

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кафедра геодезії, картографії та кадастру

Шемякін М.В.

ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ПРАКТИКИ

Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»

Умань – 2020

УДК 528:371.38

Шемякін М.В. Основи геодезичних робіт. Програма і методичні вказівки до проведення навчальної практики / Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій». – Умань: Уманський НУС, 2020. – 40 с.

Рецензенти:

Доктор с.-г. наук, професор Балабак А.Ф. (Уманський НУС);

Кандидат с.-г. наук, доцент Миколайко В.П. (Уманський ДПУ).

Розглянуто і рекомендовано до видання методичною комісією факультету лісового і садово-паркового господарства .

© Шемякін М.В.

2020 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСУП.....	4
1. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАКТИКИ.....	5
2. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	6
3. ПРАВИЛА ДОГЛЯДУ ЗА ГЕОДЕЗИЧНИМИ ПРИЛАДАМИ.....	8
4. ПРОГРАМА ПРАКТИКИ.....	9
5. ГОРИЗОНТАЛЬНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ.....	11
5.1. Рекогностування місцевості і закріплення точок знімальної мережі.....	11
5.2. Вимірювання довжин ліній.....	11
5.3. Вимірювання горизонтальних кутів.....	12
5.4. Опрацювання результатів польових вимірювань та складання контурного плану місцевості.....	13
6. ПОВЗДОВЖНЄ ГЕОМЕТРИЧНЕ НІВЕЛЮВАННЯ.....	20
6.1. Рекогностування місцевості і закріплення лінійної осі об'єкта.	20
6.2. Нівелювання осі лінійного об'єкта	21
6.3. Обробка журналу повздовжнього нівелювання та побудова повздовжнього профілю осі лінійного об'єкта	22
7. НІВЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ ЗА КВАДРАТАМИ.....	26
7.1. Рекогностування місцевості і закріплення вершин квадратів....	26
7.2. Нівелювання вершин квадратів, знімання ситуації.....	26
7.3. Опрацювання польових матеріалів нівелювання поверхні за квадратами.....	26
8. ТАХЕОМЕТРИЧНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ.....	30
8.1. Загальні відомості про тахеометричне знімання.....	30
8.2. Тахеометричне знімання ситуації і рельєфу місцевості.....	31
8.3. Обробка журналу тахеометричного знімання та виготовлення топографічного плану місцевості.....	32
9. ЗВІТ ПРО ПРАКТИКУ.....	33
ЛІТЕРАТУРА.....	34
ДОДАТКИ.....	35

ВСТУП

Навчальна практика студентів є невід'ємною частиною процесу підготовки спеціалістів у вищих навчальних закладах. Завданням її є закріплення на практиці знань, вмінь і навичок, що здобуті під час навчального процесу в аудиторіях.

Геодезія включає види робіт, що виконуються при інженерно-геодезичних вишукуваннях, проектуванні, будівництві і експлуатації різноманітних об'єктів у народному господарстві країни.

Навчальна практика з геодезії проводиться у польових умовах. Студенти за допомогою геодезичних приладів і інструментів виконують практичні роботи з горизонтального, вертикального і топографічного знімання місцевості, проводять розрахунки і на їх основі викреслюють контурний та топографічний план місцевості, повздовжній профіль осі об'єкта.

Успішне виконання завдань, що передбачені навчальною практикою, разом з вивченням теоретичного курсу «Основи геодезичних робіт» дозволяє студенту вдосконалити вміння і навички.

Студент повинен вміти:

- виконувати виміри сучасними геодезичними приладами;
- використовувати топографічні карти (плани) місцевості при вирішенні задач у народному господарстві країни;
- вести розрахунки при підготовці геодезичних даних для виносу в натуру проектів землевпорядкування, споруд, будов,

Мати навички:

- топографічного знімання місцевості, яке виконується в процесі проведення робіт у різних галузях народного господарства країни;
- виконання геодезичних розмічувальних робіт.

У рекомендаціях викладено питання організації, проведення та підведення підсумків навчальної практики з «Основи геодезичних робіт» студентів спеціальності 193 – «Геодезія та землеустрій».

1. ОРГАНІЗАЦІЯ ПРАКТИКИ

Для проходження практики група студентів організується у ланки по 4–5 чоловік. Ланки формуються під керівництвом викладача і старости групи. Ланкового призначає керівник практики. Ланкою керує ланковий, який відповідає за виконання студентами ланки розпорядку дня на навчальному полігоні та програми практики. В обов'язки ланкового входить: розподіл роботи між членами ланки під час польових робіт і при опрацюванні даних польових вимірювань та викреслюванні картографічних матеріалів, закріплення приладів і інструментів між членами ланки, підтримання навчальної і виробничої дисципліни. Групою студентів, яка складається з 4–6 ланок керує викладач кафедри.

Матеріальну відповідальність при втраті чи пошкодженні геодезичних приладів і інструментів несе вся ланка.

Усі польові і камеральні роботи виконуються у відповідності з вимогами діючих інструкцій і постанов, правил техніки безпеки.

Матеріали кожного виду знімання (табл. 4.1) ланка подає до початку наступного виду знімань в установлені програмою практики терміни. Матеріали знімання оцінюються викладачем, зауваження і помилки виправляються.

Після виконання програми практики, для заліку кожна ланка представляє звіт з практики, правила виготовлення якого наведені у розділі 9 методичних рекомендацій.

2. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. Всі студенти, які проходять практику з «Основ геодезичних робіт», зобов'язані виконувати правила техніки безпеки.
2. Всі види польових топографо-геодезичних робіт повинні проводитись в суворій відповідності з діючими технічними інструкціями.
3. Під час грози усі види польових робіт повинні бути призупинені.
4. Кожен студент, який помітив небезпеку, зіпсований прилад або обладнання, зобов'язаний вжити можливих заходів і терміново доповісти про це керівнику практики чи ланковому.
5. У населених пунктах при зніманні садиб необхідно остерігатися собак.
6. Забороняється розкладати вогнище та з ним пустувати.
7. Сокира повинна бути добре загострена, тісно насаджена на ручку і розклинена залізним розрізним клином.
8. При перенесенні приладу на штативі потрібно тримати його приблизно у прямовисному положенні.
9. Передача приладів повинна виконуватись із рук в руки. Категорично забороняється кидати сокиру, віху, шпильки, тощо та пустувати з ними. Не можна переносити штативи і віхи на плечах. Перенесення їх повинно виконуватись в опущеній руці, вістрям вниз назад.
10. Прилад слід класти так, щоб він не міг впасти. Не можна залишати сокиру зарубану в дерево на висоті і класти прилади на підвищених незручних місцях.
11. Складні рейки повинні мати справні гвинти в місцях закріплення, для запобігання випадкових спусків верхньої частини рейки.
12. При спостереженні парасолька повинна бути добре закріплена. Коли сильний вітер, то парасольку тримають.
13. Обережно відноситись до сталевій стрічці при розкручуванні і скручуванні, тому що її краї можуть порізати руки, а при створенні "вісімки" і натягуванні вона зламається.
14. Переходити проїжджу частину вулиці під прямим кутом, а не навскоси.
15. Переходити вулиці (дороги) слід після впевнення у повній безпеці переходу. Спочатку потрібно подивитись ліворуч, а дійшовши до середини вулиці, подивитись праворуч.
16. При роботі на міських вулицях забороняється носити рейку на плечах. Рейку слід носити в опущеній руці.
17. На будівельних майданчиках не можна виконувати вимірювання у небезпечній зоні, тому що можна одержати травму при падінні будівельного матеріалу.
18. У період практики категорично забороняється купатися у водоймах без дозволу керівника.
19. Не дозволяється пити холодну воду, коли студент сильно розігрітий.
20. Літом під променями сонця обов'язково працювати в головному уборі.

21. Не дозволяється, перебуваючи на практиці, ходити босоніж.
22. При будь-яких порізах або пошкодженнях на тілі необхідно старатися зберегти рану в чистоті, змастити йодом, перев'язати бинтом і терміново звернутися до лікаря.
23. У випадку укусу гадюки терміново тісно перев'язати уражену частину тіла вище його приблизно на *10-15 см*, щоб не дати отруєній крові розходитись по всьому тілу, і звернутися до лікаря.

3. ПРАВИЛА ДОГЛЯДУ ЗА ГЕОДЕЗИЧНИМИ ПРИЛАДАМИ

Геодезичні прилади - точні механізми. Якість їх роботи і стан залежить від дбайливого догляду за ними.

За пошкодження геодезичних приладів відповідає студент, який користувався ними.

У випадку зіпсування або втрати приладу, винні зобов'язані до кінця практики відремонтувати його у спеціальній майстерні або купити новий за свій рахунок.

Зберігати прилади слід у спеціальних приміщеннях.

