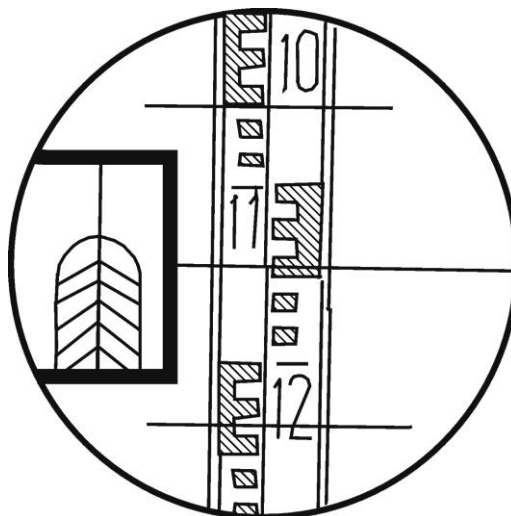


Рисунок 3.7 – Поле зору нівеліра Н-3

Варто пам'ятати, що під час роботи з рівневим нівеліром кожний раз перед відліком по рейці необхідно за допомогою елеваційного гвинта контролювати горизонтальність візирної осі, стежачи за зображенням циліндричного рівня в полі зору труби (рис. 3.7). Відлік по рейці дорівнює 1145. Якщо бульбашка рівня знаходиться в нуль-пункті, то зображення її в полі зору труби утворює в верхній частині один загальний овал.

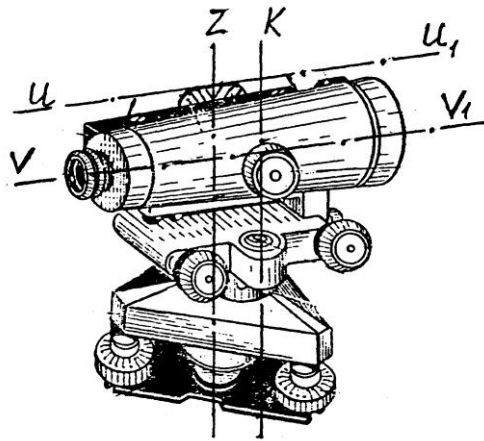


Рисунок 3.8 – Осі нівеліра Н-3

Під перевірки розуміють дії, що контролюють забезпечення відповідних умов, яким повинен задовольняти нівелір для геометричного нівелювання.

Взаємне розташування геометричних осей нівелірів Н-3, Н-10 (рис. 3.8) повинно відповідати умовам – $KK_1 \parallel ZZ_1$, $UU_1 \parallel VV_1$. Перед виконанням кожної перевірки нівелір приводять в робоче положення.

Перевірка круглого рівня

Вісь круглого рівня має бути паралельною до осі обертання нівеліра – $KK_1 \parallel ZZ_1$ (рис. 3.8).

Установлюють круглий рівень за напрямком двох підймальних гвинтів та ними виводять бульбашку рівня на середину, після чого обертають нівелір на 180° навколо осі ZZ_1 . Якщо бульбашка залишилась на середині, то умова задовольняється, а якщо бульбашка зійшла з середини, то виправними гвинтами круглого рівня необхідно перемістити її в бік нуль-пункту на половину дуги відхилення. Потім на другу половину відхилення виводять підймальними гвинтами і перевірку повторюють.

Перевірка сітки ниток

Сітка ниток має бути встановлена без перекосу, тобто горизонтальна нитка сітки має бути перпендикулярною до вертикальної осі обертання нівеліра ZZ_1 .

На рейку, установлену на відстані 20–30 м від нівеліра, наводять один з кінців горизонтальної нитки сітки і, діючи навідним гвинтом, перемішують зображення рейки від одного краю поля зору труби до другого. Якщо відлік не змінюється більш ніж на 1 мм, то умова виконана. В іншому разі виконують юстування – діафрагму з сіткою необхідно розвернути у відповідне положення. Для цього потрібно зняти окулярну кришку зорової труби і послабити гвинти, якими кріпиться діафрагма з сіткою ниток до корпусу труби та повернути діафрагму так, щоб виконувалась умова перевірки. Потім гвинти кріплення діафрагми закріпити.

Перевірка головної умови нівеліра

Вісь циліндричного рівня має бути паралельною візирній осі зорової труби – $UU_1 \parallel VV_1$ (рис. 3.8).

Існує кілька способів виконання перевірки. Розглянемо один із них.

Перевірка виконується подвійним нівелюванням двох точок, закріплених кілочками на відстані 50–75 м, на які вертикально встановлюють рейки.

При першому нівелюванні нівелір встановлюють у робоче положення приблизно в створі посередині між точками А і В (поз І) (рис. 3.9) і беруть відліки з рейок a_1 і b_1 . Перед взяттям відліків ретельно приводять бульбашку циліндричного рівня в нуль-пункт за допомогою елеваційного гвинта.

Якщо візирна вісь є горизонтальною, то при цьому перевищення буде правильним і дорівнюватиме:

$$h = a_1 - b_1. \quad (3.5)$$

Якщо ж головна умова не виконується, то відліки будуть спотворені нахилом візирної осі, тобто будемо мати відліки a'_1 і b'_1 , де

$$a'_1 = a_1 + \Delta a_1 \text{ і } b'_1 = b_1 + \Delta b_1,$$

але при рівних відстанях $d_1 = d_2$ від нівеліра до рейок величини Δa_1 , і Δb_1 будуть рівними між собою, тому:

$$h = a'_1 - b'_1 = (a_1 + \Delta a_1) - (b_1 + \Delta b_1) = a_1 - b_1 \quad (3.6)$$

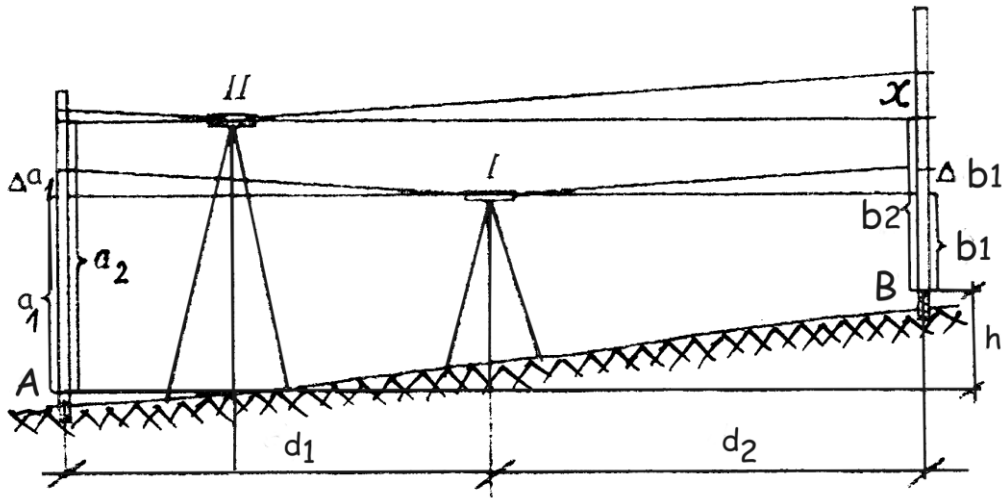


Рисунок 3.9 – Перевірка головної умови нівеліра Н-3

У цьому випадку одержимо перевищення, яке також буде правильним.

Потім нівелір установлюють на станції II в 3–4 м від точки А або В, беруть відліки a_2 і b_2 і обчислюють перевищення $h' = a_2 - b_2$. Якщо різниця $x = h - h' \leq 5$ мм, то умова виконується.

У випадку невиконання цієї умови у нівелірів Н-3, Н-10 з циліндричним рівнем при трубі **юстування** виконують за допомогою елеваційного гвинта, яким установлюють горизонтальну нитку сітки на відлік $b'_2 = b_2 - x$. Бульбашка рівня при цьому зійде з нуль-пункту. Вертикальними виправними гвинтами рівня відновлюють контакт зображень кінців бульбашки, стежачи, щоб відлік на рейці залишався рівним b'_2 . Перевірку повторюють. Результати виконання перевірки записують у журнал, форма якого наведена в таблиці 3.3.

Оскільки величина $x = h - h' = +0222 - 0239 = -17$ мм, тобто $x > 5$ мм, у цьому випадку за допомогою елеваційного гвинта варто встановити відлік $b'_2 = b_2 - x = 1\ 067 + 17 = 1\ 084$ мм і з допомогою виправних гвинтів рівня виконати **юстування**, як зазначено вище.

Перевірка нівелірів з компенсатором відрізняється від перевірок рівневих нівелірів тільки перевіркою головної умови, що формулюється так: **візирна вісь нівеліра, встановленого в робоче положення, повинна бути горизонтальною**. Виконується як і для нівелірів з рівнем при трубі,

але юстування, у разі потреби, здійснюється переміщенням сітки ниток на правильний відлік b'_2 .

Таблиця 3.3 – Журнал перевірок головної умови нівеліра

| Номер станції | Назва точок | Відліки по рейці, мм | | Перевищення, мм | |
|---------------|-------------|----------------------|---------|-----------------|---------|
| | | Задні | Передні | Обчислені | Середні |
| I | A | 1 065 | | +0 222 | +0 222 |
| | | 5 848 | | | |
| II | B | | 0 843 | +0 221 | |
| | | | 5 627 | | |
| | A | 1 307 | +0 240 | | |
| | | 6 088 | | | |
| B | 1 067 | +0 238 | | | |
| | 5 850 | | | | |

Перевірка круглого рівня і положення сітки ниток нівеліра Н-3К перевіряють і виправляють так само, як нівеліра Н-3.

Перевірка мірної стрічки

Перевірку (компарування) мірної стрічки або сталюї рулетки проводять методом порівняння з контрольною рулеткою-еталоном, що знаходиться в лабораторії кафедри.

Компарування мірних приладів в умовах будівельного майданчика виконується на польовому компараторі. На рівному майданчику з твердим ґрунтом або на покритому асфальтом закріплюють базис компаратора рівний довжині рулетки-еталона. Кінці цього базису закріплюють металевими штирями з насічками на торцях. Довжина польового компаратора l_e визначається кілька разів з точністю вищою за точність робочого приладу, що перевіряється. Після декількох вимірювань довжини l_e компаратора робочим мірним приладом визначають різницю Δl в довжині робочого приладу і робочого компаратора, тобто $\Delta l = l_p - l_e$ (рис. 3.10).

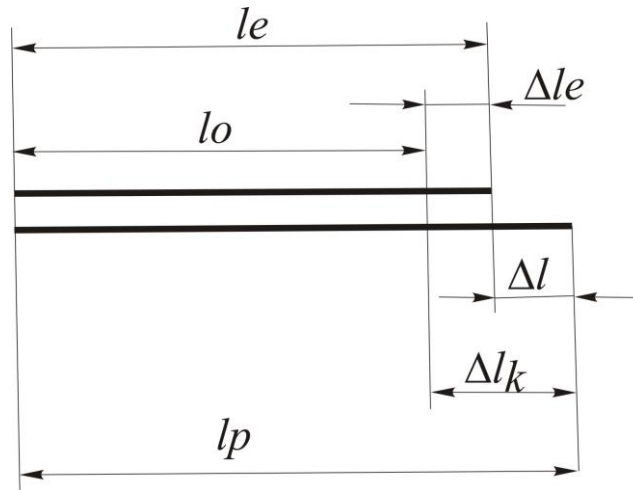


Рисунок 3.10 – Компарування мірної стрічки

По паспорту рулетки-еталона відома поправка $\Delta le = le - l_o$, де l_o – номінальна довжина робочого приладу (наприклад, $l_o = 20$ м), тоді довжина робочого приладу:

$$\begin{aligned} L_p &= l_o + \Delta l + \Delta le, \text{ або} \\ L_p &= l_o + \Delta l_k, \\ \Delta l_k &= \Delta l + \Delta le. \end{aligned} \quad (3.7)$$

Величина Δl_k називається поправкою за компарування робочого приладу. Якщо поправка за компарування не перевищує 2 мм, то вона не вводиться.

Таким чином, під час вимірювань довжини лінії, якщо фактична довжина робочого приладу менша за номінальну, то Δl_k має знак «-», поправка буде від'ємною і пропорційною кількості стрічок у вимірюваній лінії. Дійсно, більш коротка стрічка більшу кількість разів укладається у вимірюваній лінії, таким чином, результат вимірювання буде збільшеним. Якщо ж робоча стрічка довша за номінальну, то поправка має бути додатною, що й видно з формули (3.7).

Приклад. Робоча стрічка коротша за еталонну на $\Delta l_k = 1.2$ см, тоді при вимірянній довжині лінії $D = 184,65$ м необхідно ввести поправку за компарування:

$$\Delta D_k = \frac{D}{l_o} \Delta l_k = -\frac{184,65}{20} \cdot 1,2 = -0,11 \text{ м} \quad (3.8)$$

Дійсна довжина виміряної лінії буде $184,65 - 0,11 = 184,54$ м.

3.3 Безпосередні лінійні вимірювання

Для різних вимірювань і розмічувальних геодезичних робіт на будівельному майданчику застосовують мірні стрічки (землемірні стрічки) у комплекті з 6 або 11 шпильками. Початок і кінець стрічки позначені штрихами з вирізами для шпильок (рис. 3.11). Для вимірювання лінії з підвищеною точністю використовують шкалові стрічки з міліметровими поділками або сталеві рулетки.

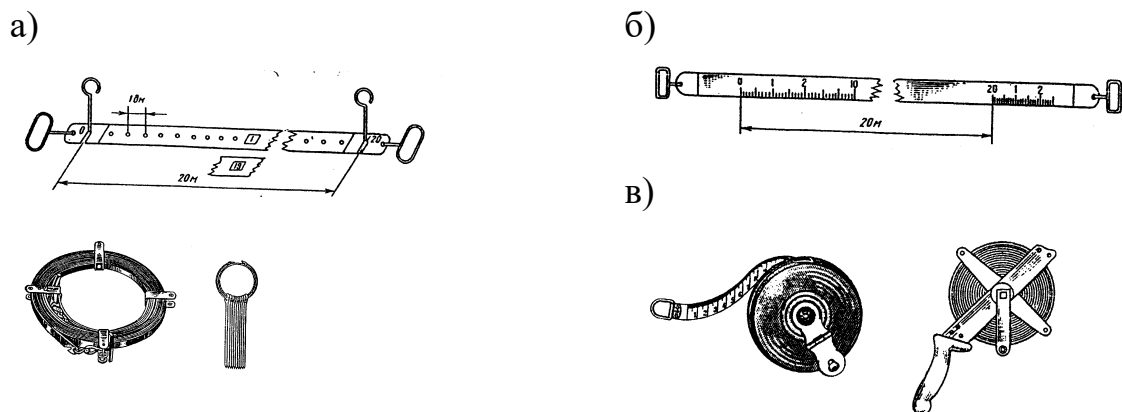


Рисунок 3.11 – Мірні стрічки а) штрихові; б) шкалові; в) сталеві рулетки

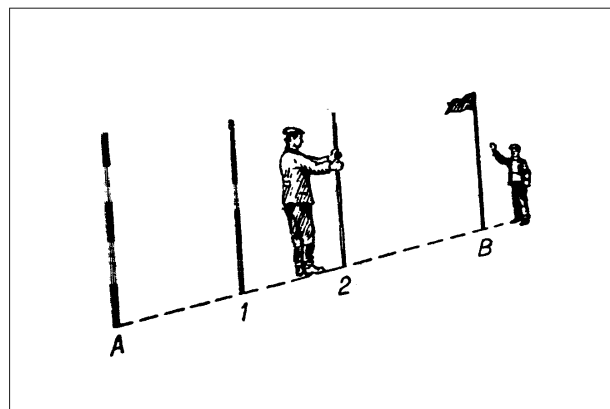


Рисунок 3.12 – Провішування лінії

Якщо лінія, що виміряється, довша за 100 м, то необхідне її провішування – установка віх по створу лінії. Щоб зберегти видимість за створом, провішування зазвичай виконують способом «на себе» (рис. 3.12), тобто починають з точки 1, потім установлюють віху в т. 2 і т. д.

Вимірювання лінії мірною стрічкою чи рулеткою виконують два міряльники. Під час вимірювання лінії лічать число передач шпильок.

Виміряну таким чином віддаль обчислюють за формулою:

$$D = nl_0 + r, \quad (3.9)$$

де D – середнє значення виміряної віддалі;

n – кількість відкладень стрічки у виміряній лінії;

l_0 – номінальна довжина мірної стрічки;

r – залишок (домір).

Лінії вимірюють двічі в прямому та зворотному напрямках. За кінцевий результат приймають середнє значення:

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2}, \quad (3.10)$$

де D_1, D_2 – довжина лінії, виміряна в прямому і зворотному напрямках відповідно.

Відносну помилку лінії обчислюють за формулою:

$$\frac{1}{N} = \frac{D_1 - D_2}{D}. \quad (3.11)$$

Відносна помилка не повинна перевищувати 1/2 000.