Необхідно виконувати наступні правила догляду за приладами:

1. Доставати прилад із ящика і вкладати його в ящик без особливих зусиль.
2. Теодоліт і нівелір потрібно брати за підставку, а кіпрегель - за колонку або ручку.
3. Поставивши прилад на штатив, необхідно негайно закріпити його становим гвинтом. Ніжки штатива повинні бути на достатній відстані одна від одної і надійно вдавнені в землю.
4. Переносити прилад необхідно у вертикальному положенні з закріпленими гвинтами, складеними і зафіксованими ніжками штатива.
5. Під час роботи не слід сильно затискати становий гвинт, затисні гвинти і затисні гвинти на ніжках штатива.
6. Ніколи не потрібно залишати прилад без нагляду.
7. Потрібно оберегти прилад від вологи, пилу і променів сонця.
8. При вітрі потрібно слідкувати за закріпленням парасольки і стійкістю кіпрегеля (відходячи від мензули, слід покласти кіпрегель на планшет).
9. При роботі із сталеву стрічкою не допускати петель, "вісімок", необхідно берегти її від коліс транспорту, що рухається. Не потрібно змотувати стрічку мокру, брудну, попередньо не протерши її. При здачі стрічки на склад необхідно протерти її ганчіркою, змоченою гасом.
10. Рейки необхідно оберегти від вологи, стирання поділок та завжди зберігати у вертикальному положенні.
11. Перед здачею приладів на довгострокове зберігання необхідно:
 - а) перевірити комплект приладів;
 - б) старанно почистити прилади від пороху, бруду та іржі;
 - в) змастити металеві частини маслом, дерев'яні частини протерти масляною ганчіркою, а потім витерти їх насухо;
 - г) у ящик покласти записку, де відмітити виявлені недоліки приладу і частини, яких немає.

4. ПРОГРАМА ПРАКТИКИ

Таблиця 4.1

Види робіт, які виконуються під час практики та матеріали, необхідні для звіту

Види робіт	Матеріали для звіту ланки
1	2
Горизонтальне знімання місцевості	
Перевірка приладів і інструментів	–
Рекогностування місцевості і закріплення точок знімальної мережі	Схема планової знімальної мережі, на якій у подальшому викреслюють абрис
Вимірювання довжин ліній	Відомість вимірювання довжин ліній
Вимірювання горизонтальних кутів, знімання ситуації	Журнал вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів. Абрис
Вирахування координат точок планової знімальної мережі	Відомість вирахування координат точок теодолітного ходу
Виготовлення контурного плану місцевості	Контурний план місцевості
Повздожнє геометричне нівелювання	
Перевірка приладів і інструментів	–
Рекогностування місцевості і закріплення осі лінійного об'єкта	Пікетажна книжка
Нівелювання осі лінійного об'єкта	Журнал повздожнього нівелювання
Обробка журналу повздожнього нівелювання та побудова повздожнього профілю осі лінійного об'єкта	Повздожній профіль по осі лінійного об'єкта
Нівелювання поверхні за квадратами	
Перевірка приладів і інструментів	–
Рекогностування місцевості і закріплення вершин квадратів	–
Нівелювання вершин квадратів, знімання ситуації	Схема розмічування сітки квадратів і плюсових точок. Журнал повздожнього нівелювання замкнутого ходу. Журнал нівелювання поверхні за квадратами
Опрацювання польових матеріалів нівелювання поверхні за квадратами	Топографічний план місцевості

Тахеометричне знімання місцевості	
Рекогностування місцевості і закріплення точок знімальної мережі	Схема планової знімальної мережі, на якій у подальшому викреслюють абрис
Тахеометричне знімання ситуації і рельєфу місцевості	Журнал тахеометричного знімання
Обробка результатів тахеометричного знімання	Журнал тахеометричного знімання. Відомість обчислення координат. Відомість обчислення висот станцій
Виготовлення топографічного плану місцевості	Топографічний план місцевості

5. ГОРИЗОНТАЛЬНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

Горизонтальне знімання місцевості – геодезичні вимірювання з метою нанесення на план розташування і контури об'єктів. Прилади і інструменти для горизонтального знімання: теодоліт, тринога, мірна металева стрічка із шпильками, дві геодезичні віхи, кілочки довжиною 30–40 см і діаметром 2–3 см, молоток.

5.1. Рекогностування місцевості і закріплення точок знімальної мережі

Під час рекогностування уточнюють місця закріплення точок на місцевості знімальних мереж. Точки закріплюють в таких місцях, щоб з них було добре видно сусідні точки згідно вибраного методу побудови мережі. Наприклад, в теодолітних ходах обов'язково повинна бути видимість на задню і передню точки. Відстань між точками не повинна бути більшою 350 м або меншою 20 м. Слідкують, щоб були сприятливі умови для лінійних вимірювань. Крім того, потрібні відповідні умови для встановлення теодоліта і відкритий кругозір для виконання знімання. Пункти знімальної мережі закріплюють дерев'яними кілочками, які забивають у землю так, щоб 10-15 см кілочка було над землею. На кілочкові пишуть номер точки. Після закріплення точок на місцевості складають схему знімальної мережі, яку викреслюють на папері. Потім виконують лінійні і кутові вимірювання.

5.2. Вимірювання довжин ліній

Вимірювання довжин ліній металевою 20-метровою стрічкою відбувається при вкладанні її послідовно від початкового до кінцевого пункту. Цю роботу виконують два чоловіки. Один з них називається переднім, а другий – заднім міряльником.

Порядок вимірювань наступний. Задній міряльник устромлює в землю шпильку в початковій точці 1 лінії 1–2 та притримує початок стрічки і зачіплює її вирізом за шпильку. Передній міряльник бере інші шпильки і іде вперед вздовж лінії 1–2, тримаючи другий кінець стрічки. Задній, продовжує тримати однією рукою початок стрічки без шпильки, а рухами іншої руки направляє переднього по створу лінії. Передній, дивлячись на сигнали заднього, становиться в створі лінії 1–2, стримує стрічку і слідкує за тим, щоб вона лягла прямо, не зачіплюючись за перешкоди, і натягує її. За сигналом заднього міряльника передній вставляє шпильку в виріз стрічки проти штриха і устромляє її в землю, потім бере ручку стрічки і іде вперед. Задній виймає шпильку в точці 1 і бере ручку стрічки, іде за переднім, підходить до шпильки, яку тільки що устромив передній. Прикладає стрічку вирізом до шпильки і знову направляє переднього міряльника по створу лінії 1–2.

Коли вся лінія виміряна, задній міряльник підходить до точки 2. Стрічку протягують повз точку 2, потім вертаються і визначають залишок, величину якого додають до довжини вимірної лінії.

Для оцінювання точності вимірювання довжину лінії вимірюють двічі – у прямому і зворотному напрямках (L_{1-2} і L_{2-1}). Точність оцінюють за відносною похибкою, яка залежно від умов вимірювань коливається від 1:1000 до 1:3000. необхідно, щоб виконувалась умова $f_L \leq f_{\text{вд}}$.

$$f_{\text{вд}} = \frac{L_{\text{пр}}}{L_{\text{пр}} - L_{\text{зв}}}. \quad (5.1)$$

Якщо умова виконується, то довжину лінії обчислюють за виразом

$$L_{1-2} = \frac{L_{\text{пр}} + L_{\text{зв}}}{2}. \quad (5.2)$$

Результати вимірювань заносять до відомості вимірювання довжин ліній (додаток В).

5.3. Вимірювання горизонтальних кутів

Перед вимірюванням горизонтальних кутів способом прийомів необхідно теодоліт привести в робоче положення. Робочим положенням вважають таке, коли теодоліт центрований над точкою вершини кута і вісь обертання теодоліта займає прямовисне положення. Центрування виконується за допомогою ниткового виска. Ніжки штатива встановлюють так, щоб площина його головки була приблизно горизонтальною, а висок знаходився над точкою. Приводять бульбашку рівня горизонтального круга в нуль-пункт. На декілька обертів відпускають становий гвинт і теодоліт пересувають на головці штатива так, щоб вістря ниткового виска співпало з центром, відміченим на точці. Після цього закріплюють становий гвинт і приводять бульбашку циліндричного рівня в нуль-пункт. Приведення осі обертання теодоліта в прямовисне положення виконується при допомозі циліндричного рівня на алідаді горизонтального круга. Для цього циліндричний рівень встановлюють за напрямком двох піднімальних гвинтів і, повертаючи піднімальні гвинти в різні сторони, приводять бульбашку рівня на середину. Потім повертають рівень за напрямком третього піднімального гвинта і ним приводять бульбашку на середину. Ця операція виконується декілька разів для того, щоб бульбашка рівня при обертанні алідадного круга не відхилялась від середини більше ніж на одну поділку.

Точка, в якій встановлений теодоліт для виконання вимірювань, називається станцією. Зображення сітки ниток зорової труби повинно відповідати зору спостерігача. Для цього дивляться в зорову трубу і обертають окулярну трубочку в ту чи іншу сторону до появи в полі зору досить чіткого зображення сітки ниток.

Зорову трубу при кругові право (КП) наводять приблизно на задню точку В. За допомогою мікрометричного гвинта алідади горизонтального круга і мікрометричного гвинта зорової труби наводять хрест сітки точно на точку. Якщо точка закріплена кілочком і видно в зоровій трубці її верх, то хрест сітки

ниток наводять на верх цієї точки. Коли в точці встановлюють віху для спостережень, то хрест сітки ниток наводять на нижню її частину, тому що вона буде найближчою до центру самої точки. Знімають відлік на горизонтальному крузі КП₃. Потім відкріплюють закріпний гвинт аліади горизонтального круга і наводять трубу на передню точку С і знімають відлік КП_П. Вираховують кут за формулою:

$$\beta_1 = КП_3 - КП_П. \quad (5.3)$$

Після цього переводять трубу "через zenit", тобто відкріплюють закріпний гвинт труби і повертають її в вертикальній площині на 180°. Це положення називають круг ліво (КЛ). У цьому положенні другий раз вимірюють кут. Наводять трубу на точку В і знімають відлік КЛ₃, а потім наводять на точку С і знімають відлік КЛ_П. кут обчислюють за формулою:

$$\beta_2 = КЛ_3 - КЛ_П. \quad (5.4)$$

Якщо $\beta_1 - \beta_2 < 1'$ то за кінцеве значення кута приймають середнє значення. Після цього переносять теодоліт на другу точку і вимірюють кут в такій же послідовності і т.д.

Результати всіх спостережень при кутових вимірюваннях, записують у журнал вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів (додаток Д).

5.4. Опрацювання результатів польових вимірювань та складання контурного плану місцевості

Розімкнутий теодолітний хід

Вихідні дані доцільно заносити у відомість вираховування координат точок теодолітного ходу (табл. 5.1, 5.2). У зв'язку з тим, що при будь-яких вимірюваннях виникають випадкові похибки, то в цьому випадку буде розходження, яке називається кутовою нев'язкою ходу. Для розімкнутого ходу вона обчислюється за формулою:

$$f_\beta = \Sigma\beta_B - [\alpha_{AB} - \alpha_{CD} + 180^\circ \times n] \text{ для правих кутів} \quad (5.5)$$

$$f_\beta = \Sigma\beta_B - [\alpha_{CD} - \alpha_{AB} + 180^\circ \times n] \text{ для лівих кутів} \quad (5.6)$$

де $[\alpha_{AB} - \alpha_{CD} + 180^\circ \times n]$ і $[\alpha_{CD} - \alpha_{AB} + 180^\circ \times n]$ – теоретична сума кутів.

Допустиму нев'язку вираховують за формулою

$$\text{доп } f_\beta = 1' \times \sqrt{n}, \quad (5.7)$$

де n – кількість кутів в теодолітному ході.

Якщо нев'язка f_β буде більше допустимої $\text{доп } f_\beta$, то потрібно перемерити всі кути. Слід пам'ятати, що при ретельному вимірюванні кутів цей допуск легко досягти. Якщо вважати, що на всіх точках повороту похибки вимірювання мають приблизно одну і ту ж величину, то допустиме рівномірне розподілення кутової нев'язки на всі кути. В цьому випадку до кожного вимірюного кута додають поправку, яку обчислюють за формулою

$$V_\beta = -f_\beta/n. \quad (5.8)$$

Однак, розподіляють тільки поправки з точністю до $0,1'$. Контролем є: сума розподілених поправок повинна дорівнювати нев'язці з оберненим знаком, тобто

$$\sum V_{\beta} = -f_{\beta} \quad (5.9)$$

Виправлені кути обчислюють за формулою:

$$\begin{aligned} \beta'_B &= \beta_B + v_{\beta} \\ \beta'_1 &= \beta_1 + v_{\beta} \\ &\dots\dots\dots \\ \beta'_c &= \beta_c + v_{\beta} \end{aligned} \quad (5.10)$$

За допомогою виправлених кутів повороту обчислюють дирекційні кути сторін теодолітного ходу за формулою

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{B1} &= \alpha_{AB} \pm 180^0 + \beta'_B \\ \alpha_{12} &= \alpha_{B1} \pm 180^0 + \beta'_1 \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_{CD} &= \alpha_{3C} \pm 180^0 + \beta'_C \end{aligned} \right\} \text{для лівих кутів} \quad (5.11)$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{B1} &= \alpha_{AB} \pm 180^0 - \beta'_B \\ \alpha_{12} &= \alpha_{B1} \pm 180^0 - \beta'_1 \\ &\dots\dots\dots \\ \alpha_{CD} &= \alpha_{3C} \pm 180^0 - \beta'_C \end{aligned} \right\} \text{для правих кутів}$$

і записують у відомість.

За обчисленими дирекційними кутами і вимірними сторонами (горизонтальні прокладення) в теодолітному ході обчислюють прирости прямокутних координат Δx і Δy за формулою:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_{B-1} &= d_1 \cdot \cos \alpha_{B-1} & \Delta y_{B-1} &= d_1 \cdot \sin \alpha_{B-1} \\ \Delta X_{1-2} &= d_2 \cdot \cos \alpha_{1-2} & \Delta y_{2-2} &= d_2 \cdot \sin \alpha_{1-2} \\ \Delta X_{2-3} &= d_3 \cdot \cos \alpha_{2-3} & \Delta y_{2-3} &= d_3 \cdot \sin \alpha_{2-3} \\ \Delta X_{3-C} &= d_4 \cdot \cos \alpha_{3-C} & \Delta y_{3-C} &= d_4 \cdot \sin \alpha_{3-C} \end{aligned} \right\} \quad (5.12)$$

Якщо допустити, що крім відомих координат і вимірних кутів повороту також безпомилково є вимірні сторони, то матимемо:

$$\left. \begin{aligned} X_C &= X_B + \sum \Delta X \\ Y_C &= Y_B + \sum \Delta Y \end{aligned} \right\} \quad (5.13)$$

де $\sum \Delta X$ і $\sum \Delta Y$ – суми обчислених приростів координат відповідно ΔX і ΔY .

У зв'язку з неминучими похибками лінійних вимірів, у цих рівняннях будуть розходження, які називаються нев'язками в приростах координат теодолітного ходу f_x і f_y , які обчислюють за формулою:

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X - \sum \Delta X_T \\ f_y &= \sum \Delta y - \sum \Delta Y_T \end{aligned} \right\} \quad (5.14)$$

де $\sum \Delta X_T = X_C - X_B$ і $\sum \Delta Y_T = Y_C - Y_B$ – сума теоретичних приростів координат. Будь-які похибки обчислюють за правилом: відоме значення відняти

теоретичне. Лінійну абсолютну похибку в кінці ходу обчислюють за формулою:

$$f_{абс} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (5.15)$$

Відносну нев'язку вираховують за формулою:

$$f_{від} = 1/(\Sigma d / f_{абс}). \quad (5.16)$$

Допустима відносна нев'язка дорівнює 1:2000.

Нев'язку f_x і f_y не можна розподіляти рівномірно на всі вираховані прирости координат тому, що в теодолітному ході сторони мають неоднакову довжину і коротка сторона вимірюється з більшою точністю, ніж довша. Тому нев'язки слід розподіляти пропорційно довжинам виміряних сторін. Таким чином, кожний приріст координат Δx і Δy отримує поправки $V_{\Delta x}$ і $V_{\Delta y}$, які обчислюють за формулою:

$$V_{\Delta x} = -(f_x / \Sigma d) \cdot d_1; \quad V_{\Delta y} = -(f_y / \Sigma d) \cdot d_1 \quad (5.17)$$

Обчислені поправки записують червоним кольором над обчисленими приростами і округленими до 0.01 м.

Контроль:

$$\Sigma V_{\Delta x} = -f_x; \quad \Sigma V_{\Delta y} = -f_y. \quad (5.18)$$

Виправлені прирости координат обчислюють за формулою:

$$\left. \begin{array}{l} \Delta x'_{B1} = \Delta x_{B1} + V_{\Delta x}; \quad \Delta y'_{B1} = \Delta y_{B1} + V_{\Delta y}; \\ \Delta x'_{12} = \Delta x_{12} + V_{\Delta x}; \quad \Delta y'_{12} = \Delta y_{12} + V_{\Delta y}; \\ \dots\dots\dots \\ \Delta x'_{3C} = \Delta x_{3C} + V_{\Delta x}; \quad \Delta y'_{3C} = \Delta y_{3C} + V_{\Delta y}; \end{array} \right\} \quad (5.19)$$

Контролем обчислення координат є те, що координати кінцевої точки С повинні співпадати з обчисленими.

Замкнутий теодолітний хід

Обчислення координат у замкнутому теодолітному ході не значно відрізняється від загального вище розглянутого випадку.

В замкнутих теодолітних ходах вимірюються зовнішні або внутрішні кути фігури.