Для ліній, у яких кут нахилу $\nu \geq 1,5^\circ$, обчислюють їхні горизонтальні проєкції за формулою:

$$d = D \cos \nu. \quad (3.12)$$

Для спрощення обчислень у результат вимірювань вводять поправку за нахил лінії:

$$\Delta D_\nu = d - D = D \cos \nu - D = D(\cos \nu - 1) = -2D \sin^2 \frac{\nu}{2}. \quad (3.13)$$

По цій формулі складені спеціальні таблиці поправок (таблиці висот).

Якщо відомі перевищення між кінцевими точками вимірюваної лінії D , то поправку за нахил лінії обчислюють за формулою:

$$\Delta D_\nu = \frac{h^2}{2D}. \quad (3.14)$$

Поправка за нахил лінії ΔD_ν завжди має знак «-», тобто від'ємна. Якщо лінія складається з відрізків з різними уклонами, то вимірюють кут нахилу кожного відрізка. Кути нахилу ліній або їхніх частин визначають за допомогою теодоліта вимірюванням вертикальних кутів одним прийомом.

Для підвищення точності вимірюваної довжини лінії D вводиться поправка за температуру:

$$\Delta D_t = \alpha D(t - t_0), \quad (3.15)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення (для сталі $\alpha = 0.000\ 012$);

t – температура стрічки під час вимірювання лінії;

t_0 – температура компарування стрічки (переважно $+20\ ^\circ\text{C}$).

Поправка до довжини лінії за температуру вводиться, якщо різниця температур $t-t_0$ більша за $8\ ^\circ\text{C}$.

Остаточну довжину горизонтальної проєкції вимірної лінії обчислюють за формулою:

$$d = D + \Delta D_k + \Delta D_v + \Delta D_t. \quad (3.16)$$

Для звичайних умов, коли не потрібна висока точність, вводять поправку лише за нахил лінії

3.4 Побудова планово-висотної зйомочної основи

Планову зйомочну геодезичну основу створюють шляхом прокладання замкнутого теодолітного ходу на місцевості, що підлягає зйомці. Керівник практики вказує контури ділянки зйомки, об'єкти зйомки, він же видає вихідні дані кожній бригаді окремо.

Прокладання теодолітних ходів виконують з використанням теодолітів, мірних стрічок та рулеток.

Полеві роботи виконуються в такій послідовності:

1. Рекогносцирування ділянки місцевості та закріплення точок теодолітного ходу бригада виконує повним складом, враховуючи вимоги інструкції «Умовні знаки для топографічних планів масштабів $1 : 5\ 000$, $1 : 2\ 000$, $1 : 1\ 000$, $1 : 500$ », видимість між точками, умови лінійних вимірювань і використання точок у зйомочних роботах. Допустима довжина теодолітного ходу при зйомці в масштабі $1 : 1\ 000$ – $1,2$ км, у масштабі $1 : 500$ – $0,6$ км; довжини сторін мають бути в межах 40 – 350 м. на незабудованих територіях; бажано, щоб довжини сторін були приблизно однаковими.

2. Закріплюють точки дерев'яними кілками довжиною 15 – 20 см, на яких вказують номер точки; бажано, щоб номер точки містив і номер бригади, у верх кілка забивають цвях або малюють хрестик; **кілок не повинен виступати над поверхнею землі більше ніж на 5 см; забороняється закріплювати таким чином точки теодолітного ходу на**

проїжджій частині дороги або на пішохідних доріжках; допускається закріплювати точки ходу на обочині пішохідних доріжок чи тротуарів, використовуючи цвяхи з більшою головкою або залізничний костиль, верх яких повинен бути на одному рівні з поверхнею покриття; закріплені точки ходу прив'язуються до постійних предметів місцевості.

3. Вимірюють горизонтальні кути одним прийомом з перестановкою лімба між півприйомами на $1-2^\circ$ (для теодолітів з односторонньою системою відліку по кругах – Т15, Т30, 2Т30, 2Т5К). Допустиме розходження між півприйомами $1'$ для теодолітів 30-секундної точності. Перед вимірюванням кутів на кожній станції встановлюють теодоліт у робоче положення. Центрування теодоліта проводиться за допомогою виска з точністю 5–10 мм; переважно вимірюють у замкнутому полігоні внутрішні кути, візуючи на низ віх, встановлених на суміжних точках. При коротких сторонах, якщо не має змоги візувати безпосередньо на позначену вісь кілка (хрестик або цвях), наводять теодоліт на шпильку, встановлену у кілок замість віхи. Якщо хід прокладений по ходу годинникової стрілки, то вимірюють праві по ходу кути. Виміряний за двома положеннями вертикального круга кут:

$$\beta_e = a_{n-1} - a_{n+1}, \quad (3.17)$$

де a_{n-1} , a_{n+1} – відліки по горизонтальному кругу при візуванні зорової труби відповідно на попередню і наступну точки.

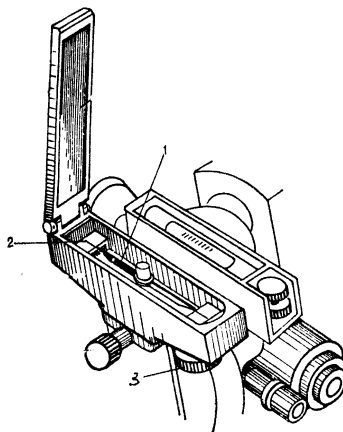


Рисунок 3.13 – Орієнтир-бусоль

Так на точці 2 беруть відлік на точку 1, а потім на точку 3. Якщо хід прокладений проти ходу годинникової стрілки, тоді вимірюють ліві по ходу кути, тобто відліки також спочатку беруть на попередню, а потім на наступну точки.

4. На точці 1 ходу визначають магнітний азимут лінії 1 – 2. Орієнтир-бусоль (рис. 3.13) встановлюють на теодоліті, положення магнітної стрілки 1 спостерігають в дзеркалі, північний кінець стрілки пофарбований в синій колір.

Суміщають нулі лімба й алідади горизонтального круга, алідаду закріплюють, магніту стрілку аретирують обертанням гвинта 3 аретира.

Відкріплюють закріпний гвинт лімба і трубу розвертають так, щоб напрям її візирної осі відповідав напрямку північного кінця стрілки, що непорушно застигне проти середньої риски шкали бусолі 2, лімб закріплюють. Провіряють, щоб відлік на лімбі дорівнював нулю. Потім відкріплюють гвинт алідади і наводять трубу на точку 2 ходу, знімають відлік, який приймають за дирекційний кут лінії 1 – 2 (α_{1-2}) і записують його величину наверху першої сторінки журналу.

5. Вимірюють лінії (сторони ходу).

6. Результати вимірювань записують в польовий журнал олівцем або кульковою ручкою. виправлення записаних відліків не допускається; можна виправляти лише величини, що обчислюються за відліками.

7. Після закінчення польових робіт перевіряють всі записи і обчислення в польовому журналі й обчислюють горизонтальні прокладення ліній.

8. Складають схему теодолітного ходу на листі паперу формату А4 (рис. 3.14).

На основі схеми теодолітного ходу в спеціальній обчислюють прямокутні координати X та Y точок ходу.

Ув'язку горизонтальних кутів замкнутого теодолітного ходу виконують в такій послідовності.

Сумують горизонтальні кути в графі 2 і отримують практичну суму кутів:

$$\sum \beta_{np} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4, \quad (3.18)$$

Знаходять теоретичну суму кутів, яку для замкнутого ходу обчислюють за формулою:

$$\sum \beta_m = 180^\circ \cdot (n - 2), \quad (3.19)$$

тоді нев'язка:

$$f_\beta = \sum \beta_{np} - \sum \beta_m, \quad (3.20)$$

де n – кількість кутів, $n=4$.

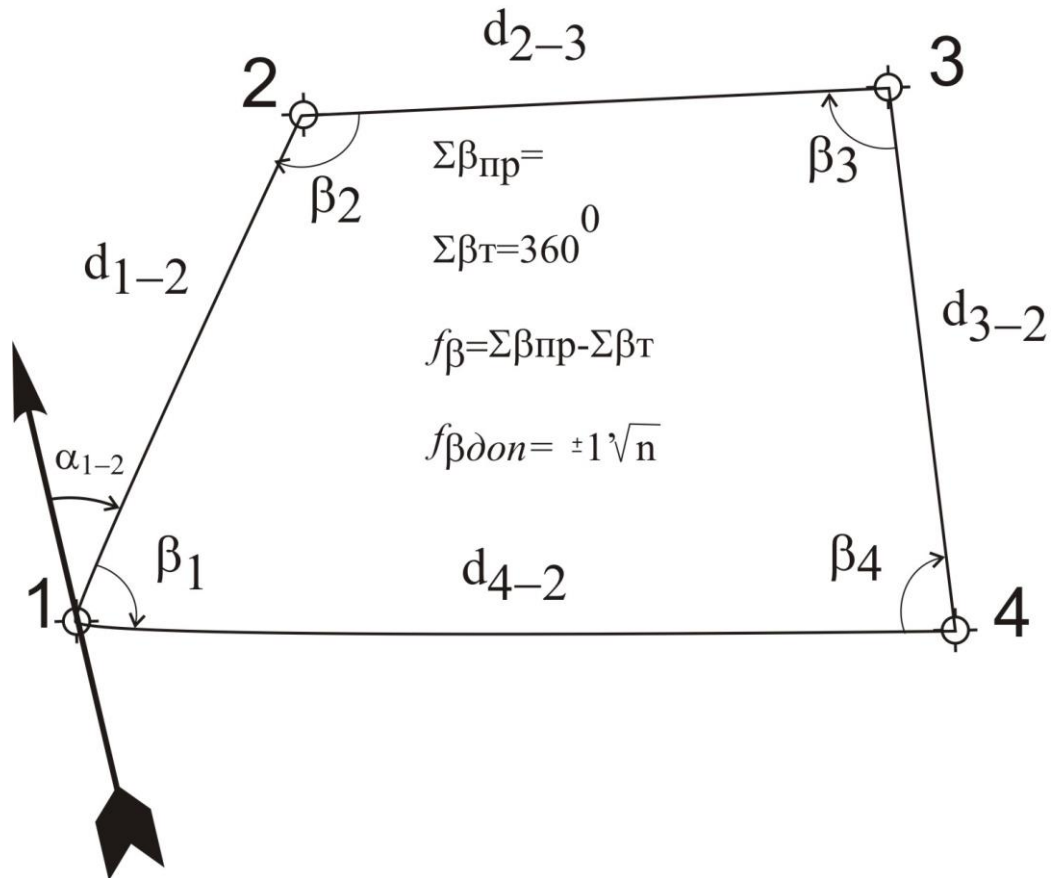


Рисунок 3.14 – Схема теодолітного ходу

Визначають допустиму кутову нев'язку за формулою:

$$f_{\beta доп} = \pm I' \sqrt{n}. \quad (3.21)$$

Отримана нев'язка в кутах f_{β} не повинна перевищувати $f_{\beta доп}$. Нев'язку f_{β} розподіляють з оберненим знаком на виміряні кути порівну так, щоб сума поправок дорівнювала нев'язці з оберненим знаком. Поправки для кутів вводять до десятих долей мінути і виписують над вимірними кутами червоним кольором. Сума виправлених кутів (граф 3) повинна дорівнювати теоретичній сумі.

Обчислення дирекційних кутів виконується за формулами:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^{\circ} - \beta_i, \quad (3.22)$$

тоді

$$\alpha_{2-3} = \alpha_{1-2} + 180^{\circ} - \beta_2$$

$$\alpha_{3-4} = \alpha_{2-3} + 180^{\circ} - \beta_3,$$

з контролем

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{4-1} + 180^{\circ} - \beta_1.$$

Обчислення румбів із позначенням їхніх напрямків виконується на основі співвідношень між румбами та дирекційними кутами (табл. 3.4).

Обчислення дирекційних кутів при вимірюванні лівих по ходу кутів виконується за формулою:

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} \pm 180^\circ + \beta_i \quad (3.23)$$

Прирости координат обчислюють за формулами прямої геодезичної задачі:

$$\begin{aligned} \Delta x &= d \cdot \cos r & \Delta x &= d \cdot \cos \alpha \\ \Delta y &= d \cdot \sin r & \Delta y &= d \cdot \sin \alpha \end{aligned} \quad \text{або} \quad (3.24)$$

де d – горизонтальне прокладення лінії;

r – румб лінії;

α – дирекційний кут.

Прирости можна обчислювати з допомогою спеціальних таблиць приростів координат або з допомогою мікрокалькулятора. Результати потрібно заокруглювати до сантиметрів і вписати з відповідними знаками у графі 7, 8.

Знаки приростів координат визначають за назвами (позначеннями напрямків) румбів або чвертями, у яких знаходиться дирекційний кут.

Таблиця 3.4 – Зв'язок між дирекційними кутами та румбами

| Чверть | Дирекційний кут | Румб | | Прирости координат | |
|--------|-----------------|-------|--------------------------|--------------------|------------|
| | | Назва | Величина | ΔX | ΔY |
| I | 0–90° | ПнС | $r = \alpha$ | + | + |
| II | 90–180° | ПдС | $r = 180^\circ - \alpha$ | – | + |
| III | 180–270° | ПдЗ | $r = \alpha - 180^\circ$ | – | – |
| IV | 270–360° | ПнЗ | $r = 360^\circ - \alpha$ | + | – |

Далі обчислюють нев'язки в сумах приростів координат, оцінюють їх та розподіляють поправки на обчислені прирости координат.

Сумуючи обчислені прирости ΔX та ΔY (графи 7, 8), отримуємо нев'язки $f_{\Delta X}$, $f_{\Delta Y}$, так для замкненого ходу (полігона):

$$\sum \Delta X_{np} = f_{\Delta X} \text{ та } \sum \Delta Y_{np} = f_{\Delta Y} \quad (3.25)$$

Абсолютна нев'язка ходу

$$f_{abc} = \sqrt{f_{\Delta X}^2 + f_{\Delta Y}^2}. \quad (3.26)$$

Відносна нев'язка

$$f_{відн} = \frac{f_{abc}}{P}, \quad (3.27)$$

де P – довжина ходу.

Допустима нев'язка для цих умов

$$f_{відн.дон} \leq \frac{1}{2000}. \quad (3.28)$$

Якщо відносна нев'язка ходу менша за допустиму, нев'язки $f_{\Delta X}$ та $f_{\Delta Y}$ у приростах потрібно розподіляти шляхом введення поправок в обчислені прирости координат пропорційно довжинам сторін ходу.

Поправки мають знак, обернений знаку нев'язки, їх заокруглюють до цілих сантиметрів і виписують червоним кольором над приростами координат у графах 7, 8. Сума поправок дорівнює нев'язці з оберненим знаком.

Виправлені прирости координат виписують у графі 9, 10. Сума виправлених приростів координат повинна дорівнювати нулю:

$$\sum \Delta X = 0; \quad \sum \Delta Y = 0 \quad (3.29)$$

Потім обчислюють координати точок ходу. За виправленими приростами координат обчислюють координати точок теодолітного ходу за формулами:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_n, \quad (3.30)$$

$$Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_n, \quad (3.31)$$

тобто, координати наступної точки дорівнюють координатам попередньої точки плюс відповідні прирости координат. Вихідними координатами є задані координати першої точки. Контролем правильності обчислень координат точок ходу є отримані в кінці координати першої точки. Відомість координат заповнюють і оформляють чорнилом.

Висотною основою зйомки слугують точки теодолітного ходу. Для цього їхні висоти визначають геометричним нівелюванням. Вихідний репер вказує керівник практики.

За відсутності поблизу репера керівник видає кожній бригаді умовну позначку 1-ї точки.

Під час геометричного нівелювання дотримуються методики і допусків технічного нівелювання відповідно до інструкції «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500». Послідовне нівелювання точок теодолітного ходу проводять із середини. Нормальна довжина променя візування до 120 м. Нівелірні станції вибирають у зручному місці, не обов'язково у створі зв'язуючих точок.

На кожній станції нівелір приводять у робоче положення і перед взяттям відліків по рейках приводять бульбашку циліндричного рівня в нуль-пункт за допомогою елеваційного гвинта (для рівневих нівелірів).

Нівелювання виконують в одному напрямку, як виняток, у вигляді замкнутого нівелірного ходу. Відліки по рейці, що встановлена на вбитий в землю кілок, беруть по середній нитці.

Порядок спостережень на станції такий:

- відліки по чорній та червоній стороні задньої рейки;
- відліки по чорній та червоній сторонах передньої рейки.

Робота на станціях контролюється безпосередньо в полі. Сутність контролю полягає в тому, що різниці «п'яток» задньої та передньої рейок та різниці в перевищеннях, обчислені по обох боках рейок не повинні перевищувати 5 мм (п'яткою рейки називають різницю червоних та чорних відліків по рейці, встановленій на одній точці). Результати вимірювань записують у журнал нівелювання.