Точність вимірювання горизонтальних кутів в теодолітних ходах контролюють шляхом порівнювання допустимої кутової нев'язки $дон.f_\beta$ з обчисленою:

для зовнішніх кутів за ходом годинникової стрілки

$$f_\beta = \Sigma \beta_{вим} - (n + 2) \times 180^\circ; \quad (5.20)$$

для внутрішніх кутів проти годинникової стрілки

$$f_\beta = \Sigma \beta_{вим} - (n - 2) \times 180^\circ, \quad (5.21)$$

де n – число кутів у замкнутому багатокутнику. Так як у замкнутому ході повертаються завжди до початкової точки, то нев'язка приростів прямокутних координат обчислюється за формулою:

$$\begin{aligned} f_x &= \Sigma \Delta X, \\ f_y &= \Sigma \Delta Y, \end{aligned} \quad (5.22)$$

де ΔX і ΔY – вираховані прирости за дирекційними кутами і довжинами ліній ходу. Допустима нев'язка приростів координат, а також поправки в прирости координат обчислюються так, як приведено для розімкнутих теодолітних ходів.

Теодолітні ходи необхідно прив'язувати до двох пунктів старших класів. Таким чином контролюють вірність орієнтування ходу. В табл. 5.2 наведені результати обчислення координат замкнутого теодолітного ходу. Обчислені прирости контролюють при допомозі формули

$$\Delta X + \Delta Y = d \sqrt{2 \times \sin(\alpha \pm 45^\circ)}, \quad (5.23)$$

де α - дирекційний кут лінії d теодолітного ходу

Таблиця 5.1

Відомість
обчислення прямокутних координат точок розімкнутого теодолітного ходу

№ точ	Вимір. кути	Дирекц. кути	Гор. прок.	Прирос. коор.		Координати	
				Δx	Δy	x	y
A	-	264°17,0					
B	-0,2 138°57,2'					5367,34	6429,39
		223 14,0	176,40	-0,04 -128,52	+0,02 -120,83		
1	-0,3 195 20,3					5238,78	6308,58
		238 34,0	186,01	-0,04 -97,01	+0,03 -158,71		
2	2 176 14,2					5141,73	6149,90
		234 48,0	201,48	-0,04 -116,14	+0,03 -164,65		
3	-0,2 158 42,2		213,15	-0,04 -177,74	+0,03 -117,64	5025,55	5985,28
		213 30,0					
C	-0,3 219 51,3	253 21,0				4847,77	5867,67
D							

$$\Sigma \Delta x_g = -519,41 \quad \Sigma \Delta y_g = -561,83$$

$$1. \Sigma \beta_g = 889^\circ 05,2' \quad \Sigma \Delta x_T = -519,57 \quad \Sigma \Delta y_T = -561,72$$

$$2. \Sigma \beta_T = 889^\circ 04,0' \quad f_x = +0,16 \quad f_y = -0,11$$

$$3. f_\beta = +1,2';$$

$$4. \text{дон} f_\beta = 1' \sqrt{n} = 2,3;$$

$$5. f_{\text{аан}} = \sqrt{0,16^2 + 0,11^2} = 0,19;$$

$$6. f_{\text{eio}} = 1 / (777,03 / 0,19) = 1/4089$$

Відомість
обчислення прямокутних координат точок замкнутого теодолітного ходу

№ точок	Виміряні кути (ліві)	Дирекційн і кути	Горизо нт. прокла д.	Прирости координат		Координати	
				ΔX	ΔY	X	Y
A		147°43,7'					
B	181°19,8'					8451,2	7642,58
		149 03,5	73 56	-0,02 -63,09	+0,02 +37,82	8388,1	7680,42
1	-0,3 162 50,1	131 53,3	172,10	-0,05 -114,91	+0,05 +128,12	8	8273,2
2	-0,2 149 02,6	100 55,7	94,52	-0,03 -17,91	+0,03 +92,81	2	8255,2
3	-0,2 55 01,0	335 56,5	123,95	-0,04 +113,18	+0,04 -50,53	8	8368,4
4	-0,2 167 20,0	323 16,3	160,76	-0,05 +128,85	+0,05 -96,14	2	8497,2
5	-0,2 104 30,1	247 46,2	121,32	-0,03 -45,90	+0,03 -12,30	2	7754,95
B	-0,2 81 17,5					8451,2	7642,58

$$1. \sum \beta_{\text{в}} = 720^{\circ}01,3'$$

$$P = 746,21; f_x = +0,22; f_y = -0,22;$$

$$2. \sum \beta_T = 720^{\circ}00,0'$$

$$5. f_{\text{в}} = \sqrt{0,22^2 + 0,22^2} = 0,31$$

$$3. f_{\beta} = +1,3'; \quad 4. \text{дон}f_{\beta} = 1' \sqrt{n} = 2,6'$$

$$6. f_{\text{в}i0} = 1 / (746,21 / 0,31) = 1/4154.$$

План теодолітного знімання будують на основі абрису, складеного під час виконання польових робіт. При побудові плану дотримуються наступної послідовності виконання робіт.

На креслярському аркуші паперу певного розміру, або планшеті на алюмінієвій основі будують сітку прямокутних координат. Сітка координат будується за встановленими стандартними розмірами квадрату 10×10 см. Побудову координатної сітки найкраще виконувати при допомозі спеціального приладу – координатографа, або шаблона. Шаблон представляє собою алюмінієвий лист розміром 60×60 см і товщиною 1 мм, на якому у вершинах квадратів 10×10 см просвердлені дірки діаметром 0,5 мм. Для користування таким шаблоном достатньо його покласти на креслярський аркуш паперу чи планшет і загостреним олівцем в кожній вершині квадрату намітити точку. Прибравши шаблон, проводять лінію за допомогою лінійки по нанесених мітках. Часто в таких випадках користуються лінійкою Дробишева.

За допомогою цієї лінійки будують сітку дециметрових квадратів (5×5 або 3×4 квадратів). Щоб побудувати сітку квадратів загальним розміром 50×50 см,

лінійку кладуть на аркуш креслярського паперу або планшет так, щоб в нижній частині вона була паралельна (на око) нижньому зрізу аркуша або планшету. Гостро загостреним олівцем в отворах за скошеним краєм проводять дуги на аркуші чи планшеті за винятком початкового, в початковому отворі навпроти штриха нанесеного на скошеному краї намічають точку A (рис. 5.1а).

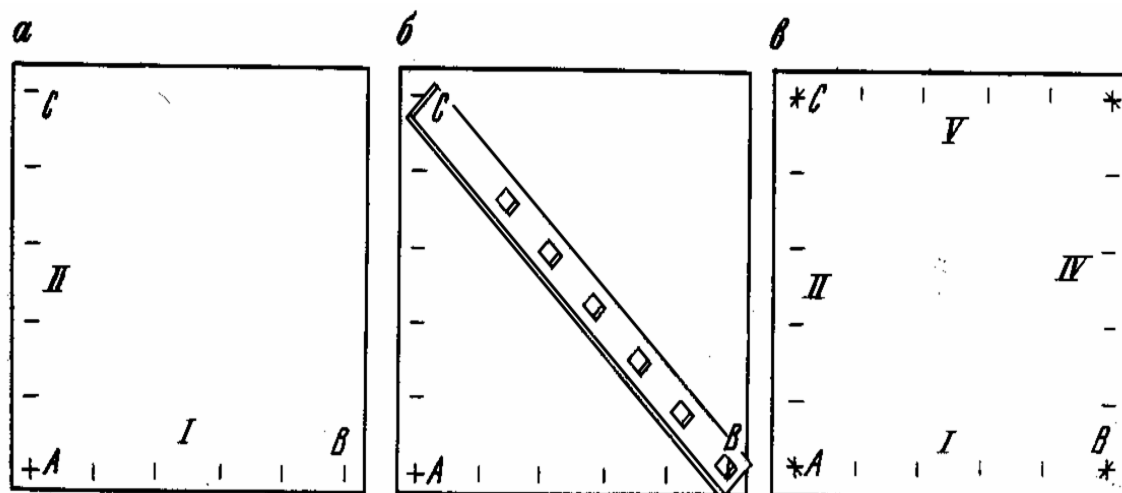


Рис. 5.1. Побудова сітки прямокутних координат.

Потім повертають лінійку вліво, приблизно на 90° і суміщають штрих початкового отвору з точкою A та проводять дугу в інших отворах, відповідно $6, 7, 8, 9$ і 10 . Знаходять середину дуги 10 і намічають точку B . Штрих початкового отвору суміщають з точкою B , а лінійку направляють за діагоналлю на другу точку 5 і за скошеним краєм кінця лінійки ($70,715$ см) прокреслюють дугу. Точку перетину дуг позначають C , в результаті отримують прямокутний трикутник ABC (рис. 5.1б). Аналогічним чином отримують точку D (рис. 5.1в). З'єднавши точки A, B, D, C лінією товщиною $0,1$ мм і отримують основний квадрат планшету. З'єднують протилежні дуги лініями товщиною $0,1$ мм і отримують сітку прямокутних координат. Побудовану сітку прямокутних координат контролюють шляхом вимірювань діагоналей кожного квадрата при допомозі вимірника. Розходження можливе в межах $0,3$ мм, порівнюючи з істинним.

У відповідному масштабі точки планового геодезичного обґрунтування за відомими прямокутними координатами наносять на план. На плані точку оформляють згідно з умовними знаками для відповідного масштабу. Зліва підписують номер або назву точки. Користуючись абрисом, складеним в польових умовах, на планшет наносять ситуацію, споруди, границі угідь тощо. Місцеві предмети і характерні точки контурів наносять у відповідності з результатами і способами знімання місцевості.

Точки, зняті способом полярних координат, на план наносять графічним способом. Горизонтальні кути між орієнтирним напрямком і точкою місцевості відкладають при допомозі геодезичного транспортира з точністю $15'$, а

горизонтальні прокладення між станцією і точкою місцевості відкладають за напрямком (станція і мітка відкладеного кута транспортиром) при допомозі вимірника і лінійки поперечного масштабу з точністю $0,1$ мм масштабу плану.

Точки, які зняті способом перпендикулярів наносять на план при допомозі вимірника і лінійки поперечного масштабу. Оскільки способи знімання характерних точок місцевості поєднують кутові і лінійні вимірювання, то при побудові плану теодолітного знімання в основному використовують вимірник і лінійку поперечного масштабу.

Після закінчення нанесення на план точок обґрунтування і ситуації переходять до його кінцевого оформлення. Всі підписи і цифри на плані розташовують за напрямом на північ. Зображення споруд, ситуації та інше виконують тільки до внутрішньої рамки планшету. Зарамочне оформлення планшету виконується згідно існуючих умовних знаків і додатку взірця оформлення планшету прикладеного до умовних знаків.

6. ПОВЗДОВЖНЄ ГЕОМЕТРИЧНЕ НІВЕЛЮВАННЯ

Повздожде геометричне нівелювання виконують для одержання профіля поверхні землі вздовж осі лінійного об'єкта. Прилади ті інструменти, необхідні для повздожного геометричного нівелювання: нівелір, тринога, дві нівелірні рейки, мірна стрічка з комплектом шпильок, кілочки довжиною 30–40 см і діаметром 2–3 см, молоток.

6.1. Рекогностування місцевості і закріплення лінійної осі об'єкта

Під час рекогностування уточнюють місцезнаходження точок геодезичного обґрунтування, перевіряють взаємну видимість між сусідніми точками і умови для проведення вимірювань.

Одночасно з рекогностуванням на місцевості закріплюють точки по осі об'єкта: початок, кінець і кути повороту. Точки закріплюють дерев'яними кілочками. У плановому відношенні точки прив'язують до місцевих предметів і на кожную точку складають абрис. При прив'язці віддалі вимірюють з точністю до 0,01 м.

По осі лінійного об'єкта через 100 м закріплюють точки дерев'яними кілочками, які називають пікетами. Дії, які виконуються при закріпленні пікетів називаються розмічуванням пікетажу. Пікетаж — вибір точок на місцевості для встановлення рейок і закріплення їх кілочками при нівелюванні. Пікет — точка на осі траси, яка призначена для закріплення заданого інтервалу. На практиці найчастіше таким інтервалом є 100 м і дуже рідко 40, 20 і 10 м.

Розмічування пікетажу виконують за допомогою сталевий мірної 20-ти метровий стрічки. Нумерацію пікетажних точок починають від початку осі траси. Траса – лінія вздовж якої буде виконуватись нівелювання. Нульовий пікет співпадає з початком осі траси і позначається ПК-0. Сам пікет закріплюють дерев'яним кілочком перерізом 2x2 см, який забивають врівень з землею. На відстані 5...70 см від пікету забивають другий кілочок висотою 15...20 см. На цьому кілочку олівцем підписують ПК-0 і називають його сторожком. Після цього протягують стрічку вперед по осі об'єкта і від ПК-0 відкладають віддалі рівну 100 м. Забивають один кілочок врівень з землею як пікет, а другий – як сторожок, на якому підписують ПК-1. Таким чином закріплюють пікети по всій осі траси. Оскільки поверхня землі надто складна, то крім пікетних точок по осі траси закріплюють точки в характерних місцях рельєфу і ситуації (точки перегину схилів, уріз води в водоймах, перетин із діючими дорогами, лініями електропередач, контурами ситуації і т.д.). Ці точки називають плюсовими, а їх положення визначається відстанню від ближчого попереднього пікету. Наприклад, називають точку ПК-8+73,44. Це означає, що точка знаходиться від ПК-8 на відстані 73,44 м вперед по осі траси.

Одночасно з розмічуванням пікетажу виконують горизонтальне знімання в границях смуги, ширина якої вказана в технічному завданні для виконання

роботи.

Одночасно з розміткою пікетажу на місцевості заповнюють пікетажний журнал. В журналі показують вісь лінійного об'єкта у вигляді прямої лінії посередині сторінки, на якій в довільному масштабі наносять всі пікетні і плюсові точки, кути повороту траси від осі. Запис у пікетажному журналі виконують знизу вверху, щоб права і ліва сторони сторінки відповідали правій та лівій сторонам траси по ходу. Кути повороту показують стрілками направленими вправо чи вліво від осі траси в залежності від того, в яку сторону повертає вона.

6.2. Нівелювання осі лінійного об'єкта

Встановлюють нівелір між двома точками, які закріплені на місцевості. Початкова із них точка обов'язково повинна мати відому висоту.

Для того, щоб визначити висоти закріплених точок на місцевості за ними прокладають нівелірний хід технічної точності. Нівелювання починають від точки, висота якої відома, і спостереження виконують за програмою:

- 1) відлік з чорної сторони задньої рейки;
- 2) відлік з чорної сторони передньої рейки;
- 3) відлік з червоної сторони передньої рейки;
- 4) відлік з червоної сторони задньої рейки.

Зазначену програму необхідно виконувати тому, що вона дозволяє виявити похибку за осідання штатива або точки, на якій встановлена рейка, і вчасно вжити відповідних заходів.

Результати спостережень на кожній станції записують в журнал повздовжнього нівелювання (табл. 6.1). Зняті відліки з чорної і червоної сторін кожної рейки контролюють, шляхом обчислення п'ятки рейки. **П'ятка рейки** це число, яке зафіксоване на рейці в нижній частині її червоної сторони. На заводі рейки виготовляють з п'ятками 4683, 4783, 4883.

П'ятку рейки обчислюють за правилом, від відліку червоної сторони віднімають відлік чорної сторони.

Якщо при нівелюванні нівеліром *H-3* отримали п'ятку відповідної рейки в межах 4680–4686, 4780–4786, 4880–4886 або при нівелюванні нівеліром *H-10* отримали п'ятку відповідної рейки в межах 4673–4693, 4773–4793, 4873–4893, то вважають, що відліки взяті з рейок вірні. При порушенні цієї умови необхідно нівелювання повторити.

В залежності від вибраного нівеліра *H-3* чи *H-10* залежить точність нівелірного ходу, тому що цифри 3 і 10 означають величину середньої квадратичної похибки визначення перевищення на станції, тобто 3 чи 10 мм.

На станції визначають перевищення два рази, і їх знаходять за формулою:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1, \\ h_2 &= a_2 - b_2, \end{aligned} \quad (6.1)$$

де a_1 – відлік по чорній стороні задньої рейки;

b_1 – відлік по чорній стороні передньої рейки;

a_2 – відлік по червоній стороні задньої рейки;

b_2 – відлік по червоній стороні передньої рейки.

Якщо $h_1 - h_2 \leq 5$ мм, то обчислюють середнє перевищення за формулою:

$$h_{cp} = (h_1 + h_2)/2 \quad (6.2)$$

Якщо $h_1 - h_2 > 5$ мм, то нівелювання повторюють.

Такі дії виконують на кожній станції, а результати записують в журнал повздовжнього нівелювання.

Таблиця 6.1

Журнал технічного нівелювання розімкнутого ходу

№ станції	№ точок нівелювання	Відліки по рейці		Перевищення, в мм			Горизонт приладу, м	Висоти точок, м
		задній	передній	вирахуване	середнє	виправлене		
1	Rp1	1109					146.565	145.456
		5893	0496	+613	-7			
	1	4784	5278 4782	+615	+614	+ 607		
2	1	1480					147.543	146.063
		6262	0477	+ 1003	-8			
	3	4782	5259 4782	+ 1003	+1003	+ 995		
3	3	0446					147.504	147.058
		5228	1788	-1342	-8			
	5	4782	6572 4784	-1344	-1343	-1351		
4	5	0970					146.677	145.707
		5751		+ 58	-8			
	Rp2	4781	0912 5695 4783	+ 56	+ 57	+ 49		

Посторінковий контроль:

$$\Sigma Z = 27139; \Sigma II = 26477; \Sigma h = +662; \Sigma h_{cp} = +331 \quad \Sigma Z - \Sigma II = +662$$

6.3. Обробка журналу повздовжнього нівелювання та побудова повздовжнього профілю осі лінійного об'єкта

Урівнювання нівелірного ходу виконують в такій послідовності.

1) Знаходять суму виміряних перевищень за формулою:

$$\Sigma h_B = h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n, \quad (6.3)$$

де $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ – перевищення між зв'язуючими точками.