Перевищення h_1 і h_2 обчислюють за різницями відліків задніх (a) і передніх (b) рейок.

$$h_1 = a_{\text{чорн}} - b_{\text{чорн}}; h_2 = a_{\text{черв}} - b_{\text{черв}}. \quad (3.32)$$

Потім обчислюють середні значення $h_{\text{сер}}$ і записують у графу 7 журналу нівелювання.

Якщо перевищення між точками теодолітного ходу неможливо визначити з однієї станції, тоді вибирають зв'язуючі (іксові) точки і виконують послідовно нівелювання. Для установки рейки в x -точці забивають кілок або використовують якусь тверду точку на місцевості.

У процесі технічного нівелювання одночасно нівелюють окремі характерні точки місцевості, як проміжні, стійкі щодо висоти об'єкти: кришки люків, головки рейок на переїздах, уріз води річки (водоймища) і т. ін.

На проміжних точках відліки беруть тільки по чорній стороні рейки і записують у графі 5 журналу.

Камеральну обробку результатів геометричного нівелювання починають із посторінкового контролю обчислень у журналі технічного нівелювання. При цьому обчислюють суми відліків у графах по задньому відліку, передньому відліку, графі перевищень і графі середніх перевищень. Одержані суми повинні задовольняти рівняння:

$$\sum a_z - \sum b_n = \sum h_{обч} = 2\sum h_{сер}, \quad (3.33)$$

де $\sum a_z$, $\sum b_n$ – суми відліків по чорних і червоних сторонах задніх і передніх рейок, мм.

Щоб уникнути помилок під час обчислень, у суми відліків не вносять значення «п'яток» рейок.

Результати рівняння (3.33) записують під відповідними графами внизу по кожній сторінці журналу, їхня збіжність має бути до 1 мм.

Наприкінці журналу нівелювання виконують пожурнальний контроль всього ходу, враховуючи умову (3.33).

У замкнутому нівелірному ході нев'язку обчислюють за формулою:

$$f_h = \sum h_{сер}. \quad (3.34)$$

Для оцінки точності нівелірного ходу одержану нев'язку f_h порівнюють з допустимою:

$$fh_{дон} = \pm 50\sqrt{L}, \quad (3.35)$$

де L – довжина нівелірного ходу, км.

Якщо $fh \leq fh_{дон}$, то обчислюють виправлені (ув'язані) середні перевищення. При цьому нев'язку f_h вводять у вигляді поправок Δh з оберненим знаком порівну в усі середні перевищення (виписують червоним кольором). Середні перевищення обчислюють до цілих міліметрів. Виправлені перевищення одержують за формулою:

$$h_{випр} = h_{сер} + \Delta h. \quad (3.36)$$

Контролем обчислень $h_{випр}$ є збіжність сум виправлених і теоретичних значень перевищень:

$$\sum h_{випр} = \sum h_{теор}. \quad (3.37)$$

У замкнутому нівелірному ході $\sum h_{теор} = 0$.

Позначки зв'язуючих точок обчислюють за формулою:

$$H_{i+1} = H_i + h_{випр}, \quad (3.38)$$

де i – номер точки.

Обчислені позначки записують у графу «Позначки точок».

Контролем обчислень слугує відповідна позначка вихідного пункту.

Позначки проміжних точок визначають через горизонт інструменту:

$$\Gamma I = H_i + a, \quad (3.39)$$

$$H_{np} = \Gamma I - c, \quad (3.40)$$

де H_i – позначка зв'язуючої точки; a – відлік за чорною стороною рейки на цій точці;

H_{np} , c – позначка проміжної точки та відлік по рейці на ній.

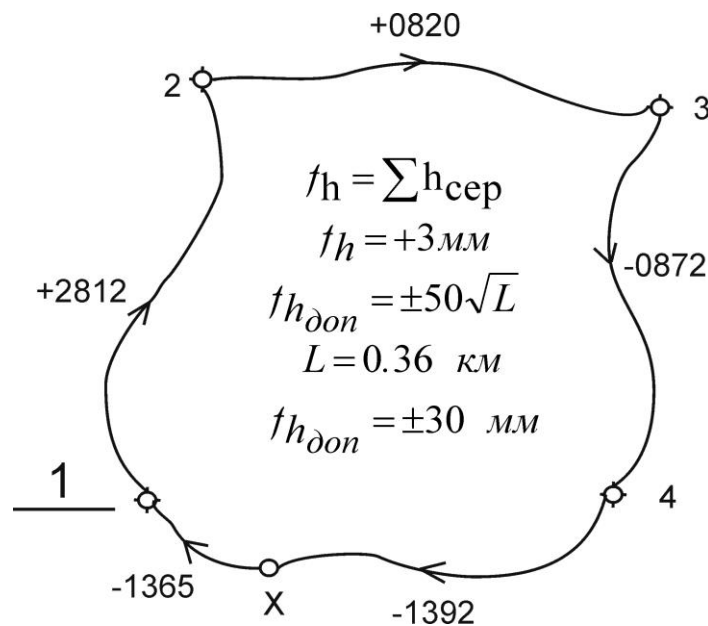


Рисунок 3.15 – Схема висотної основи

Позначки проміжних точок записують у відповідних рядках графі «Позначки точок».

Обчислення позначок всіх точок нівелірного ходу виконується безпосередньо в журналі. У журналі складають схему висотної основи, на якій показують вихідні пункти, точки основи, виписують середні перевищення між точками ходу і стрілкою показують напрям ходу (рис. 3.15).

3.5 Теодолітна (горизонтальна) зйомка

Теодолітна зйомка – це наземна горизонтальна зйомка, метою якої є одержання контурів місцевості. Зйомку ведуть від точок і сторін теодолітного ходу, відповідно до інструкції «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500».

Залежно від обставин застосовують способи зйомки: спосіб перпендикулярів, спосіб полярних координат, спосіб лінійних засічок, спосіб кутових засічок, спосіб створів.

Сутність способу **перпендикулярів** полягає в вимірюванні двох відстаней: довжини перпендикуляра від лінії між точками планової основи та відстані від точки теодолітного ходу до основи перпендикуляра. Довжини сторін перпендикулярів не повинні перевищувати 4–6 м при їхньому окомірному встановленні і 20–40 м при встановленні перпендикулярів за допомогою екера, за масштабів зйомки відповідно 1 : 500 та 1 : 1 000.

Сутність способу **полярних координат** полягає у вимірюванні відстані від точки теодолітного ходу до контуру споруди, а також горизонтального кута.

При полярному способі кути вимірюються теодолітом при одному положенні круга з точністю $\pm 30''$, а віддалі – мірною стрічкою, рулеткою або оптичним далекоміром.

Спосіб **лінійних засічок** полягає у визначенні відстаней до визначеної точки з двох-трьох точок планової основи. При зніманні способом лінійних засічок довжини ліній не повинні перевищувати довжини мірного приладу, а кут засічки при точці має бути в межах 30–150°.

Спосіб **кутових засічок** застосовують під час зйомки недоступних точок там, де неможливо провести безпосереднє вимірювання віддалей.

З двох точок теодолітного ходу, між якими є видимість, вимірюють два прилеглих кути від базису до знімальної точки. Прилегли кути вимірюють одним напівприйомом із точністю $\pm 1'$. Кут при точці, що визначається, має бути в межах 30–150°, допустимі віддалі до точки – в межах 100–200 м для масштабів 1 : 500, 1 : 1 000 відповідно.

Спосіб **створів** застосовується для зйомки точок, розташованих у створі сторони теодолітного ходу, або сторін будинків на рівній місцевості за наявності взаємної видимості в створі між точками.

Під час зйомки окремих будівель і споруд виконують обмір їхніх габаритів рулеткою (складання абрису). На забудованій території під час обміру будівель вимірюють також віддалі між кутами сусідніх будинків, які використовують як контрольні проміри.

Оскільки на цій ділянці буде виконана і тахеометрична зйомка, то

горизонтальна зйомка проводиться переважно вздовж сторін теодолітного ходу.

Всі записи, рисунки під час зйомки заносять в абрис. Абрис ведеться на окремих аркушах креслярського паперу формату А4. Рекомендується на одному аркуші розміщувати результати зйомки ділянки місцевості, що прилягає до однієї або двох сторін теодолітного ходу.

Під час виконання горизонтальної зйомки ділянки, обмеженої теодолітним ходом, кожен член бригади повинен освоїти методику складання абрису та виконання необхідних лінійно-кутових вимірів.

Складання плану ділянки

Побудову плану виконують у такій послідовності: на креслярському папері (ватман) формату А1 розмічають та викреслюють координатну сітку 50 см × 50 см зі сторонами квадрата 10 см, за допомогою лінійки Дробишева. Сітку викреслюють добре загостреним олівцем 2Н, 3Н (2Т, 3Т). Довжини сторін квадрата не повинні розходитися з номінальними на 0,2 мм.

Лінії сітки квадратів підписують відповідно до масштабу плану та координат пунктів, які потрібно нанести. Водночас необхідно пам'ятати, що лінія «іксів» проходить у напрямку з півдня на північ, а лінія «ігреків» – із заходу на схід. Враховуючи координати вершин ходу (мінімальні, максимальні) і заданий масштаб 1: 500 (1 : 1 000), підписують координати сітки так, щоб уся ділянка була розміщена приблизно по середині аркуша, тоді накладають на лист паперу точки згідно з їхніми координатами.

Під час нанесення точки теодолітного ходу насамперед визначають квадрат, у якому вона знаходиться. Контролем правильності нанесення вершин теодолітного ходу є перевірка довжин сторін ходу: вони повинні дорівнювати довжинам, записаним у відомості обчислень координат; допустиме розходження – не більше 0,3 мм.

Ситуацію на план наносять, користуючись абрисом та викреслюють її згідно з умовними знаками для цього масштабу. Числові записи, нанесені на абрис під час знімання ситуації в полі, на план ділянки не наносяться. Всі відстані, позначені в абрисі, наносяться на план (як і координати точок) за допомогою поперечного масштабу. Накладка ситуації виконується перенесенням на план окремих точок у порядку їхнього запису в абрисі, переходячи від однієї лінії до другої. Способи накладання точок на план

відповідають способам їхньої зйомки на місцевості. План викреслюють спочатку олівцем, а потім тушшю. План складають в умовній системі координат і висот.

3.6 Тахеометрична зйомка

Попередні тренувальні заняття. Вимірювання ліній нитковим віддалеміром (по дві на кожного члена бригади). Вимірювання кутів нахилу візуванням на висоту приладу, верх рейки (не менше двох на кожного члена бригади).

Тахеометрична зйомка ділянки місцевості в масштабі 1 : 500 (1 : 1 000) з висотою перерізу рельєфу 0,5 м виконується на основі створеного теодолітно-висотного ходу. Точки зйомочної основи, з яких виконується зйомка, називаються станціями, а точки ситуації та рельєфу місцевості, які знімаються на станції – реєчними точками або пікетами. Пікети мають бути розміщені так, щоб після визначення їхнього планового положення і висоти можна було скласти топографічний план (табл. 3.6).

Під час тахеометричної зйомки спостереження виконують тільки за одного положення вертикального круга (КЛ).

Послідовність виконання роботи.

1. На кожній станції складають абрис місцевості, що підлягає зйомці, користуючись умовними знаками. В абрисі схематично показують розташування станцій, реєчних точок, характерні лінії рельєфу (вододіли, водозабори і т. ін.) і стрілками вказують напрями скатів (рис. 3.16). Під час складання абрису потрібно враховувати виконані роботи під час теодолітної зйомки.

2. Теодоліт приводять у робоче положення, центрують за допомогою виска з точністю 5–10 мм.

3. Вимірюють висоту приладу за допомогою рейки (можна позначити висоту приладу на рейці, наприклад крейдою) (рис. 3.17).

4. Визначають (місце нуля) МО, згідно з формулою 3.4.

5. Виконують орієнтування теодоліта (орієнтують нуль лімба на одну з точок планової основи зазвичай передню по ходу).

6. Зйомку чітких контурів ситуації та рельєфу виконують полярним способом, встановлюючи рейку на характерних точках, беручи відліки по горизонтальному (ГК) та вертикальному (ВК) кругам та визначають

віддаль за допомогою віддалемірних ниток по рейці. **Наведення зорової труби на пікетні точки виконують при закріпленому лімбі.**

7. Результати всіх вимірювань записують у журнал тахеометричної зйомки.

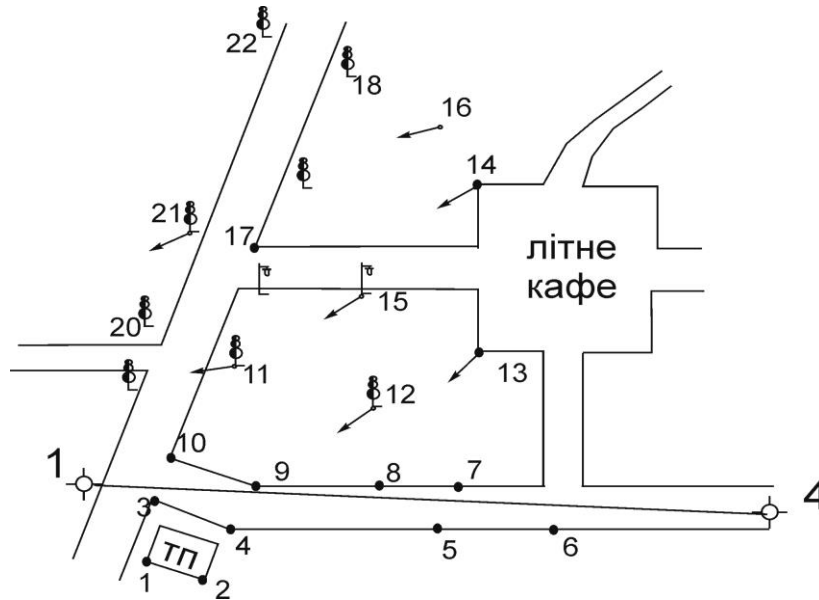


Рисунок 3.16 – Абрис тахеометричної зйомки

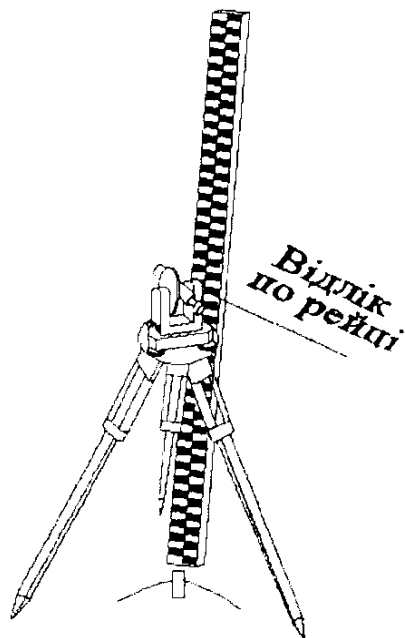


Рисунок 3.17 – Вимірювання висоти приладу

У процесі зйомки постійно (через 8–10 пікетів), а також після закінчення робіт виконується спостереження за орієнтуванням приладу.

Відхилення орієнтування теодоліта за період зйомки на станції допускається не більше 1, 5'.

Відповідно до інструкції «Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500» віддалі від знімальних станцій до пікетних точок і віддалі між пікетами не повинні перевищувати величин, що наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Віддалі під час тахеометричної зйомки

| Масштаб зйомки | Висота перерізу рельєфу, м | Максимальні величини віддалей, м | | |
|----------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------|
| | | Між пікетами | До рейки під час зйомки | |
| | | | рельєфу | контурів |
| 1 : 1 000 | 0,5 | 20 | 150 | 80 |
| | 1,0 | 30 | 200 | 80 |
| 1 : 500 | 0,5 | 15 | 100 | 60 |
| | 1,0 | 15 | 150 | 60 |

Камеральна обробка матеріалів зйомки починається з перевірки польових матеріалів.

За даними польових вимірювань обчислюють кути нахилу за формулою:

$$v = \angle KLO - \angle MO, \quad (3.41)$$

горизонтальні проєкції ліній

$$d = D \cos^2 v. \quad (3.42)$$

Обчислені значення горизонтальної відстані округляють до 0,1 м.

Перевищення обчислюють за формулою:

$$h = d \operatorname{tg} v + i - l, \quad (3.43)$$

де l – висота візування (наприклад на висоту рейки $l = 3,0$ м), або при візуванні на висоту приладу ($l = i$)

$$h = d \operatorname{tg} v. \quad (3.44)$$

Значення d і h визначають з тахеометричних таблиць по аргументах D і v або обчислюють за допомогою калькулятора.

Позначки пікетних точок знаходимо за формулою:

$$H_i = H_{cm} + h_i. \quad (3.45)$$

Позначки пікетів обчислюються з точністю до 0,01 м.

Користуючись абрисом тахеометричної зйомки, на плані теодолітної зйомки за допомогою тахеографа або транспортира і масштабної лінійки наносяться пікетні точки з позначками і елементи ситуації.

Графічним способом інтерполювання за допомогою палетки (рис. 3.18) визначаються місця проведення горизонталей. Для цього на листі прозорого паперу (калька для туші) розміром приблизно 8 см × 10 см проводять паралельні з довільними, але рівними інтервалами, наприклад, 10 мм, і підписують їх позначками, що кратні висоті перерізу рельєфу.

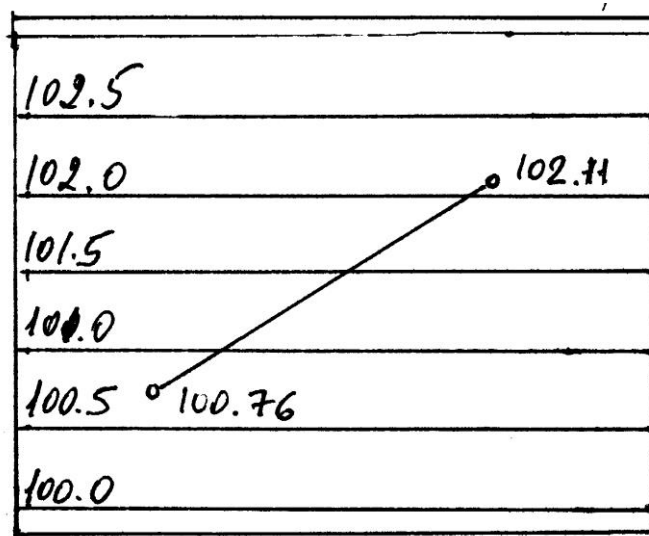


Рисунок 3.18 – Графічне інтерполювання палеткою

Під час інтерполювання між точками палетку накладають на план так, щоб одна з рейкових точок зайняла положення між лініями кальки відповідно своїй позначці (100, 76).

У позначеній точці легенько проколюють кальку.

Утримуючи голку циркуля-вимірника (шпильку) в цій точці, обертають палетку навколо голки доти, поки друга рейкова точка, яку видно через кальку, займе положення, яке відповідає її позначці (102,11). Притримують палетку в цьому положенні і голкою циркуля легенько проколюють на план точки перетину паралельних ліній палетки з лінією, яка з'єднує рейкові точки на абрисі, що знаходяться на одному боці схилу. Знявши палетку, підписують олівцем біля наколотих місць висоти горизонталей, які рівні позначкам відповідних паралельних ліній на палетці. Аналогічно виконують інтерполювання між усіма рейковими точками.

Точки з однаковими позначками, отримані в результаті інтерполювання, з'єднують плавними кривими лініями і наносять горизонталі. Через контури будівель (споруд), на поверхні вкритій асфальтом горизонталі не проводяться.

Складання та викреслення плану ділянки в масштабі 1 : 500 (1 : 1 000) з висотою перерізу рельєфу 0,5 м спочатку виконується олівцем, а після перевірки керівником практики – у туші. Горизонталі креслять коричневою тушшю з товщиною лінії 0,15 – 0,20 мм. Горизонталі, кратні 2 м, виділяють потовщеними в 2,5 рази та підписують їх позначками коричневим кольором у розривах так, щоб основа цифр була направлена в сторону пониження рельєфу. Бергштрихи ставлять на кожній замкнутій горизонталі і в напрямках характерних ліній рельєфу.

Позначки точок зйомочної основи і пікетів підписують чорною тушшю.

Усі елементи ситуації і рельєфу місцевості оформлюють умовними знаками.

3.7 Нівелювання поверхні за квадратами

Нівелювання поверхні, як одного з видів топографічної зйомки, проводиться на відкритій місцевості зі слабо вираженим рельєфом для складання великомасштабних планів.

Нівелювання поверхні за квадратами найчастіше застосовують у будівництві при вертикальному плануванні ділянок, коли місцевість відкрита із спокійним рельєфом.

Послідовність виконання завдання:

- рекогносцировка ділянки місцевості для зйомки;
- розбивка сітки квадратів і зйомка ситуації;
- планово-висотна прив'язка сітки квадратів;
- зйомка рельєфу;
- розрахунково-графічні роботи.

Рекогносцировка ділянки зйомки

На цьому етапі роботи оцінюють можливість без перешкоди виконати розбивку сітки квадратів і виконати геометричне нівелювання;

вибирають початковий напрямок однієї із сторін сітки, станції нівелювання, зв'язуючі точки, а також оптимальний варіант прив'язки сітки квадратів до точок планово-висотної зйомочної основи. Бажано розміри ділянки 100 м × 100 м, 80 м × 80 м, 60 м × 60 м або в їхній комбінації.

Розбивка сітки квадратів

Залежно від рельєфу місцевості і масштабу зйомки сторони квадратів можуть бути для виконання навчального завдання – 10, 20 м.

Розбивку сітки квадратів виконують за допомогою теодоліта і стрічки (рулетки).

Для цієї мети по межі ділянки розбивають прямокутник, на сторонах якого закріплюються вершини квадратів через задані інтервали. Положення вершин квадратів у середині ділянки знаходять на перетині створів, що проходять через відповідні точки (вершини), які закріплені на протилежних сторонах зовнішнього прямокутника. Вершини квадратів закріплюють дерев'яними кілками з написом номера вершини. Після розбивки і закріплення вершин квадратів складають схему (рис. 3.19), на якій показують усі закріплені точки, результати зйомки ситуації та характерні лінії рельєфу.

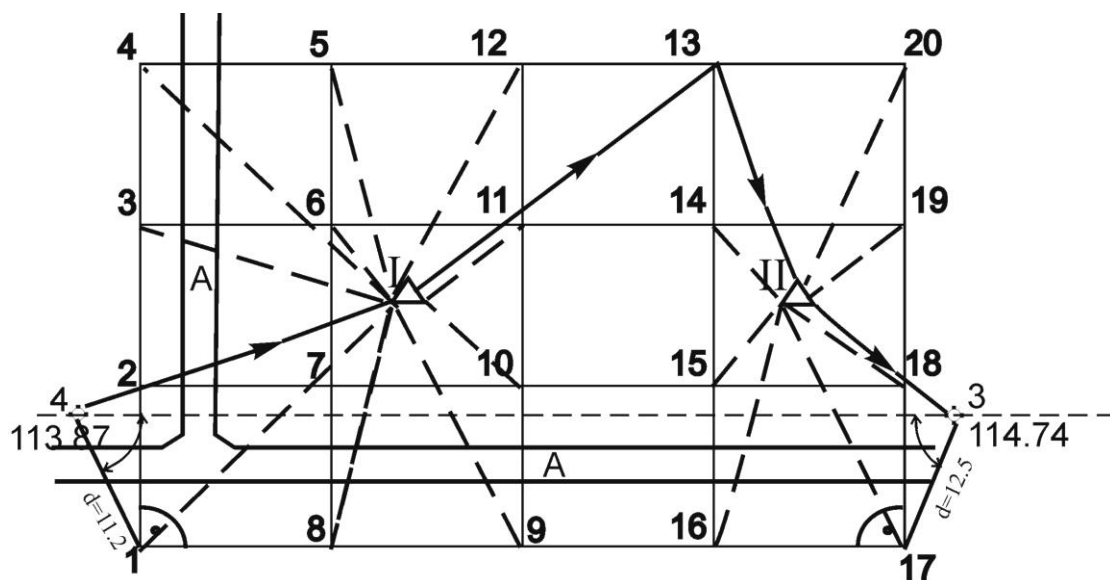


Рисунок 3.19 – Схема нівелювання за квадратами

Зйомку ситуації виконують від вершин квадратів способами прямокутних координат і лінійних засічок, а також способом створів по сторонах квадратів сітки.

Планово-висотна прив'язка сітки квадратів

Оптимальний варіант прив'язки сітки квадратів зазвичай виконують з точок або сторін побудованої планово-висотної основи. Найчастіше початкову лінію сторін сітки прив'язують методом прямокутних або полярних координат. У нашому варіанті прив'язка виконана методом полярних координат із точок теодолітного ходу 3 і 4.

Зйомка рельєфу

По ділянці, яку знімають, прокладають нівелірний хід, кожні дві суміжні станції повинні мати спільні зв'язуючі точки, при цьому виконують нівелювання решти вершин квадратів як проміжних точок.

У нашому прикладі дві станції (див. рис. 3.20), зв'язуючою є вершина квадрата – точка 13. На схемі напрямки візування на зв'язуючі точки викреслюють суцільними лініями, а на проміжні пунктирними.

Під час нівелювання відліки на ці проміжні точки знімають по одній основній (чорній) стороні рейки. Висоти цих вершин обчислюють через горизонт інструменту.

Зв'язуючі точки нівелюють за методом нівелювання з середини по двох сторонах рейок, і через них зйомочний висотний хід прив'язується до точок планово-висотної зйомочної основи.

Результати нівелювання поверхні за квадратами заносяться в журнал нівелювання.

Розрахунково-графічні роботи

Обчислюють позначки зв'язуючих точок нівелірного ходу. Позначки початкової і кінцевої точок ходу беруть із журналу нівелювання точок теодолітного ходу.

Нев'язку нівелірного ходу розраховують за формулою:

$$f_h = \sum h_{сер} - (H_k - H_n), \quad (3.46)$$

де H_k – позначка кінцевої точки ходу;

H_n – позначка початкової точки ходу.

Допустиму нев'язку обчислюють за формулою:

$$f_{hdop} = \pm 10\sqrt{n}, \quad (3.47)$$

де n – кількість станцій в ході.

Визначення позначок (висот) зв'язуючих точок детально розглянуто при нівелюванні точок теодолітного ходу, які є зв'язуючими.

Позначки проміжних точок визначають через горизонт інструменту по формулах 3.39 і 3.40.

Процес складання плану по результатах нівелювання поверхні за квадратами аналогічний побудові топографічного плану по матеріалах горизонтальної і тахеометричної зйомок.

На плані теодолітної зйомки в тому ж масштабі будують сітку квадратів відповідно до прив'язки до пунктів планово-висотної основи. Біля кожної вершини квадрата виписують її позначку, округлену до 0,01 м. Виконують інтерполювання, після чого проводять горизонталі через 0,5 м. Графічне інтерполювання за допомогою палетки (рис. 3.19) та викреслення горизонталей детально розглянуто при оформленні плану тахеометричної зйомки.

Після закінчення зйомочних робіт необхідно виконати графічне оформлення комплексного топографічного плану ділянки комбінованої зйомки. Всі елементи ситуації і написи мають бути чіткими і згідно з умовними знаками.

3.8 Вказівки відносно викреслення та оформлення плану

Координатну сітку на планшеті викреслюють зеленою фарбою не суцільними лініями, а лише перетини координатних ліній довжиною 6 мм; товщина ліній 0,1 мм. Оцифрування координатної сітки виконують цифрами висотою 2 мм тільки по чотирьох кутах. Лінії «іксів» підписують горизонтально, а «ігреків» – вертикально.

Точки теодолітного ходу обводять кружечками діаметром 1,5 мм, а їхній номер проставляють цифрами висотою 2 мм ліворуч кружечка або праворуч у чисельнику, у знаменнику – значення позначки висотою 2 мм.

Границі контурів угідь позначаються точками діаметром 0,2 мм з інтервалом 1,5 мм, назви угідь – буквами висотою 2 мм.

Позначення будинків – лініями товщиною 0,2 мм з написом всередині.

Горизонталі креслять коричневою фарбою товщиною ліній 0,15–0,20 мм, а горизонталі через кожні 2 метри – товщиною в 2,5 рази більше і підписують у розривах також коричневою фарбою.

Позначки точок зйомочного обґрунтування і рейкових точок підписують чорною тушшю.

Зарамкове оформлення

Зверху рамки планшета роблять такі написи: посередині на відстані від рамки 5 мм – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, на відстані 16 мм від рамки «Міністерство освіти і науки України», обидва написи висотою 4 мм. Праворуч на відстані від рамки 5 мм, висотою 2 мм з таким розрахунком, щоб напис закінчився на границі сітки «район проведення практики», наприклад «Парк Молодіжний».

Зліва, починаючи від краю сітки на відстані 1,5 см, висотою 3 мм – «Харків», вище на 3 мм висотою 2 мм – «Система координат умовна».

Внизу, посередині рамки на відстані 5 мм, висотою 4 мм – 1 : 500 (1 : 1 000), відступивши 3 мм, висотою 2 мм – «У 1 сантиметрі 5 (10) метрів» відповідно. Далі один напис нижче другого на 3 мм висотою 2 мм – «Суцільні горизонталі проведені через 0,5 метра», ще нижче – «Система висот умовна».

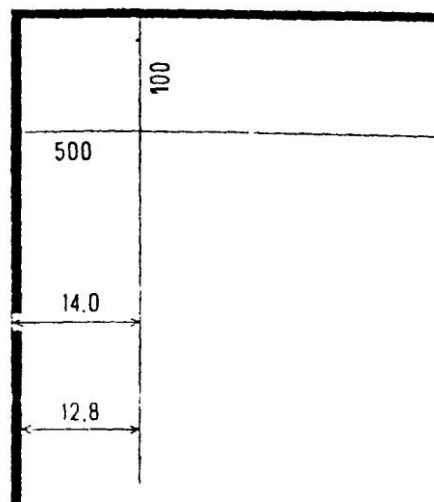


Рисунок 3.20 – Зразок рамки (розміри в мм)

Ліворуч на відстані 1,5 см від краю сітки і 5 мм від рамки, один напис нижче другого на 3 мм, висотою 2 мм – «Метод зйомки, рік» Наприклад, «Топографічний план ділянки комбінованої зйомки, 2024 рік». Праворуч також на відстані від рамки 5 мм один напис нижче другого на 3 мм, висотою 2 мм з таким розрахунком, щоб написи закінчилися на границі сітки – Викладач, нижче «Виконала бригада

№ ____, група № ____», ще нижче Бригадир (Прізвище, ініціали). Зразок рамки (рис. 3.20).

Викреслювання топографічного плану і зарамкове оформлення необхідно виконати одному з членів бригади. Якість графіки має бути високою.

3.9 Трасування та технічне нівелювання

Польове трасування лінійних споруд починають із рекогносцирування місцевості. Рекогносцирування і закріплення траси бригада виконує повним складом під керівництвом викладача.

Початок (ПК 0), вершини кутів повороту, кінець траси, вихідні дані для прив'язки і напрямок траси вказується керівником практики безпосередньо на місцевості.

Довжина траси встановлюється в межах 0,6–0,7 км на бригаду з прив'язкою до вихідних пунктів.

Розбивка пікетажу по трасі

Пікети розбивають через 100 м з допомогою мірної стрічки чи сталльної рулетки, аналогічно вимірюванню сторін теодолітного ходу. Маючи виміряні кути повороту траси та задані радіуси повороту, розраховують елементи кругових кривих.

Під час подальшого трасування враховують домір. У межах траси необхідно виконати розбивку 1–2 кривих, зокрема детальну розбивку однієї кругової кривої (за вказівкою керівника практики) і розбивку 1–2 поперечників по 10–20 м в обидва боки від осі траси на характерних ділянках.

Початок траси (ПК0), всі пікети, вершини кутів поворотів траси, кінець траси закріплюються на місцевості дерев'яними кілками з сторожками.

Вздовж траси проводять зйомку ситуації з обох боків – способи зйомки: перпендикулярів і створів, як під час горизонтальної зйомки.

Всі записи виконують у пікетажному журналі, де трасу викреслюють умовно прямою лінією, а кути повороту позначають стрілками.

У пікетажному журналі відмічають номери реперів і їхнє місце

розташування, а також дані, що характеризують криві. Записи ведуть олівцем або кульковою ручкою.

Вимірювання кутів повороту траси виконують теодолітом повним прийомом з записом результатів у журналі теодолітної зйомки. Необхідно пам'ятати, що вимірюванню підлягає правий по ходу траси допоміжний кут β , згідно з рисунком 3.21.

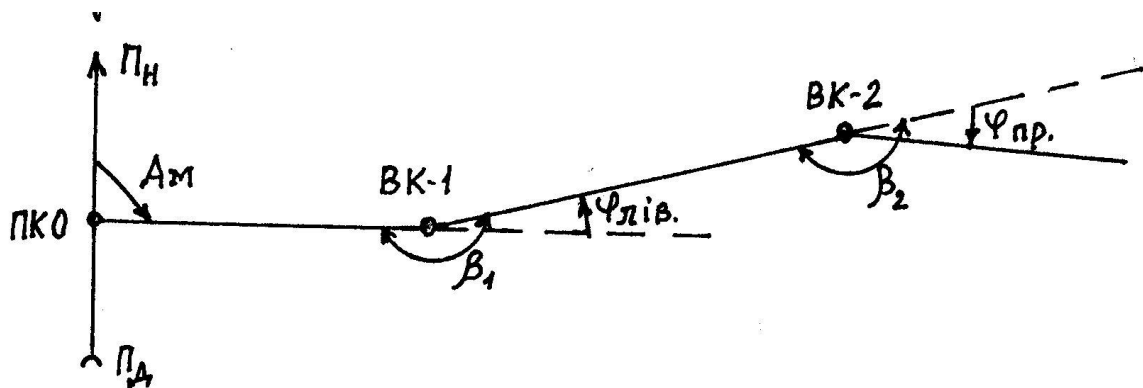


Рисунок 3.21 – Вимірювання кутів повороту траси

На ПК0 необхідно за допомогою орієнтир-бусолі і теодоліта виконати визначення магнітного румба (r_M), початкового напрямку траси по виміряному магнітному азимуту (A_M), який умовно приймають за дирекційний кут.