2) Обчислюють суму теоретичних перевищень:

а) розімкнутого нівелірного ходу за формулою

$$\Sigma h_T = H_K - H_n, \quad (6.4)$$

де H_K і H_n – відомі висоти кінцевої та початкової точок нівелірного ходу;

б) замкнутого нівелірного ходу за формулою:

$$\Sigma h_T = 0, \quad (6.5)$$

3) Нев'язку в нівелірному ході обчислюють за формулою:

$$f_h = \Sigma h_B - \Sigma h_T, \quad (6.6)$$

Допустиму невязку в ході вираховують за формулою:

$$\text{доп} f_h = 50 \text{ мм} \sqrt{L}, \quad (6.7)$$

де L – довжина нівелірного ходу в кілометрах.

Якщо $f_h \leq \text{доп} f_h$, то невязку f_h розподіляють порівно на всі перевищення станцій з оберненим знаком. Поправку слід округлити до цілих міліметрів. Наприклад: в нівелірному ході використано 11 станцій. Невязка дорівнює +13 мм, яку слід розподілити так: на 9 перевищень по (-1) мм, а на два перевищення по (-2) мм.

Контроль: сума поправок повинна дорівнювати невязці з протилежним знаком.

Висоти точок обчислюють послідовно, тобто:

$$\begin{aligned} H_1 &= H_n + h_1; \\ H_2 &= H_1 + h_2; \\ H_3 &= H_2 + h_3; \\ &\dots\dots\dots \\ H_K &= H_n + h_n \end{aligned} \quad (6.8)$$

де h_i – виправлене перевищення.

Після приїзду на базу дислокації приступають до перевірки результатів польових вимірювань.

Розімкнутий нівелірний хід

Приступають до урівнювання виміряних результатів. Знаходять суму виміряних перевищень, суму теоретичних перевищень і невязку перевищень. Невязка перевищень розраховується наступним чином: від суми виміряних перевищень віднімають суму теоретичних перевищень, тобто за формулою:

$$f_h = \Sigma h_{\text{вв}} - \Sigma h_{\text{т}}, \quad (6.9)$$

Якщо $f_h \leq \text{доп} f_h$, то невязку розподіляють на всі перевищення з оберненим знаком. Для цього знаходять поправки для кожної станції (штатива). Поправка дорівнює невязці поділеній на кількість станцій (штативів). Контролем є те, що сума поправок дорівнює невязці з оберненим знаком.

Приклад:

1. Сума обчислених перевищень $\Sigma h_{cp} = +331$
2. Сума теоретичних перевищень $\Sigma h_T = H_{Rp2} - H_{Rp1} = +300$

3. Нев'язка в нівелірному ході $f_h = \Sigma h_{cp} - \Sigma h_T = +31$

4. Допустима невязка $\text{доп}f_h = 50\text{мм}\sqrt{0,54081} = 37\text{ мм.}$

Замкнутий нівелірний хід

В графу 2 відомості (табл. 6.2) вписують виміряні перевищення між сусідніми точками та знаходять їх суму $\Sigma h_{вим}$. В нашому випадку практична сума в ході дорівнює $+15\text{мм}$. Визначають невязку. Поправку на кожен штатив (штативів) з оберненим знаком за формулою:

$$v = -f_h / n, \quad (6.10)$$

де n – кількість станцій (штативів) у ході.

Поправки заокруглюють до цілих міліметрів. Наприклад, в нашому випадку кількість штативів дорівнює 8, а невязка становить $+15\text{ мм}$, тому поправки при визначенні підібрані так, щоб їх сума дорівнювала неув'язці з оберненим знаком. До виміряних перевищень додають поправки і отримують виправлені перевищення, які записують в графу 5.

Висоти точок нівелірного ходу визначають шляхом послідовного алгебраїчного додавання виправлених перевищень до відомих висот, починаючи з вихідного репера. Результати обчислень записують в графу 6.

Контролем обчислень є отримання висоти кінцевого вихідного репера.

Таблиця 6.2

Відомість обчислення висот точок технічного нівелювання

Номери точок	Виміряні перевищення, мм	Кількість штативів	Поправки, мм	Виправл. перевищення	Висоти точок, м
1	2	3	4	5	6
R_p	+2106	2	-4	-4	68,020
1	+1310	1	-2	-2	70,122
2	+101	1	-2	-2	71,430
3	-1002	1	-2	-2	71,529
4	-2500	3	-5	-5	70,525
R_p					68,020

$$\Sigma h_{вим} = +15$$

$$n = 8$$

$$\Sigma v = -15$$

$$\Sigma h_m = 0$$

$$\Sigma h_m = 0$$

$$f_{h_{ав}} = \pm 50\sqrt{0,9} = \pm 48\text{ мм}$$

Поздовжнім профілем називається переріз земної поверхні

вертикальною площиною по осі лінійного об'єкта, який зображений в певному масштабі.

Профіль можна побудувати на будь-якому аркуші паперу, але краще на міліметровому. Практично для побудови поздовжнього профілю застосовують два масштаби. Загально прийняті наступні масштаби: горизонтальний — 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000 і 1:10000; вертикальний — 1:50, 1:100, 1:200, 1:500, 1:1000, тобто в 10 разів більший горизонтального.

Загальну довжину лінійного об'єкта уже визначено. На цій основі заготовляють довжину паперу відповідно до прийнятого горизонтального масштабу. Журнал технічного нівелювання по осі траси і пікетажний журнал є основними документами для побудови поздовжнього профілю. Профіль є основою для проектування на ньому лінійного об'єкта, обчислення об'ємів земляних мас.

Беруть аркуш міліметрового паперу заготовленої довжини, знизу відраховують 15 см і проводять олівцем горизонтальну лінію. Зліва аркуша відступають праворуч на 2 см і проводять вниз від горизонтальної лінії вертикальну лінію. Від проведеної лінії вправо відступають ще на 8 см і проводять вертикальну лінію яка служить границею надписів горизонтальних рядків, а частина, яка розташована вище горизонтальної лінії — шкалою вертикального масштабу (додаток Е). Горизонтальну лінію приймають за умовний горизонт. Висоту умовного горизонту визначають наступним чином. У журналі технічного нівелювання шукають найменшу висоту будь-якої точки, яку зменшують до кратної величини. Цю величину відмічають на шкалі профілю в поперечному масштабі, так щоб від неї до лінії умовного горизонту було 8-12 см. На цій основі цифрують шкалу.

Кожний пікет і кожен плюсову точку наносять на профіль у відповідному масштабі. Для чого визначають різницю висот точки і умовного горизонту, яку у вертикальному масштабі відкладають вгору від умовного горизонту. З одержаних таким чином точок опускають перпендикуляри на умовний горизонт, а верхні кінці їх з'єднують між собою прямою лінією. Цю лінію називають профільною. В графі "Висоти поверхні землі" навпроти кожної точки записують висоти з точністю до 0,01 м. Заповнюють графі "Відстані" і "Пікети". Графу "План смуги" заповнюють на основі даних пікетажного журналу.

У правому нижньому куті підписують "Профіль склали: Ланка №... П.І.П. студентів".

7. НІВЕЛЮВАННЯ ПОВЕРХНІ ЗА КВАДРАТАМИ

Нівелювання поверхні за квадратами виконують для одержання топографічного плану місцевості. Для проведення знімання необхідно: нівелір, тринога, дві нівелірні рейки, мірна стрічка з комплектом шпильок, кілочки довжиною 30–40 см і діаметром 2–3 см, молоток.

7.1. Рекогностування місцевості і закріплення вершин квадратів

Сторони квадратів бувають 5×5 , 10×10 , 20×20 і 40×40 метрів. Ділянку розмічають на квадрати наступним чином (рис. 7.1). У середині ділянки вибирають точку, наприклад 4В, на якій встановлюють теодоліт і закріплюють два взаємно перпендикулярні напрямки. В нашому випадку 44 і ВВ. Знаючи сторону квадрата, яку відкладають сталевую мірною стрічкою або рулеткою, за напрямками 44 та ВВ і закріплюють точки 3В, 2В, 1В, 5В, 6В і 7В та точки 4Г, 4Б і 4А. В одержаних точках розмічають поперечники, на яких відкладають відрізки тієї ж довжини. Кожна точка закріплюється забитим врівень із землею кілочком. Поруч з точкою забивають другий кілочок висотою 15–20 см, який називають сторожком. На сторожку пишуть номер точки. Номер точки одержують шляхом перетину магістралей, наприклад, 1А, 2Б, 2Г і т.д.

Бувають випадки коли на місцевості закріпленій відомий загальний прямокутник ААГГ (рис. 7.1). В такому випадку встановлюють теодоліт в одній із вершин прямокутника, наприклад Г7, і виконують розмічення за описаною вище методикою.