За дирекційним кутом першого прямого відрізка та кутом повороту траси обчислюють дирекційні кути та румби наступних ліній траси:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \varphi_{пр}, \quad (3.48)$$

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n - \varphi_{лів}. \quad (3.49)$$

де α_n – дирекційний кут попередньої лінії;

$\varphi_{пр}$ – правий кут повороту траси;

$\varphi_{лів}$ – лівий кут повороту траси.

Розрахунок елементів кругової кривої

Вихідними даними для обчислення елементів кривих є кут повороту φ та радіус R (рис. 3.22). Елементи горизонтальної кругової кривої в метрах визначають за допомогою спеціальних таблиць або обчислюють за формулами:

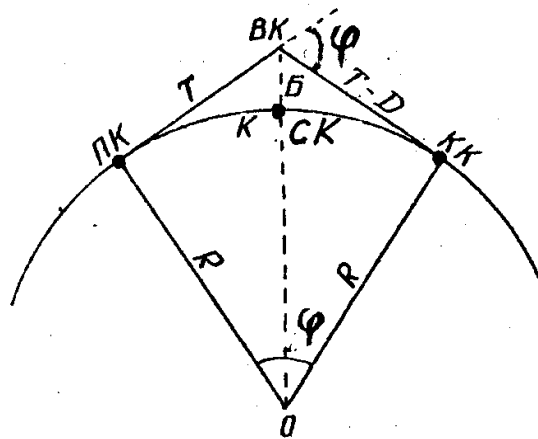


Рисунок 3.22 – Елементи кривої

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}, \quad (3.50)$$

$$K = \frac{\pi \cdot R \cdot \varphi}{180}, \quad (3.51)$$

$$D = 2T - K, \quad (3.52)$$

$$B = R \left(\sec \frac{\varphi}{2} - 1 \right), \quad (3.53)$$

де T – довжина тангенса;

K – довжина кривої;

D – домір;

B – бісектриса.

Таблиці складені для кривих радіуса $R = 1\,000$ м, тому вибрані з таблиць значення елементів кругової кривої необхідно привести в узгодженість із заданим радіусом.

У нашому прикладі: $R = 100$ м, $\varphi = 37^\circ 45'$.

Із таблиць «Розбивки кривих» вибирають: тангенс $T = 341,89$ м; криву $K = 658,86$ м; домір $D = 24,92$ м; бісектриса кута $B = 58,83$ м.

Для радіуса $R = 100$ м будемо мати такі елементи кривої:

$$T = 341,89 \times 0,1 = 34,19 \text{ м};$$

$$K = 658,86 \times 0,1 = 65,89 \text{ м};$$

$$D = 24,92 \times 0,1 = 2,49 \text{ м};$$

$$B = 58,83 \times 0,1 = 5,88 \text{ м}.$$

Пікетне положення початку кривої ПК і кінця кривої КК одержимо

за формулами:

$$PK = BK - T; KK = PK + K; KK = BK + (T - D),$$

де BK – відстань від ПК 0 до вершини кута повороту, м.

Розходження в положенні КК під час контрольного обчислення допускається 1–2 см. Для визначення середини кривої СК за допомогою теодоліта будують напрям бісектриси кута $180^\circ - \varphi$ і вздовж неї від точки ВК відкладають величину Б.

Одержані елементи кривої потім, під час оформлення повздовжнього профілю траси, записують в умовно викресленій на профілі дузі, що відображає кругову криву.

Кінцевим етапом геодезичних робіт на трасі лінійної споруди є нівелювання пікетів, плюсових точок, точок поперечних профілів і головних точок кривих.

Технічне нівелювання траси

Виконують з прив'язкою до пунктів висотної основи способом із середини. Для цього використовують нівеліри з циліндричними контактними рівнями Н-3, 2Н-10Л або з компенсаторами Н-3К, Н-10КЛ, а також двосторонні рейки з поділками (шашками).

Результати нівелювання та необхідні розрахунки виконують у журналі нівелювання траси.

Методику, порядок нівелювання та допуски детально розглянуто вище.

Визначають нев'язку нівелірного ходу за формулою:

$$f_h = \sum h_{\text{сер}} - (H_k - H_n), \quad (3.54)$$

де H_k , H_n – позначки відповідно початкової та кінцевої точок ходу.

Такими точками можуть бути репери або інші фіксовані точки з відомими позначками.

Різницю $(H_k - H_n) = \sum h_{\text{теор}}$ називають теоретичною сумою перевищень.

Для оцінки точності нівелірного ходу одержану нев'язку f_h порівнюють з допустимою:

$$f_{\text{доп}} = \pm 50\sqrt{L}, \quad (3.55)$$

де L – довжина нівелірного ходу, км.

Якщо абсолютне значення одержаної нев'язки f_h менше від

допустимої, то обчислюють виправлені середні перевищення. Разом із тим вводять поправку $\Delta h = -f_h/n$ з оберненим знаком нев'язки порівню в усі середні перевищення. Нев'язку обчислюють до цілих міліметрів. Контролем обчислень $h_{випр}$ є збіжність сум виправлених і теоретичних значень перевищень:

$$\Sigma h_{випр} = \Sigma h_{теор}. \quad (3.56).$$

Обчислюють позначки зв'язуючих точок:

$$H_{i+1} = H_i + h_{випр},$$

де i – номер точки.

Висоти проміжних точок обчислюють за формулами (3.39, 3.40) і записують у відповідних рядках графі 10 журналу.

Складання поздовжнього профілю траси

Поздовжній та поперечні профілі будують за матеріалами пікетажного журналу та журналу нівелювання.

Поздовжній профіль траси будують на міліметровому папері в масштабах: горизонтальний 1 : 2 000, вертикальний 1 : 200.

Складання профілю траси лінійної споруди починають з креслення сітки профілю, яка залежно від характеру та призначення споруди приймається різних видів.

Побудову профілю виконують у такому порядку:

1. Викреслюють сітку профілю з графами. Верхню лінію умовного горизонту сітки суміщають з потовщеною лінією міліметрівки.

2. У заданому горизонтальному масштабі 1 : 2 000 відкладають усі пікети, а також пікети кривої (табл. 3.6) і заповнюють графу «Відстані». При цьому вказують тільки відстані від пікету до плюсових точок. Відстань 100 м між пікетами, коли відсутні плюсові точки, не пишуть.

3. Заповнюють графу «Фактичні позначки», виписуючи їх із журналу нівелювання, їхні значення заокруглюють до 1 см і виписують у графу сітки профілю вертикально відносно пікетів і плюсових точок.

4. У графі «План траси» посередині червоним кольором проводять вісь траси у вигляді прямої лінії, показують вершини кутів повороту (стрілкою вліво або вправо), і умовними знаками викреслюють ситуацію вздовж траси.

5. У графі «Ґрунти» вказують типи ґрунтів уздовж траси відповідно

до пікетажної книжки.

6. Довжину і напрямок окремих прямих ліній траси вказують у графі «План прямих і кривих». Значення довжини прямих відрізків записують над осьюовою лінією графі, під осьюовою лінією – румби прямих відрізків до початку кривої та після її кінця, обчислених за формулами (3.48, 3.49).

У цій же графі вказують місцеположення і параметри кривих відповідно виконаним розрахункам. Криві при правих кутах повороту позначають дужками опуклістю догори, вниз при лівих. Початок і кінець кривої прив'язують до пікетів.

7. За даними граф «Фактичні позначки» та «Відстані» будують лінію профілю. Висоту точок відкладають уверх від лінії умовного горизонту, яку визначають залежно від мінімальної фактичної позначки з таким розрахунком, щоб найнижча точка профілю знаходилась на відстані від умовного горизонту не менше 4 см (8 м у масштабі 1 : 200). Від лінії умовного горизонту на відстані 3–5 мм ліворуч нульового пікету будують вертикальний масштаб, який полегшує побудову.

Таблиця 3.6 – Визначення величин пікетів на кривій

| Порядок розрахунку: | Контроль: |
|---------------------|------------------|
| ВК... ПК4+0,00 | ВК... ПК4+0,00 |
| – Т 34,19 | + Т 34,19 |
| ПК... ПК3+65.81 | ПК4+34,19 |
| + К.... 65,89 | – Д 2,49 |
| КК... ПК4+31,70 | КК... ПК4+31,70 |

Одержані в результаті графічних побудов точки з'єднують прямими відрізками. Створена цими відрізками ламана лінія є вертикальним розрізом ділянки місцевості за заданим напрямом – поздовжній профіль траси.

Над лінією профілю показують положення реперів з їхніми позначками і прив'язками відносно траси.

Поперечний профіль будують також на міліметровці в однакових горизонтальних і вертикальних масштабах 1 : 200. Внизу профілю креслять графі «Фактичні позначки» та «Відстані» шириною відповідно 1,5 та 1 см. Графі поперечного профілю заповнюють даними з журналу нівелювання.

Лінію поверхні землі поперечного профілю будують за фактичними позначками відносно умовного горизонту, який приймається таким, як і для поздовжнього профілю. Над поперечним профілем вказують його місцеположення, під ним – масштаб і будують над відповідними точками поздовжнього профілю або з правої сторони поздовжнього профілю на вільному місці.

Нанесення проектної лінії і обчислення проектних позначок точок

Під час нанесення проектної лінії розглядається декілька доцільних варіантів і вибирається такий, який має найкращі техніко-економічні показники. Разом із тим необхідною умовою є дотримання рівності об'ємів виїмки та насипу, тобто збалансування об'ємів земляних робіт. Ухили проектної лінії вибраної траси не повинні перевищувати допустимих.

Вихідними даними для нанесення проектної лінії можуть бути також ухили окремих ділянок траси та початкова проектна позначка, яку вибирають залежно від позначки точки примикання до існуючої або проектної споруди та ін.

Під час проектування автомобільних шляхів основні вимоги можна сформулювати так:

– ухили на окремих ділянках траси не повинні перевищувати допустимі (для автошляхів від 0,006 до 0,06);

– обсяги земляних робіт на окремих ділянках траси або і всієї траси мають бути приблизно однакові, щоб виконувався баланс земляних робіт;

$$V_B \approx V_H \approx \min \quad (3.58)$$

– між спусками та підйомами передбачають горизонтальні прямі довжиною біля 100 м;

– між кінцями і початками кривих на трасі проєктують прямі відрізки довжиною біля 100 м;

– прямі відрізки траси повинні бути з'єднані круговими кривими в горизонтальній і вертикальній площинах. Радіуси цих кривих задаються.

Проєктування на профілі починають з вибору позначок на кінцях обраних відрізків. Позначки цих точок беруть графічно безпосередньо з профілю з точністю до 0,1 м і обчислюють ухил проектної лінії за формулою:

$$i = \frac{(H_k - H_n)}{d}, \quad (3.59)$$

де H_n, H_k – відповідно позначки початку та кінця проєктної лінії, м;

d – горизонтальна проєкція лінії, м.

Проєктний ухил лінії визначають до тисячної долі – промілле (‰). Наприклад, $H_k - H_n = 3,75$ м, $d = 300$ м. Розрахуємо ухил на цьому відрізку:

$$i = \frac{3.75}{300} = 0.0125$$

Для зручності і точності подальших розрахунків одержаний ухил заокруглюють до тисячних. Наприклад, $i = 0,012$ або $i = 0,013$. Це легко зробити, перемістивши одну з точок проєктної лінії у вертикальному напрямку на 0,15 м, що в масштабі 1 : 200 відповідає приблизно 0,7 мм.

Таким чином назначають кінці проєктних відрізків на профілі та визначають проєктні ухили ліній на всіх інших ділянках траси.

У графі «Ухили ліній» у місцях зміни ухилу проводять вертикальну риску і у бік ухилу проводиться діагональ, зверху якої вказують ухил у тисячних, а знизу – довжину траси на цій ділянці у метрах. На ділянці траси з нульовим ухилом проводять горизонтальну риску.

Маючи проєктні позначки кінців проєктних відрізків, визначають проєктні позначки усіх точок профілю:

$$H_{i+1} = H_i + d \cdot i, \quad (3.60)$$

де H_i, H_{i+1} – проєктні позначки відповідно попередньої та наступної точок проєктної лінії, м.

i – ухил проєктної лінії;

d – горизонтальна проєкція лінії, м.

Обчислені за формулою (3.60) позначки округляють до 0,01 м і записують у графу проєктних позначок над відповідними точками траси. На горизонтальній ділянці проєктної лінії проєктні позначки виписують тільки на її кінцях. Проєктні позначки визначено правильно, якщо в кінці проєктної лінії одержана збіжність обчисленої позначки з проєктною.

На кожному пікеті та плюсовій точці обчислюють робочі позначки, що визначають глибину виїмки або висоту насипу, м:

$$h_p = H_{np} - H_\phi. \quad (3.61)$$

Значення робочих позначок виписують над проєктною лінією або під нею. Робочі позначки виписані над проєктною лінією свідчать про те, що в

цих точках потрібно виконати насип. Робочі позначки, вписані під проектною лінією, вказують на виїмку.

Місця перетину проектної лінії з лінією профілю називають точками нульових робіт, тобто точками, у яких земляні роботи не виконуються (дорівнюють нулю).

Позначки таких точок обчислюють, визначивши спочатку їхню відстань (рис. 3.23) від точки нульових робіт до сусідніх пікетів за формулами:

$$x = \frac{|h_{1p}|}{|h_{1p}| + |h_{2p}|} \cdot d \quad (3.62)$$

$$y = \frac{|h_{2p}|}{|h_{1p}| + |h_{2p}|} \cdot d, \quad (3.63)$$

де h_{1p} , h_{2p} – абсолютні значення відповідної задньої та передньої робочих позначок, м;

d – горизонтальна проекція лінії між задньою і передньою точками, м.

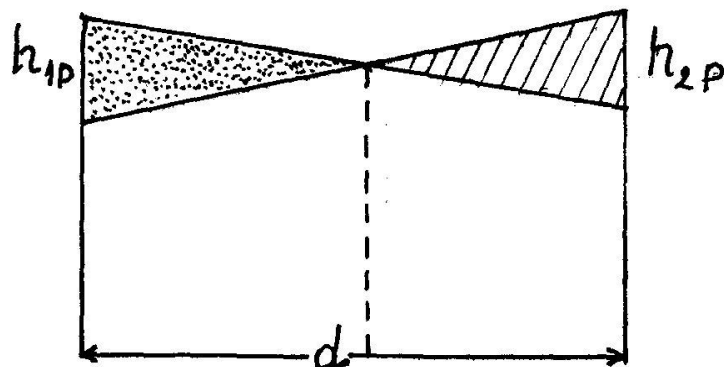


Рисунок 3.23 – Визначення точок нульових робіт

Контролем обчислення відстані до точки нульових робіт є рівність:

$$d = x + y. \quad (3.64)$$

Позначки точок нульових робіт, м, обчислюють за формулами:

$$H_0 = H_3 \pm ix, \quad (3.65)$$

$$H_0 = H_n \pm iy, \quad (3.66)$$

де H_3 , H_n – відповідно задня та передня проектні позначки.

Позначки точок нульових робіт і відстані до них з точністю до 0,1 м

записують на поздовжньому профілю над лінією умовного горизонту.

Після перевірки і коригування керівником практики всього обчисленого матеріалу та графічних побудов, виконаних олівцем, поздовжній профіль траси викреслюють фарбою.

Червоною фарбою викреслюють і підписують: проектну лінію, вісь траси і стрілки повороту в графі «План траси», ухили ліній і відстані для відповідних ділянок траси; проектні позначки; лінії та всі записи в графі «Пікети, план прямих і кривих» (крім номерів пікетів).

Синьою фарбою – робочі позначки, позначки точок нульових робіт, пунктирні перпендикуляри з точок нульових робіт на лінію умовного горизонту і відстані до них від найближчих пікетів.

Всі решту ліній, написи і цифри виконують чорною фарбою.

3.10 Розв’язування інженерних задач на місцевості геодезичними методами

Під час проведення інженерно-геодезичних робіт, необхідних під час будівництва і експлуатації інженерних споруд, виникають інженерно-геодезичні задачі, які належить розв’язувати інженеру-будівельнику.

Побудова проектного горизонтального кута

Завдання полягає в тому, що необхідно винести в натуру проектний кут $\beta_{пр}$, заданий з точністю, яка відповідає типу теодоліта (точний спосіб).

Приклад. Вихідні дані: проектний кут $\beta_{пр}$, напрямок АВ (рис. 3.24) (видаються керівником практики, наприклад $\beta_{пр} = 47^{\circ}00'$)

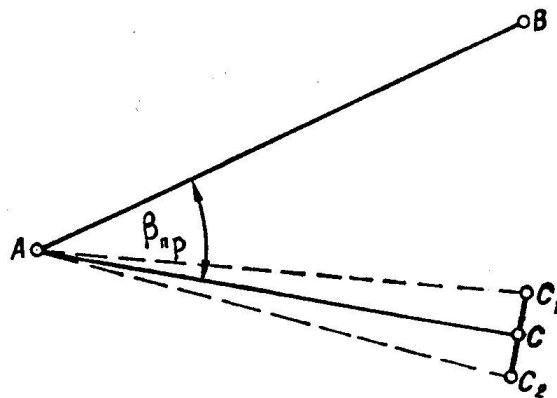


Рисунок 3.24 – Побудова проектного горизонтального кута

Порядок виконання

Установлюють в точці А теодоліт і приводять його в робоче положення. При крузі право візують зорову трубу на точку В і беруть відлік по горизонтальному кругу, приміром $b_n = 19^\circ 50'$. Лімба та аліада горизонтального круга мають бути закріплені. Обчислюють відлік на точку C_1 під час побудови кута β_{np} у напрямках:

за годинниковою стрілкою:

$$C_1 = b_n + \beta_{np} = 19^\circ 50' + 47^\circ 00' = 66^\circ 50'; \quad (3.67)$$

проти годинникової стрілки:

$$C_1 = b_n - \beta_{np} = 19^\circ 50' + 360^\circ - 47^\circ 00' = 332^\circ 50'. \quad (3.68)$$

Відкріплюють аліаду горизонтального круга і повертають її вправо або вліво на заданий кут β_{np} . Установлюють відлік C_1 і по центру сітки ниток труби фіксують шпилькою точку C_1 . Аналогічно будують кут β_{np} при крузі ліво і фіксують шпилькою точку C_2 . Відстань $C_1 C_2$ за допомогою лінійки ділять навпіл і фіксують точку С.

Побудова проєктного відрізка на місцевості

Довжини проєктних ліній – це їхнє горизонтальне прокладення, яке визначають за формулою (3.16):

$$d = D + \Delta D_k + \Delta D_v + \Delta D_t.$$

При побудові d з відносною похибкою $f_{відн} \leq 1 : 2\,000$ поправку за температуру ΔD_t не враховують, якщо різниця температур компарування і вимірювання не перевищує $\pm 8^\circ\text{C}$. Також поправку за приведення лінії до горизонту використовують спрощеної залежності:

$$\Delta D_v = -0,5 D \sin^2 \nu. \quad (3.69)$$

Перенесення в натуру горизонтального прокладення є оберненою задачею вимірювання лінії і виконують його методом редукування. Для цього на місцевості спочатку відкладають d , а потім обчислюють поправку Δd (рис. 3.25).

$$D = d + \Delta d. \quad (3.70)$$

Поправка Δd вводяться з оберненим знаком по відношенню введення їх під час вимірювання лінії.

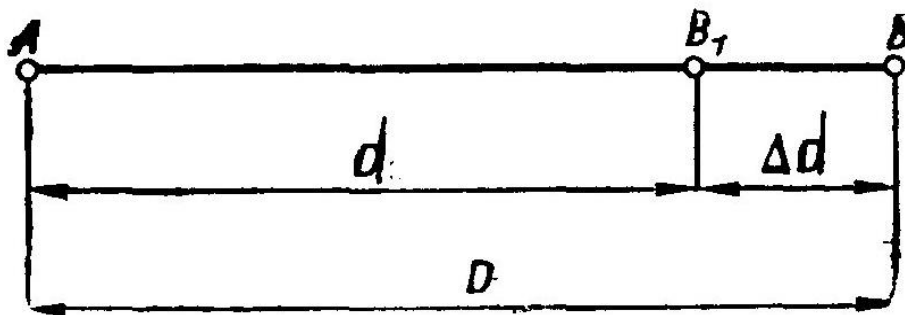


Рисунок 3.25 – Побудова проектної лінії

За кутів нахилу ν менше 5° приймають $D_{вим} = d \approx D_{іст}$, приведені залежності можна спростити:

$$\Delta d = d \left(0.5 \sin^2 \nu - \frac{\Delta l_k}{l_0} - \alpha(t - t_0) \right) \quad (3.71)$$

Приклад.

Вихідні дані: $d = 48,54$ м; температура компарування $t_0 = 20$ °С; поправка за компарування 20-метрової сталльної рулетки $\Delta l_k = +9$ мм.

Порядок виконання

1. На місцевості від фіксованої точки (точка теодолітного ходу) у заданому напрямку відкладають $d = 48,54$ м і забивають кілок, на якому маркують другий кінець лінії (олівцем, цвяхом).
2. Вимірюють температуру повітря, нехай $t = 8$ °С.
3. Проводять вимірювання теодолітом кута нахилу, $\nu = 2^\circ 12'$.
4. Обчислюють лінійну поправку і довжину похилої лінії D за формою, наведеною в таблиці 3.7.
5. Відкладають на місцевості Δd в напрямку подовження лінії (Δd має знак «+») і фіксують кінець лінії.
6. Проводять контрольні виміри похилої віддалі D в прямому D' і зворотному D'' напрямках.

7. Виконують оцінку точності: $f_{відн} = \frac{f_{абс}}{D} \leq \frac{1}{2000}$, де $f_{абс} = D' - D''$.

Таблиця 3.7 – Обчислення лінійної поправки Δd і D

| Номер дій | Елементи формул | Числові значення | Номер дій | Елементи формул | Числові значення |
|-----------|--------------------------|------------------|-----------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | v | $2^{\circ}12'$ | 10 | $t-t_0$ | -12°C |
| 2 | $\sin v$ | 0.038 39 | 11 | α | 12.5×10^{-6} |
| 3 | $\sin^2 v$ | 0.001 47 | 12 | $\alpha(t - t_0)$ | $-0.000 15$ |
| 4 | $0.5 \sin^2 v$ | 0.000 74 | 13 | $-\frac{\Delta l_k}{l_0}$ | $-0.000 45$ |
| 5 | Δl_k | +0,009 м | 14 | $-\alpha(t - t_0)$ | +0.000 15 |
| 6 | l_0 | 20,00 м | 15 | Σ | 0,000 44 |
| 7 | $\frac{\Delta l_k}{l_0}$ | +0.000 45 | 16 | d | 48,54 |
| 8 | t | +8 °C | 17 | Δd | 0,021 |
| 9 | t_0 | +20 °C | 18 | D | 48,561 |

Перенесення в натуру проєктної позначки

Установлюють нівелір приблизно посередині між найближчим репером, висота якого відома $H_{ррА}$, та точкою B (рис. 3.26).

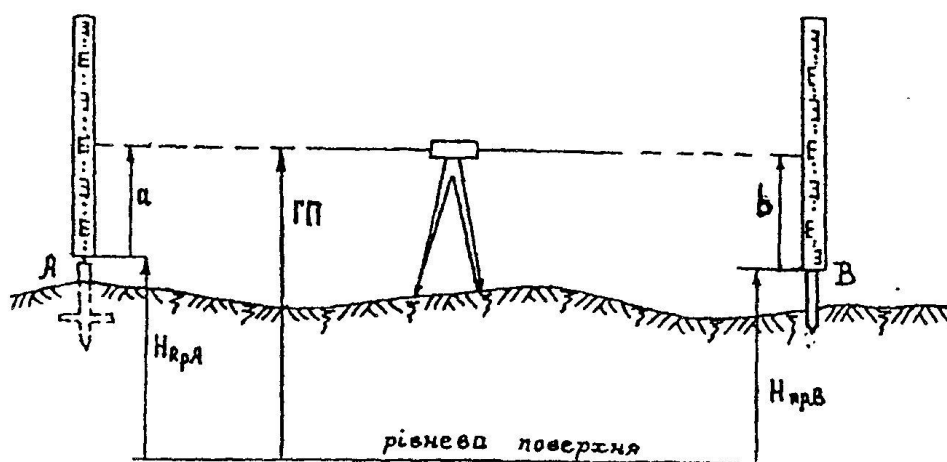


Рисунок 3.26 – Перенесення проєктної позначки

Приводять нівелір у робоче положення і беруть відлік a та

обчислюють горизонт приладу $ГП$ і відлік b за формулами:

$$ГП = H_{RpA} + a, \quad (3.72)$$

$$b = ГП - H_{npB}. \quad (3.73)$$

Забивають кілок у точці B до тих пір, поки відлік на рейці буде дорівнювати значенню b (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 – Обчислення $ГП$ та відліку b

| Номер дій | Елементи формул | Числові значення |
|-----------|-----------------|------------------|
| 1 | H_{RpA} | 223,081 м |
| 2 | a | 2.104 |
| 3 | $ГП$ | 225.185 |
| 4 | H_{RpB} | 224.718 |
| 5 | b | 0,467 м |

Приклад.

Вихідні дані, елементи формул і обчислення наведені в таблиці 3.8.

Для контролю, змінивши висоту приладу, проводять нівелювання між репером і точкою B , таблиця 3.9.

Таблиця 3.9 – Журнал технічного нівелювання

| Номер ст | Номер пікет | Відліки | | Перевищення | | ГП | Висоти |
|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|----|---------|
| | | задні | передні | вчислені | середні | | |
| 1 | RpA | 2235 | | +1 633 | +1 635 | | 223,081 |
| | | <u>6918</u> | | | | | |
| | B | 4683 | 0602 | +1 636 | | | 224,716 |
| | | | <u>5282</u> | | | | |
| | | | 4680 | | | | |

Побудова на місцевості лінії заданого ухилу

Лінію заданого ухилу можна побудувати нівелюванням із середини або вперед.

Спосіб нівелювання із середини

Для цього нівелір установлюють приблизно посередині між точками A і B (рис. 3.27), таким чином, щоб два підймальних гвинта знаходилися в створі лінії AB .

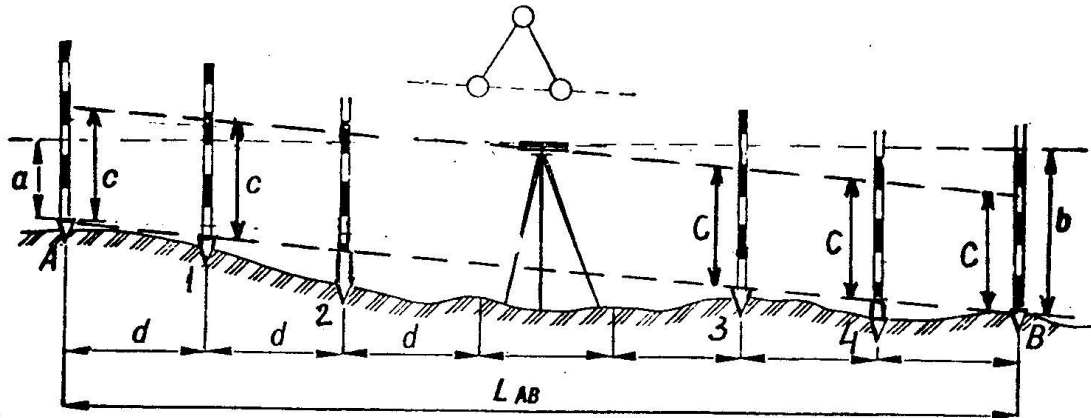


Рисунок 3.27 – Побудова лінії заданого ухилу нівелюванням із середини

За відомою позначкою точки A та заданим ухилом i_{AB} визначають проектну позначку точки B .

$$H_{прB} = H_{прA} + (\pm i_{AB} \cdot L_{AB}), \quad (3.74)$$

де i_{AB} – проектний ухил;

L_{AB} – відстань між точками, м.

Приводячи нівелір у робоче положення, беруть відлік a на рейці в точці A , обчислюють горизонт приладу (у метрах) та відлік b на рейці у точці B (у міліметрах).

Перенесення проектної позначки на місцевість в точці B виконують за формулами (3.73–3.74) (рис. 3.27).

Методом наближення добиваються однакових відліків на обох рейках, встановлених у крайніх точках. Для цього, спочатку працюючи двома підймальними гвинтами, які знаходяться в створі цієї лінії, обертаючи їх у різні боки, виводять середню нитку сітки нівеліра на відлік у точці A :

$$c'_{cp} = \frac{(a + b)}{2}. \quad (3.75)$$

Потім візують зорову трубу нівеліра на рейку в точці B та обчислюють середнє з двох відліків:

$$c''_{cp} = \frac{(c'_{cp} + e)}{2}. \quad (3.76)$$

Цей процес повторюють доти, поки відліки на двох рейках не співпадуть і будуть рівні відліку c . Далі, послідовно, не змінюючи нахилу труби нівеліра, візують на точки 1, 2, 3..., забивають у землю кілки так, щоб відлік по чорній стороні рейки, поставленої на будь-який кілок, дорівнював відліку c .

Приклад.

Необхідно на місцевості побудувати проєктний ухил $i_{AB} = + 0,005$ по лінії AB , довжина лінії $L_{AB} = 140$ м, $H_{npA} = 211,947$ м (рис. 3.28).

Порядок виконання:

1. Визначають проєктну позначку точки H_{npB}

$$H_{npB} = H_{npA} - i_{AB} \cdot L_{AB} = 211,947 - 0,005 \times 140 = 211,247 \text{ м.}$$

2. На місцевості забивають в точці **В** кілок на проєктну висоту по аналогії (дивись формули 3.73–3.74 та рисунок 3.27).

3. Беруть відліки по чорній стороні рейки в точках A та B і обчислюють середнє їхнє значення:

$$a = 1419 \text{ мм}; \quad e = 2119 \text{ мм};$$

$$c'_{cp} = \frac{(a + e)}{2} = \frac{(1419 + 2119)}{2} = 1769 \text{ мм.}$$

4. Встановлюють відлік c'_{cp} на рейці в точці A , нахилиючи трубу нівеліра за допомогою підймальних гвинтів, які знаходяться в створі цієї лінії. Після цього знову беруть відліки при нахиленій трубі і так до тих пір, поки всі відліки будуть однакові:

$$a = e = c.$$

5. Послідовно, не змінюючи нахилу труби нівеліра, візують на точки 1, 2, 3..., забивають у землю кілки так, щоб відлік по рейці на них дорівнював $c = 1702$ мм.

Проєктні параметри та результати вимірювань по перенесенню на місцевість лінії заданого ухилу нівелюванням із середини наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Перенесення лінії заданого ухилу нівелюванням із середини

| Номер наближення | Позначка точки H_A , м | Ухил i_{AB} | Відстань між точками L_{AB} , м | Інтервал між кілками d , м | Позначка точки H_B , м | Відлік по рейці a , мм | Горизонт приладу PI , м | Відлік по рейці на точці B , мм | Середній відлік $c_{ср}$, мм |
|---------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 211,947 | 0,005 | 140 | 20 | 211,247 | 1 419 | 213,366 | 2 119 | 1 769 |
| 2 | | | | | | 1 769 | | 1 629 | 1 699 |
| 3 | | | | | | 1 699 | | 1 705 | 1 702 |
| 4 | | | | | | 1 702 | | 1 702 | 1 702 |

Цю задачу легко виконати способом нівелювання «вперед» із похилим променем, за умови, що проєктні позначки точок **A** і **B** винесені на місцевість. Це можливо виконати як за допомогою нівеліра, так і теодоліта.

Спосіб нівелювання вперед

При побудові заданого ухилу нівелюванням вперед (рис. 3.28) нівелір установлюють над точкою **A**.

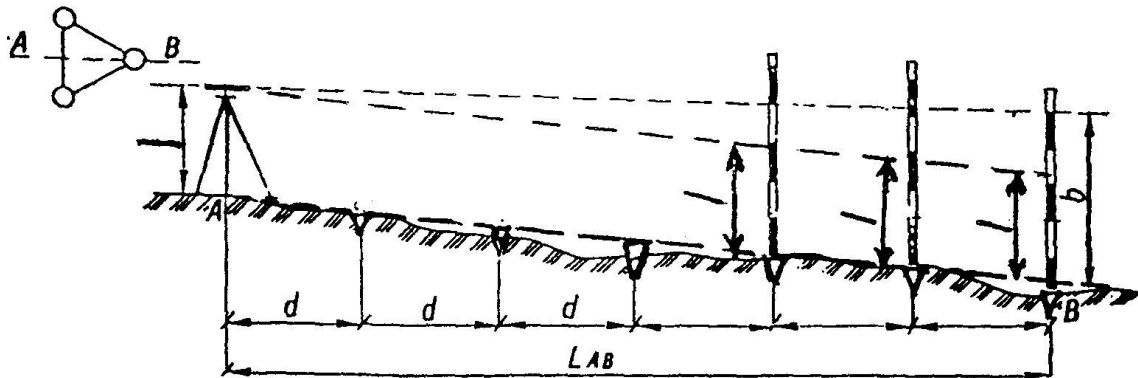


Рисунок 3.28 – Побудова лінії заданого ухилу нівелюванням вперед

При цьому один із підймальних гвинтів нівеліра повинен бути розміщений за напрямом лінії AB . Приводять нівелір у робоче положення. Вимірюють висоту приладу I , обчислюють відлік b на рейці, мм, встановленій у точці B , який відповідає проєктному ухилу i_{AB} :

$$b = I + i_{AB} L_{AB} \quad (3.77)$$

Забивають кілок у точці B до тих пір, поки відлік на рейці буде дорівнювати значенню v . Точку B фіксують забиванням кілка до рівня нижньої п'ятки рейки. Положення нижньої п'ятки рейки буде відповідати проектному значенню позначки точки B .