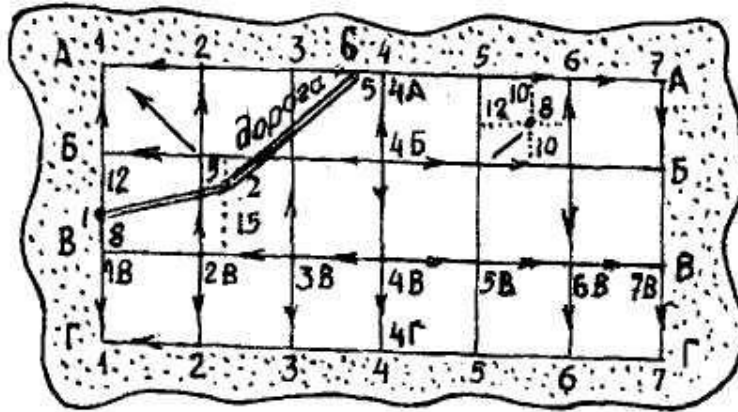
Крім вершин квадратів, також закріплюють характерні точки рельєфу і точки перегинів схилів, які знаходяться всередині квадрату та на їх сторонах. Ці точки називаються плюсовими. Положення цих точок визначається віддалами до ближчих сторін (точка 2 і 8) або вершин (І і 6) квадратів (рис. 7.1).

7.2. Нівелювання вершин квадратів, знімання ситуації

Схему розмічування сітки квадратів і плюсових точок викреслюють на папері (рис. 5.1.). На схемі, як і на абрисі стрілками показують характерні лінії рельєфу і напрямки за якими слід виконувати інтерполювання горизонталей. Основним способом знімання є спосіб перпендикулярів. Рідко застосовують спосіб лінійних засічок.

При нівелюванні поверхні за квадратами одночасно складають схему розташування зв'язуючих точок і точок вершин квадратів. На схемі (рис. 7.2) показані станції (ІІ, І2 і І3) і зв'язуючі точки (Рр, І і ІІ), а також пунктирною лінією показані напрямки до вершин квадратів, які нівелювали з відповідної станції. В нашому випадку зв'язуючі точки утворюють замкнутий нівелірний хід. Станції нівеліра вибирають так, щоб була видимість як можна до більшої

кількості вершин квадратів і плюсових точок. Нівелювання починають з точки, висота якої відома.



Відліки з рейок, які встановлені на зв'язуючих точках, беруть з чорної і червоної сторін, а з рейок, які встановлені в інших

Рис. 7.1. Розмічування сітки квадратів.

вершинах квадратів та плюсових точках — тільки з чорної сторони, як проміжної точки.

Робота на станції виконується в такій послідовності. Беруть відліки з рейки, яка встановлена на задній зв'язуючій точці з чорної a_1 і червоної a'_1 сторін. Встановлюють рейку на передню зв'язуючу точку і знімають відліки з чорної b_1 і червоної b'_1 сторін. Вираховують перевищення за формулою:

$$h_1 = a_1 - a'_1, \quad (7.1)$$

$$h'_1 = b_1 - b'_1. \quad (7.2)$$

Якщо $h_1 - h'_1 < 5$ мм, то обчислюють середнє перевищення за формулою:

$$h_{CP} = (h_1 - h'_1) / 2. \quad (7.3)$$

	1	2	3	6	4	5	6	7	
A	1340	1750	II	2160		2930	2010	1900	A
							8 ● 1230		1520
Б	1480	1930		2560		2990	2470	1830	Б
I	● 0940	2 ● 1690							1610
В	1230	2430	Rp	2810		2910	I	2240	В
									1450
Г	1610	1440		1210		0850	1310	1580	Г
	1	2	3	4	5	6	7		

Рис. 7.2. Журнал-схема нівелювання поверхні за квадратами.

Якщо $h_1 - h'_1 > 5$ мм, то нівелювання повторюють спочатку. Після цього рейку по черзі встановлюють у вершині квадрату або плюсовій точці на кілочок, який

забитий врівень із землею і беруть відліки тільки з чорної сторони, з округленням до цілих сантиметрів. Дані записують в журнал-схему нівелювання поверхні. Відліки з рейки, яка встановлена на зв'язуючих точках записують в журнал повздовжнього нівелювання (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Журнал технічного нівелювання

№ станцій	№ точок нівелювання	Відліки		Перевищення, мм	Середнє перевищення, мм	Виправлене Перевищення, мм	Горизонт приладу, м	Висоти точок, м
		задній, мм	передній, мм					
I	Rp	2642 7426		+693 +694	+4 +694	+698	144,204	141,562
	I		1949 6732					142,260
2	I	1564 6349		-484 -481	+4 -482	-478	143,824	142,260
	II		2048 6830					141,782
3	II	1637 6420		-224 -225	+4 -224	-220	143,419	141,782
	Rp		1861 6645					141,562

Посторінковий контроль:

$$\sum Z = 26038 \quad \sum II = 26065 \quad \sum h = -12$$

$$\sum h = \sum Z - \sum II = -27.$$

1. Сума вимірних перевищень $\sum h = -12$ мм
2. Сума теоретичних перевищень $\sum h_T = 0$
3. Нев'язка у нівелірному ході $f_h = \sum h - \sum h_T = -12$ мм
4. Допустима невязка $\text{доп} f_h = 10\sqrt{n} = 17$ мм
де n – кількість станцій.

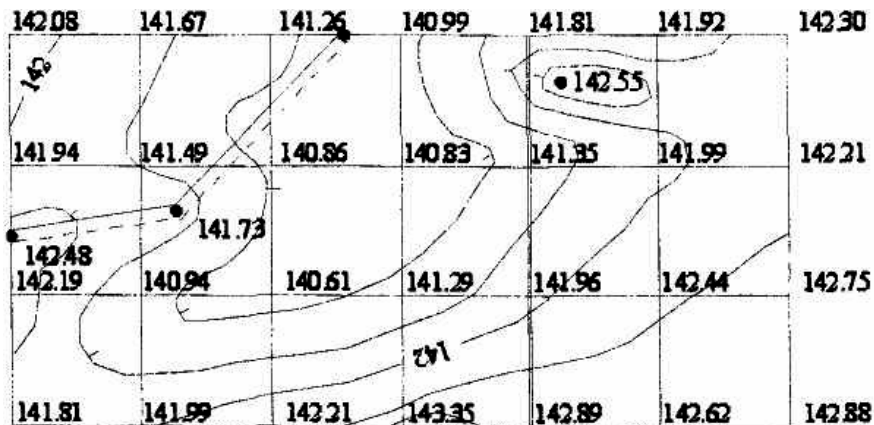
7.3. Опрацювання польових матеріалів нівелювання поверхні за квадратами

На аркуші креслярського паперу будують координатну сітку та

підписують її згідно з координатами точок планової основи. На план наносять точки планової основи за їх прямокутними координатами. В масштабі будують сітку квадратів з відомою стороною, або поперечники. Підписують висоти всіх вершин квадратів та додаткових точок у характерних місцях і наносять ситуацію згідно з пікетажним журналом. За відомим перерізом рельєфу виконують інтерполювання та проводять горизонталі. Коли переріз рельєфу прийнятий 0,25 м, то кожна п'ята горизонталь проводиться потовщеною (0,2 мм).

Горизонталі проводять шляхом інтерполювання, тобто пропорційно поділу віддалі між точками. Помітки поділу з однаковими висотами з'єднують плавною кривою. Виконавець із досвідом інтерполювання виконує на око, а менш досвідчені виконавці користуються палеткою (рис. 7.3).

У нижній частині плану підписують масштаб, а нижче масштабу пишуть "Суцільні горизонталі проведені через 0,25 м". Підписується номер ланки та прізвища виконавців.



1:500

Суцільні горизонталі проведені через 0,25 м

Рис. 7.3. Топографічний план.

8. ТАХЕОМЕТРИЧНЕ ЗНІМАННЯ МІСЦЕВОСТІ

8.1. Загальні відомості про тахеометричне знімання

Велика перевага цього методу полягає в оперативності при визначенні будь-яких рейкових точок. Поняття швидкості в назві "тахеометрія" відноситься до економії робочого часу у зв'язку з одночасним визначенням планового і висотного положення точок. Слід пам'ятати, що цей метод відносно методу прямокутних координат, значно понижує точність, але в багатьох випадках, особливо при зніманні точок місцевості зображення рельєфу, він є найпростішим і задовольняє вимоги інструкції. Методом тахеометрії можна одержати точність в плані в 20-30 см і по висоті приблизно 10 см на відстані до 100 м. Проте похибки при збільшенні дальності швидко ростуть.

Тахеометричне знімання використовується головним чином при складанні планів з горизонталями, на основі яких розробляються різноманітні проекти для спорудження житлових приміщень, автомобільних, залізних доріг, гідротехнічних і промислових, об'єктів, тощо.

Характерною особливістю тахеометричного знімання є детальне зображення рельєфу місцевості. За матеріалами тахеометричного знімання складають плани з горизонталями в масштабах $1:5000$, $1:2000$, $1:1000$ і $1:500$. Від масштабу знімання залежить найбільша віддаль від приладу до точки. Для різних масштабів обґрунтовані такі віддалі: $1:5000 - 300$ м, $1:2000 - 200$ м, $1:1000 - 150$ м і $1:500 - 100$ м.