Потім за допомогою підйимального гвинта, розміщеного на лінії AB , нахилиють зорову трубу нівеліра до тих пір, поки відлік по середній нитці сітки не буде дорівнювати висоті приладу I на рейці, встановленій в точці B . Похилий промінь візування зорової труби нівеліра займе положення паралельне проектному ухилу i_{AB} . Після цього послідовно на відстані d устанавлюють рейки і забивають кілки в землю до тих пір, поки відліки на рейках не будуть дорівнювати висоті приладу I .

Верхні зрізи кілків будуть позначати на місцевості лінію заданого ухилу. Проектні параметри та результати вимірювань по перенесенню на місцевість лінії заданого ухилу нівелюванням вперед наведені в таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Перенесення лінії заданого ухилу нівелюванням вперед

| Позначка точки A , HA , м | Ухил i_{AB} | Відстань між точками L_{AB} , м | Інтервал між кілками d , м | Позначка точки B , HB , м | Висота приладу I , м | Відлік на точці v , мм |
|-------------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|
| 211,922 | 0,005 | 120 | 20 | 211,322 | 1,479 | 2 079 |

Підготовка даних і перенесення осей будівлі в натуру

Точність геодезичних розбивочних робіт залежить від характеристики будинків і споруд, типу будівельних конструкцій і регламентується згідно з відповідним ДСТУ.

В інженерно-геодезичній практиці при перенесенні в натуру основних осей будівлі використовують способи прямокутних і полярних координат, прямої кутової, лінійної та створної засічок. Розглянемо два перших способи, які мають найбільше поширення.

Спосіб прямокутних координат використовується за наявності будівельної координатної сітки або закріплених на місцевості червоних ліній (рис. 3.29). Обов'язковою умовою використання способу

Для контролю розбивки виконують вимірювання діагоналей. Виміряна довжина не повинна відрізнятись від обчисленої більше 2–3 см.

У цьому прикладі $d = \sqrt{40.80^2 + 11.56^2} = 42.41$ м. Виміряна довжина діагоналей $d_5 = d_6 = 42.43$ м.

$$f_{\text{відн}} = \frac{0,02}{42,43} = \frac{1}{2121} < \frac{1}{2000}.$$

Після цього за допомогою теодоліта виконують виноску створних ліній осей, які закріплюють за межами майбутнього котловану ґрунтовими знаками (залізобетонними стовпчиками і т. п.).

На стіни капітальних будівель, які розміщені по створу розбитих осей, олійною фарбою наносять хрестоподібні мітки і надписують номер осі.

Спосіб полярних координат

Застосовують на відкритій і рівній місцевості за наявності поблизу пунктів полігонометрії або точок теодолітного ходу.

Вихідні дані:

- топографічний план ділянки в масштабі 1 : 500;
- відомість обчислення координат точок теодолітного ходу;
- проектні габарити будівлі, наприклад 12 м × 40 м.

Порядок виконання. На топографічний план, поблизу точок теодолітного ходу, наносять прямокутний контур будівлі з габаритними осями поздовжніми А і В та поперечними 1 і 8 (рис. 3.30).

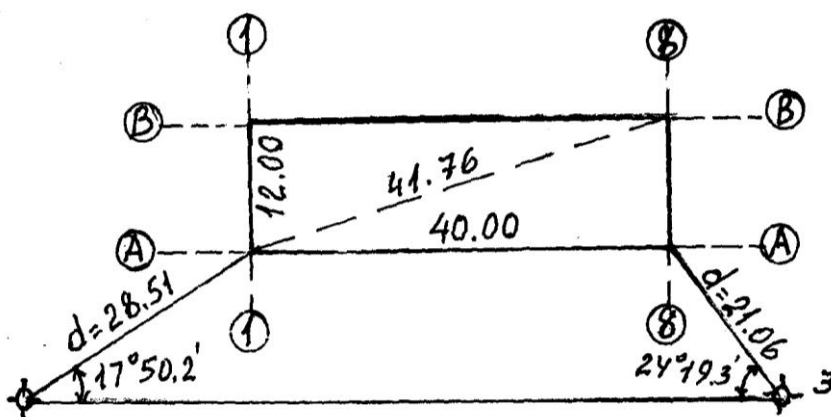


Рисунок 3.30 – Схема перенесення в натуру будівлі полярним способом

За графоаналітичного способу підготовки даних координати X і Y точок перетину осей будівлі $A/1$ і $A/8$ визначають графічно з топографічного плану, координати точок геодезичної основи беруть із відомості обчислення координат точок теодолітного ходу, а дирекційні кути α_i напрямків з точок ходу на точки перетину осей і полярні відстані d_i обчислюють за формулами оберненої геодезичної задачі:

$$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{Y_n - Y_m}{X_n - X_m} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}; \quad \alpha_i = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \quad (3.78)$$

$$d_i = \frac{\Delta X}{\cos \alpha_i} = \frac{\Delta Y}{\sin \alpha_i}, \quad (3.79)$$

де X_m , Y_m і X_n , Y_n – координати відповідно точок теодолітного ходу і перетину основних осей.

Полярні кути обчислюють як різниці дирекційних напрямків. Приклад обчислення приведено в таблиці 3.12.

За обчисленими даними одержують розбивочне креслення і на схему наносять числові величини полярних кутів і відстаней (рис. 3.31).

Перенесення в натуру точок перетину осей $A/1$ і $A/8$ виконують побудовою полярних кутів теодолітом 30-секундної точності за двома положеннями вертикального круга теодоліта, а полярні відстані відкладають сталюю рулеткою. Одержані точки закріплюють дерев'яними кілками. Перевіряють довжину одержаної лінії між точками (похибка розбіжності до 2–3 см).

Таблиця 3.12 – Відомість обчислення полярних координат

| Лінія 4-A/1 | | | | Лінія 3 – A/8 | | | |
|-------------------------------|------------|------------|--------|-------------------------------|------------|--------------|---------|
| $X_{A/1}$ | $Y_{A/1}$ | 38.75 | 165 | $X_{A/8}$ | $Y_{A/8}$ | 77,20 | 178,70 |
| X_4 | Y_4 | 10.25 | 164.16 | X_3 | Y_3 | 92,39 | 193,29 |
| ΔX | ΔY | 28,50 | 0,84 | ΔX | ΔY | - 15,19 | - 14,59 |
| $\operatorname{tg} r_4 - A/1$ | | 0,02947 | | $\operatorname{tg} r_3 - A/8$ | | - 0.96050 | |
| $r_4 - A/1$ | | ПнС 1°41'3 | | $r_3 - A/8$ | | ПдЗ 43°50,8' | |
| $\cos r$ | | 0.99957 | | $\cos r$ | | 0.72120 | |
| $\sin r$ | | 0.02946 | | $\sin r$ | | 0.69273 | |
| d_1 | d_2 | 28.51 | 28.51 | d_1 | d_2 | 21.06 | 21.06 |
| $D_{\text{сер}}$ | | 28.51 | | $d_{\text{сер}}$ | | 21.06 | |
| $\alpha_4 - A/1$ | | 1°41,3' | | $d_3 - A/8$ | | 223°50,8' | |
| α_{4-3} | | 19°31,5' | | α_{3-4} | | 199°31.5' | |
| φ_4 | | 17°50,2' | | φ_3 | | 24°19.3' | |

Потім за допомогою теодоліта і стальної рулетки виносять з одержаних точок у натуру точки $B/1$ і $B/8$. Закріплюють їх також дерев'яними кілками. Виконують контрольні вимірювання діагоналей і оцінку точності.

Детальна розбивка кругової кривої способом прямокутних координат

Потрібно на місцевості виконати детальну розбивку кругової кривої. Відомо місцеположення вершини кута траси, значення кута повороту траси $\varphi = 37^\circ 45'$, крок розбивки кривої ($l = 5$ м) та радіус кругової кривої ($R = 100$ м).

За вісь абсцис X приймають тангенс AB , а за вісь ординат Y – радіус кривої. Початок координат співпадає з початком кривої ПК (рис. 3.31).

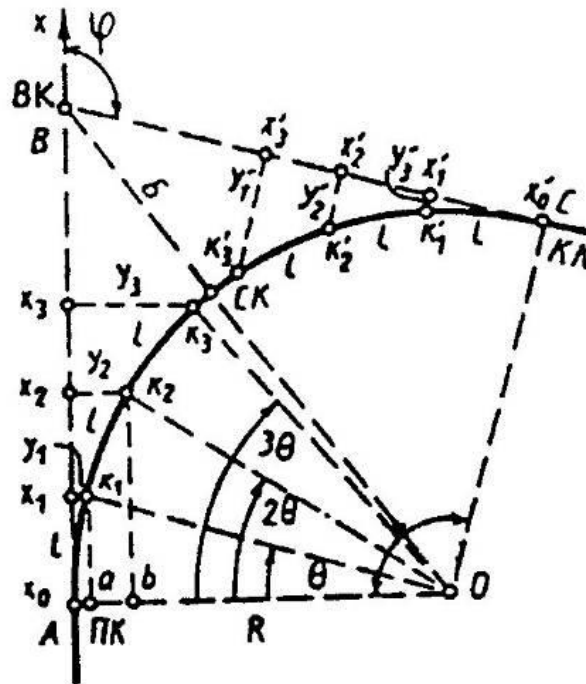


Рисунок 3.31 – Детальна розбивка кругової кривої

Координати X і Y вибирають із спеціальних таблиць. У таблиці 3.13, як приклад, наведені координати для розбивки кругової кривої для кроку кривої $l = 5$ м.

Координати кругової кривої обчислюють, задаючись кутом Θ , що відповідає кроку кривої l :

$$x_1=R \cdot \sin \Theta; \dots \dots \dots x_n=R \cdot \sin n \Theta; \quad (3.80)$$

$$y_1=R \cdot (1 - \cos \Theta); \dots \dots \dots y_n=R \cdot (1 - \cos n \Theta); \quad (3.81)$$

де n – порядковий номер точки кривої;

$$\Theta = 180^\circ \cdot \ell / \pi \cdot R = 180^\circ \cdot 5 / 3.14 \cdot 100 = 2^\circ 52'.$$

На початку кривої в точці А установлюють теодоліт і, провівши лінію тангенсів, відкладають на ній з допомогою стальної рулетки абсциси точок $X_1, X_2 \dots X_n$ з точністю до 0,01 м. З цих точок послідовно за допомогою екера або теодоліта будують перпендикуляри, на яких відкладають відповідно ординати $У_1, У_2, У_3 \dots$. Точки $K_1, K_2, K_3 \dots$ закріплюють кілками. Другу половину кривої (точки K_1', K_2') розбивають таким саме способом відносно лінії тангенса СВ.

Таблиця 3.13 – Координати для розбивки кругової кривої, $R = 100$ м

| l | X | У | l-X |
|----|-------|------|------|
| 5 | 5,00 | 0,13 | 0 |
| 10 | 9,98 | 0,50 | 0,02 |
| 15 | 14,94 | 1,12 | 0,06 |
| 20 | 19,87 | 1,99 | 0,13 |
| 25 | 24,74 | 3,11 | 0,26 |
| 30 | 29,55 | 4,47 | 0,45 |

Спосіб продовжених хорд

Цей спосіб застосовують за обмежених умов на забудованих ділянках місцевості, коли для розбивки існує тільки вузька смужка уздовж кругової кривої.

Розбивку ведуть без теодоліта. Від точки A (рис. 3.32) початку кривої, задавшись довжиною хорди b , у в створі лінії AB закріплюють шпилькою точку E . Способом лінійної засічки на перетині двох дуг (радіусів $d/2$ і b) відносно точок E і A закріплюють точку K_1 (першу точку кривої K_1 можна визначити також способом прямокутних координат X і $У$).

На продовженні створу AK_1 , відкладають довжину хорди b , фіксують точку L і відрізками d і b засікають на кривій точку K_2 і т.д. до середини кривої. Другу половину кривої розбивають від точки KK назустріч до середини кривої.

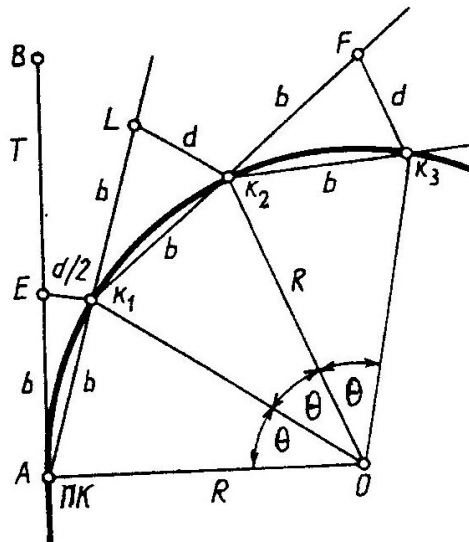


Рисунок 3.32 – Спосіб продовжених хорд

Довжина відрізків $EK_1 = d/2$ і d визначається із подібності рівнобедрених трикутників, наприклад OK_1K_2 і $L K_1K_2$, де $d/b = b/R$, тоді величина d обчислюється за формулою:

$$d = b^2 / R \quad (3.83)$$

Приклад. При довжині хорди

$$b = 10 \text{ м і } R = 100 \text{ м } d = 10^2 / 100 = 1 \text{ м.}$$

Визначення відстані до недоступної точки

На місцевості будують два базиси b_1, b_2 і проводять вимірювання їх горизонтальних прокладень та горизонтальних кутів $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$ способом прийомів (рис. 3.33).

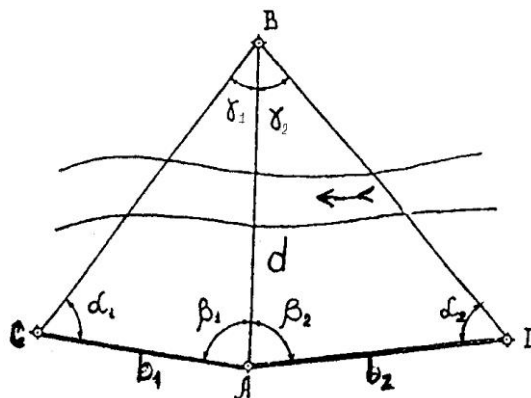


Рисунок 3.33 – Визначення відстані до недоступної споруди

Приклад.

Результати вимірів, елементи формул і обчислення наведені в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Обчислення довжини лінії dAB

| Номер дій | Елементи формул | Числові значення | Номер дій | Елементи формул | Числові значення |
|-----------|----------------------|------------------|-----------|-----------------|------------------|
| 1 | α_1 | 33°53' | 9 | γ_1 | 56°51' |
| 2 | β_1 | 89°16' | 10 | γ_2 | 9°01' |
| 3 | α_2 | 12°24' | 11 | $\sin \alpha_1$ | 0.55750 |
| 4 | β_2 | 158°35' | 12 | $\sin \alpha_2$ | 0.21474 |
| 5 | b_1 | 102.39 м | 13 | $\sin \gamma_1$ | 0.83724 |
| 6 | b_2 | 49.77 м | 14 | $\sin \gamma_2$ | 0.15672 |
| 7 | $\alpha_1 + \beta_1$ | 123°09' | 15 | d' | 68.18 м |
| 8 | $\alpha_2 + \beta_2$ | 170°59' | 16 | d'' | 68.19 м |
| | | | 17 | d | 68.185 м |

Порядок виконання:

1. Визначення віддалі d проводиться на основі розв'язування трикутників ABC і ABD із застосуванням теореми синусів (рис. 3.34).

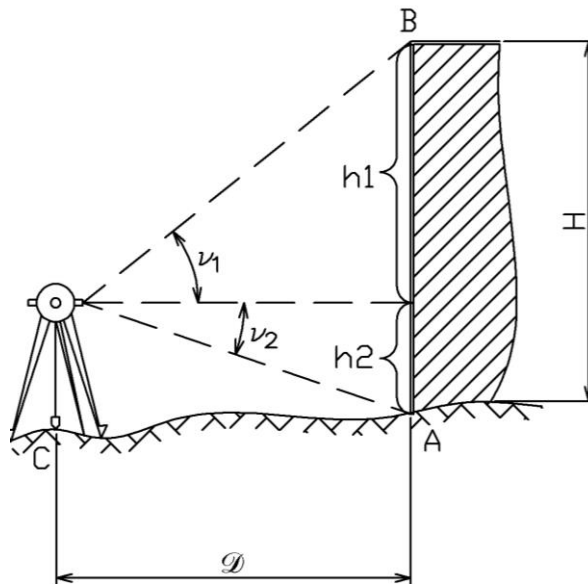


Рисунок 3.34 – Визначення висоти доступної споруди

$$\gamma_1 = 180^\circ - (\beta_1 + \alpha_1); \quad \gamma_2 = 180^\circ - (\beta_2 + \alpha_2). \quad (3.82)$$

2. Обчислюють горизонтальне прокладення d' з ΔABC :

$$d' = b_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} \quad (3.83)$$

3. Обчислюють горизонтальне прокладення d'' з $\triangle ABD$:

$$d'' = b_2 \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2} \quad (3.84)$$

4. Віддаль до недоступної точки знаходять як середнє значення:

$$d = \frac{d' + d''}{2} \quad (3.85)$$

Визначення висоти доступної споруди

$$h_1 = D \operatorname{tg} \nu_1; \quad h_2 = D \operatorname{tg} \nu_2 \quad (3.86)$$

Враховуючи знаки при кутах нахилу, визначають висоту споруди:

$$H = h_1 - h_2 = D (\operatorname{tg} \nu_1 - \operatorname{tg} \nu_2) \quad (3.87)$$

Відстань D від теодоліта до споруди вимірюють двічі за допомогою мірної стрічки (рулетки) 42,82 м – 42,80 м (табл. 3.15).

Таблиця 3.15 – Журнал виміру вертикальних кутів

| Точка стояння | Точка наведення | Відліки по вертикальному кругу ° ' '' | МО ° ' '' | Кути нахилу ° ' '' | Віддаль D, м |
|---------------|-----------------|--|------------------|---------------------------|--------------------------------|
| С | | КЛ | | | 42,82 <u>42,80</u> 42,81 |
| | В | +19 18 | -0 01 | +19 19 | |
| | А | -2 38 | -0 01 | -2 37 | |
| | | КП | | | |
| | В | +19 20 | | +19 19 | |
| | А | -2 36 | | -2 37 | |

$$MO' = \frac{KP_B + KL_B}{2}, \quad MO'' = \frac{KP_A + KL_A}{2} \quad (3.88)$$

$$\nu_1 = KL_B - MO'; \quad \nu_1 = MO' - KP_B; \quad \nu_1 = \frac{KL_B - KP_B}{2};$$

$$\nu_2 = KL_A - MO''; \quad \nu_2 = MO'' - KP_A; \quad \nu_2 = \frac{KL_A - KP_A}{2} \quad (3.89)$$

$$H = D (\operatorname{tg} \nu_1 - \operatorname{tg} \nu_2) = 42,81 \times 0,39622 = 16,96 \text{ м}$$

Визначення висоти недоступної споруди

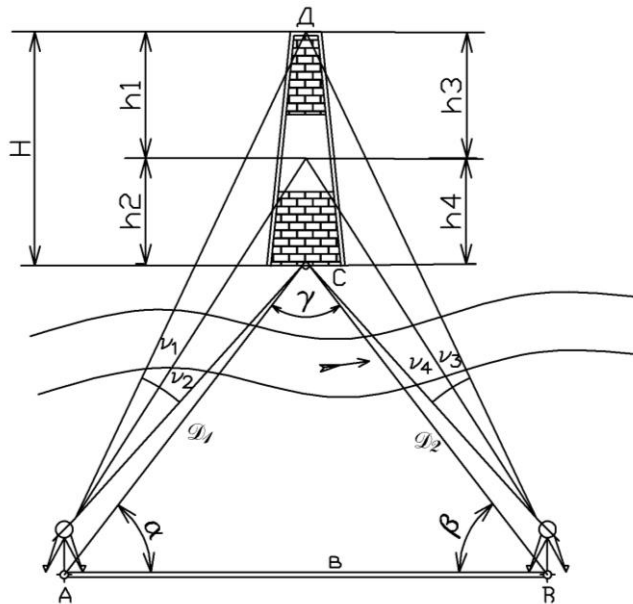


Рисунок 3.35 – Визначення висоти недоступної споруди

1. На місцевості вибирають, по можливості, горизонтальний майданчик, та закріплюють станції A і B так, щоб утворився приблизно рівносторонній трикутник ABC (рис. 3.35).

2. Послідовно установлюють теодоліт, у точках A і B проводять вимірювання горизонтальних кутів α , β (табл. 3.16) та кутів нахилу v_1 , v_2 , v_3 , v_4 . Між станціями в прямому та зворотному напрямках мірною стрічкою (рулеткою) вимірюють довжину базису $b = AB$.

3. Кут γ вираховують за формулою:

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta) \quad (3.90)$$

4. Застосовуючи теорему синусів, знаходять віддалі $D_1 = AC$ і $D_2 = BC$

$$D_1 = b \cdot \frac{\sin \beta}{\sin \gamma}; \quad D_2 = b \cdot \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}. \quad (3.91)$$

5. Висоту H обчислюють окремо з двох станцій (табл. 3.17):

$$H' = h_1 - h_2, \quad H' = D_1(\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2) \quad (3.92)$$

$$H'' = h_3 - h_4, \quad H'' = D_2(\operatorname{tg} v_3 - \operatorname{tg} v_4). \quad (3.93)$$

6. За остаточне значення висоти приймають середнє з визначених висот.

$$H_{сер} = \frac{H' + H''}{2}. \quad (3.94)$$

Таблиця 3.16 – Журнал вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів

| Точка стояння | Точка наведення | Відліки по кругам | | МО | Кути нахилу | Віддаль |
|------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------|----------------|---------|
| | | Горизон- тальному | Вертикаль- ному | | | |
| | | о ' , | о ' , | о ' , | о ' , | |
| | | | КЛ | | | |
| | В | 336°18' | -2°02' | 0°00,5' | | АВ |
| | С | 270°18' | | 0°00,5' | | |
| | Д | ----- | 21°52' | | -2°02,5' | 37.45 |
| А | | 66°00' | КП | | 21°51,5' | 37.44 |
| | | | | | | 37.44 |
| | В | 342°26' | | | | |
| | С | 276°25' | 2°03' | | -2°02,5' | |
| | Д | ----- | -21°51' | | 21°51,5' | |
| | | 66°01' | | | | |
| | сер | 66°00,5' | | | | |
| | | | КЛ | | | |
| | Д | ----- | 20°04' | 0°00,5' | 20°03,5' | |
| | С | 85°38' | -2°19' | 0°00,5' | -2°19,5' | |
| | А | 27°06' | | | | |
| В | | 58°32' | КП | | | |
| | | | | | | |
| | Д | ----- | -20°03' | | 20°03,5' | |
| | С | 329°06' | 2°20' | | -2°19,5' | |
| | А | 270°33' | | | | |
| | | 58°33' | | | | |
| | сер | 58°32,5' | | | | |
| | | | | | | |

Таблиця 3.17 – Обчислення висоти недоступної споруди

| Номер дій | Елементи формул | Числові значення | Номер дій | Елементи формул | Числові значення |
|-----------|-----------------------------|------------------|-----------|-----------------|------------------|
| 1 | α | 66°00.5' | 14 | v_2 | -2°02,5' |
| 2 | β | 58°32.5' | 15 | v_3 | 20°03,5' |
| 3 | $\alpha+\beta$ | 124°33' | 16 | v_4 | -2°19,5' |
| 4 | γ | 55°27' | 17 | $tg v_1$ | 0,40115 |
| 5 | $\sin \alpha$ | 0,91360 | 18 | $tg v_2$ | -0,03565 |
| 6 | $\sin \beta$ | 0,85302 | 19 | $tg v_3$ | 0,36512 |
| 7 | $\sin \gamma$ | 0,82363 | 20 | $tg v_4$ | 0,04061 |
| 8 | $\sin \alpha / \sin \gamma$ | 1,10924 | 21 | h_1 | 15,56 |
| 9 | $\sin \beta / \sin \gamma$ | 1,03568 | 22 | h_2 | -1,38 |
| 10 | v | 37,44 м | 23 | h_3 | 15,16 |
| 11 | D_1 | 38,78 м | 24 | h_4 | -1,69 |
| 12 | D_2 | 41,53 | 25 | H' | 16,94 |
| 13 | v_1 | 21°51,5' | 26 | H'' | 16,85 |
| | | | 27 | $H_{сер}$ | 16,90 |

Визначення крену споруди

Крен – це відхилення споруди від проектного положення у вертикальній площині.

Приклад.

Необхідно визначити крен стовпа електропередачі (рис. 3.36), висотою 9,36 м.

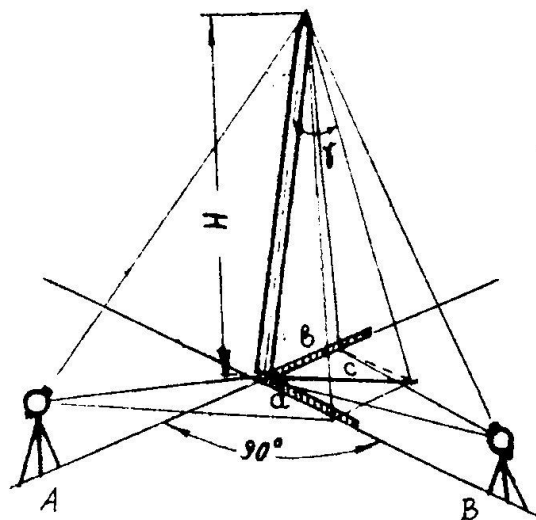


Рисунок 3.36 – Схема визначення крену споруди

Порядок виконання

1. На двох взаємно перпендикулярних напрямках осей споруди (рис. 3.37) на відстані 20–25 м (не менше півтори її висоти) установлюють по черзі теодоліт і методом вертикального проектування (при КП і КЛ) визначають за допомогою нівелірної рейки лінійну величину крену в кожній площині (табл. 3.18). Рейку установлюють горизонтально на ребро у основи перпендикулярно до напрямку проєктованого променя.

2. Обчислюють довжину діагоналі прямокутника, що і буде креном споруди в лінійній мірі.

Таблиця 3.18 – Визначення крену

| <i>Ст</i> | <i>a</i> | <i>в</i> |
|-----------|--------------------|--------------------|
| А | КП 0206 КЛ 0209 | |
| | аср = 0208 | |
| В | | КП 0044 КЛ 0042 |
| | | вср = 0043 |

$$c = \sqrt{a^2 + в^2} = \sqrt{0,208^2 + 0,043^2} = 0,212 \text{ м} = 21,2 \text{ см}$$

По малості кута нахилу γ , крен обчислюють через радіан за формулою ($\rho = 206265''$):

$$\gamma = \frac{c}{H} \rho = \frac{21,2}{936} \times 206265 = 4672'' = 1^\circ 18'$$

4 ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Контроль за проведенням навчальної геодезичної практики в групі проводять: керівник практики, завідувач кафедри та директор інституту.

Керівник практики щоденно проводить польовий та камеральний контроль виконаних топографо-геодезичних робіт, де в робочих журналах та щоденнику відображає якість виконаних робіт та їхні недоліки.

Бригадир регулює і контролює освоєння всіх процесів кожним членом бригади, для цього зокрема ведеться табелювання та щоденник, де відмічається робота, виконана кожного робочого дня.

У процесі проходження практики та виконання всіх видів робіт, згідно з програмою, студенти зобов'язані дотримуватися встановленого на базі практики режиму праці, мати на увазі, що керівником практики від кафедри ведеться суворий облік відвідування занять і участь у виконанні польових та камеральних робіт кожним студентом.

Керівник практики від кафедри за необхідності зобов'язаний на третій день з початку практики письмово доповісти декану про студентів, що відсутні на практиці.

Щоденник практики

Щоденник веде бригадир або за його дорученням один із студентів бригади. Щоденно відмічається, який вид геодезичних робіт виконувала бригада, активність роботи студентів, якість роботи, недоліки, дотримання студентами інструктажу з техніки безпеки та правил поведінки тощо

У щоденнику бригадиром за участю керівника практики по всіх видах робіт по кожному студенту ведеться підсумкова оцінка.

5 ВИМОГИ ДО ЗВІТУ

Кожна бригада складає звіт про навчальну геодезичну практику. Складання звіту починається з першого дня практики і триває протягом усього її періоду. Складаючи звіт, необхідно керуватися робочою програмою практики (див. розділ «Зміст практики»).

Кожний документ, що входить до звіту, підписує виконавець (бригадир), зазначаючи дату виконання. До звіту входять такі документи:

1. **Пояснювальна записка.** У пояснювальній записці має бути зазначено: час і місце проведення практики; прізвище керівника практики і бригадира навчальної бригади та всіх її членів; план проведення практики і його виконання по видах робіт; висновки і пропозиції; недоліки, що заважали навчальній геодезичній практиці.

2. Щоденник навчальної практики.

3. Табель виходу на практику.

4. Контрольний лист інструктажу студентів із техніки безпеки.

5. Зошит перевірок геодезичних приладів.

6. Журнал теодолітної зйомки.

7. Схема теодолітного ходу.

8. Абрис горизонтальної зйомки.

9. Відомість обчислення координат точок теодолітного ходу.

10. Журнал тахеометричної зйомки.

11. Журнали технічного нівелювання (точок теодолітного ходу, поверхні за квадратами, траси).

12. Пікетажний журнал.

13. Поздовжній та поперечні профілі траси.

14. Топографічний план ділянки комбінованої зйомки.

15. Побудова проєктного горизонтального кута.

16. Побудова проєктного відрізка на місцевості.

17. Перенесення в натуру проєктної позначки.

18. Побудова на місцевості лінії заданого ухилу.

19. Підготовка даних і перенесення осей.

20. Детальна розбивка кругової кривої.

21. Визначення віддалі до недоступної точки.

22. Визначення висоти доступної споруди.

23. Визначення висоти недоступної споруди.

24. Визначення крену споруди.

Усі документи, опрацьовані в процесі навчальної геодезичної практики, потрібно оформити в альбом (папку). Схеми, плани, профілі, відомості виконують тушшю на стандартних аркушах паперу. Абрис, зарисовки, журнали виконують олівцем або кульковою ручкою. На папку наклеюють титульний аркуш, де вказують склад бригади і прізвище керівника практики.

6 ПІДВЕДЕННЯ ПІДСУМКІВ ПРАКТИКИ

Після закінчення терміну практики студенти кожної бригади звітують про виконання програми практики та індивідуального завдання.

Бригада допускається до заліку тільки після здачі в лабораторію кафедри всіх приладів та отримання письмового підтвердження.

Оформлений звіт передається на перевірку керівнику практики. Керівник практики вказує на недоліки, що підлягають виправленню. Виправлений бригадою звіт подається до заліку.

Підсумковим контролем є диференційований залік.

Складання заліку проводять відповідно до Положення про кредитно-модульну систему організації навчального процесу в інституті.

Оцінювання здійснюється за процеси підготовчих (20 %), польових (60 %), камеральних (10 %) і дотримання графіка виконання робіт (своєчасність) – 10 %, по кожному виду робіт. Студент одержує залік із практики, якщо загальна сума набраних балів по всіх видах робіт складає не менше 60 % від загальної суми балів із практики.

Результати складання заліків з практики заносяться в екзаменаційну відомість, у залікову книжку студента і в журнал обліку успішності.

Підсумки кожної практики обговорюються на засіданнях кафедри інженерної геодезії у вересні місяці наступного навчального року.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основні

1. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. – Київ : Мінекоресурсів України, 2001. – 256 с.

2. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Геодезія» на тему: «Складання технічного проекту геодезичної основи для знімання масштабу 1:2000» (для студентів 2 курсу освітньої програми «бакалавр» зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. О. Пеньков. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 65 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/55752/>, вільний (дата звернення: 01.03.2024). – Назва з екрана.

3. Методичні рекомендації до проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Математична обробка геодезичних вимірів» (для бакалаврів спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. О. Воронков. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 138 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/55997/>, вільний (дата звернення: 01.03.2024). – Назва з екрана.

4. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Картографія» та «Картографія і топографія» (для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. О. В. Афанасьєв. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 46 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/59162/>, вільний (дата звернення: 01.03.2024). – Назва з екрана.

Додаткові

5. Метешкін К. О. Математична обробка геодезичних вимірів : конспект лекцій (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) [Електрон. ресурс] / К. О. Метешкін, О. О. Воронков ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва

ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 126 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61185/>, вільний (дата звернення 01.03.2024). – Назва з екрана.

6. Наливайко Т. А. Удосконалення геодезичних вишукувань у визначенні геометричних параметрів конструкцій підйомних кранів / Т. А. Наливайко, Т. Т. Наливайко // Вісник ХНАДУ. – Вип. 85. – № 2. – 2019. – С. 36–39.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання навчальної геодезичної практики
з навчальної дисципліни

«ОСНОВИ ГЕОДЕЗІЇ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 191 – Архітектура та містобудування)*

Укладачі: **НАЛИВАЙКО** Тарас Антонович,
ПОМОРЦЕВА Олена Євгенівна

Відповідальний за випуск *О. Є. Поморцева*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *О. Є. Поморцева*

План 2024, поз. 399М

Підп. до друку 28.03.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 4,8.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.