Обчислення висот рейкових точок

Якщо візування, на рейку виконують на похилій поверхні, то можна вивести наступні формули

$$d = (K \times n + c) \cos^2 v, \quad (8.1)$$

де v - кут нахилу.

Перевищення між станцією і рейковою точкою обчислюють за формулою

$$h = [(kn + c)/2] \sin 2v + i - v, \quad (8.2)$$

де i - висота приладу; v - висота точки наведення.

Висоту рейкової точки вираховують за формулою

$$H_p = H_{CT} + h. \quad (8.3)$$

Похибки, через допущення відповідних наближень при виводі тахеометричних формул, при самих несприятливих обставинах, якщо кут нахилу 45° і постійна $C=0,50$ м, не будуть перевищувати 10 см у горизонтальному і вертикальному положенні. Досить велика похибка виникає через нахил рейки. На цій основі рейку слід ставити за допомогою круглого рівня, чим більший кут нахилу земної поверхні, тим точніше потрібно ставити рейку у вертикальній площині.

8.2. Тахеометричне знімання ситуації і рельєфу місцевості

Рекогностування місцевості виконують як і при горизонтальному зніманні (підрозділ 5.1). Розташування рейкових точок вибирають із врахуванням максимальної віддалі від приладу до точки.

Для того, щоб побудувати топографічний план відповідної місцевості тахеометричним методом, спочатку необхідно побудувати на місцевості планове знімальне обґрунтування. Лише після цих робіт приступають до знімання місцевості.

На точці, координати і висота якої відомі, встановлюють теодоліт-тахеометр. Слід пам'ятати, що перед цим повинні бути виконані усі перевірки, що відповідають технічним вимогам. Оскільки при тахеометричному зніманні усі вимірювання виконуються тільки при одному положенні круга, то перевірки слід виконувати старанно.

Послідовність роботи на станції наступна:

1. Замірюють висоту приладу (віддаль від верха точки закріпленої на місцевості до осі візування, коли зорова труба знаходиться в горизонтальній площині). Цю віддаль вимірюють за допомогою рулетки або рейки з точністю до 1 см.
2. При будь-якому положенні вертикального круга, яке записують у журнал, на горизонтальному крузі суміщають нуль лімба з нулем аліадади і зорову трубу наводять на точку планового обґрунтування на місцевості.
3. В обраній точці встановлюють рейку у вертикальному положенні. Наводять зорову трубу на рейку так, щоб вертикальна нитка сітки знаходилась на середині рейки., а горизонтальна середня нитка була наведена на висоту приладу. Якщо це виконати неможливо, то горизонтальну нитку краще навести на відлік 1000 або 2000. Коли і це зробити неможливо, то зорову трубу наводять на будь-який відлік, який записують у журнал. Цей відлік називають висотою наведення і позначають літерою v .
4. Відліки знімають у наступній послідовності. Спочатку по верхній і нижній віддалемірним ниткам. У зв'язку з тим, що поле зору труби перевернуто, доцільно взяти відлік по нижній, а потім по верхній віддалемірній нитці. Потім знімають відліки на горизонтальному і вертикальному кругах. Відліки знімають з точністю до $1'$. Усі відліки записують у журнал тахеометричного знімання (табл. 8.1).
5. Усі види робіт, що перераховані у пунктах 1, 2, 3, 4, повторюють на кожній станції.

Після закінчення знімання на горизонтальному крузі встановлюють відлік $0^{\circ}00'$. Зорова труба повинна бути на точку орієнтування (точка, на яку був наведений прилад після суміщення нуля лімба із нулем аліадади перед початком вимірювань на станції. Похибка не повинна перевищувати $3'$. Якщо похибка більше $3'$, то знімання повторюють спочатку.

8.3. Обробка журналу тахеометричного знімання та виготовлення топографічного плану місцевості

Камеральну обробку журналу тахеометричного знімання виконують за допомогою формул (8.1), (8.2) і (8.3). Для обчислення вертикальних кутів застосовують формули, що відповідають типу приладу.

План місцевості будують наступним чином. Спочатку на аркуш креслярського паперу за допомогою лінійки Дробишева наносять координатну сітку розміром 10×10 см і оцифровують її (підрозділ 5.4, рис. 5.1). За відомими координатами наносять точки опорної мережі на план. Потім для нанесення на план рейкових точок геодезичним транспортиром будують горизонтальні кути, які виміряні при їх зніманні, і у масштабі відкладають полярні віддалі. Таким чином одержують рейкові точки на плані. Праворуч кожної точки підписують їх висоти, інтерполюють і проводять горизонталі з заданим перерізом рельєфу. При проведенні горизонталей користуються напрямками схилів, що вказані на абрисі. Користуючись абрисом, наносять споруди, ситуацію і границі угідь.

Побудований план бажано звірити з місцевістю з метою ліквідації грубих похибок.

Таблиця 8.1

Журнал тахеометричного знімання

№ точок	Віддаль D, м	Горизонтальне прокладення d, м	Відліки, ^{0/}		Кут нахилу ν , ^{0/}	Висота наведення ν , м	Перевищення h, м	Висота, м
			ГК	ВК				
Ст 3; H = 171.22 м; i = ,45 м; MO = +2' орієнтовано на ст. 2								
1	<u>163,3</u>	163,3	<u>0 08</u>	<u>0 33</u>	+0 31	<u>0,00</u>	+1,50	172,72
2	<u>135,0</u>	135,0	<u>182 46</u>	<u>0 17</u>	+0 15	<u>3,0</u>	-0,88	170,34
3	<u>60,0</u>	60,0	<u>207 22</u>	<u>0 48</u>	+0 46	<u>0,00</u>	+1,40	172,62

Примітка. Віддалі до точок і відліки на ГК і ВК, одержані у полі, підкреслені. Решта цифр одержані камеральним шляхом.

9. ЗВІТ ПРО ПРАКТИКУ

Після виконання програми практики кожна ланка для заліку представляє звіт. Зауваження керівника практики, які були зроблені під час перевірки матеріалів кожного виду знімання, повинні бути виправлені. Перелік і послідовність матеріалів, з яких складається звіт наведено у таблиці 1.1. Кожна таблиця чи рисунок звіту повинен мати назву. Таблиці і графічні матеріали підписують зверху. Лівий берег кожного документу повинен бути 20 мм. Такий відступ роблять для того, щоб забезпечити у подальшому підшивання документів у теку. У правому нижньому куті аркушів схем, абрисів, відомостей, журналів профілів, планів зазначають групу, ланку і її склад (П.І.П. студентів).

Оформлення контурного плану місцевості за результатами горизонтального знімання, топографічного плану за результатами мензульного знімання та нівелювання за квадратами виконують згідно існуючих правил викреслювання геодезичних документів, умовних знаків і додатку взірця оформлення планшету, прикладеного до умовних знаків [5, 6].

Повздовжній профіль по осі лінійного об'єкта оформляють згідно з додатком Е.

Усі матеріали практики у встановленому порядку підшивають у теку. На теку наклеюють титульний аркуш, взірець якого наведено у додатку А.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, РГР, практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано обов'язковим повторним вивченням дисципліни

ЛІТЕРАТУРА

1. Романчук С.В., Кирилюк В.П., Шемякін М.В. Геодезія. Навчальний посібник. – Умань: Уманський ДАУ, 2008. – 294 с.
2. Порицький Г.О., Новак Б.І., Рафальська Л.П. Геодезія: Підручник. – К.: „Арістей”, 2007. – 260 с.
3. Ващенко В., Латинський В., Перій С. Геодезичні прилади та приладдя. Навчальний посібник. – Львів: Євросвіт, 2006. – 208 с.
4. Романчук С.В. Практикум з інженерної геодезії: Навчальний посібник. – Рівне: Український державний університет водного господарства та природокористування, 2003. – 144 с.
5. Умовні знаки для топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500 / С.А. Гайдай, С.Я. Защипась, Л.Т. Кравчук, І.В. Лизун, В.Л. Ношкалюк, О.В. Олійник. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2001. – 255 с.
6. Шемякін М.В., Кирилюк В.П. Геодезія. Умовні знаки топографічних карт і планів / Ч.1. Топографічні карти масштабів 1:500000, 1:200000, 1:100000, 1:50000, 1:25000, 1: 10000 // Методичні вказівки для виконання індивідуальних завдань з «Геодезії» студентами напрямів 1304 «Лісове і садово-паркове господарство», 1301 «Агрономія». – Умань: Уманський ДАУ, 2007. – 47 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Форма титульного аркуша

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

Кафедра геодезії, картографії та кадастру

ОСНОВИ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ

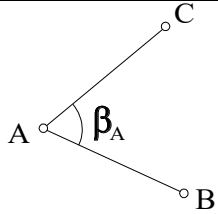
ЗВІТ ПРО ПРАКТИКУ

Керівник практики,
кандидат с.-г. наук, доцент
Петров С.М.

Виконали:
Група 11 ЗМ, ланка № 1
Ланковий Вітренко С.П.
Іванова К.Я.
Сидовов М.М.
Рябков Р.Я.

Додаток Д

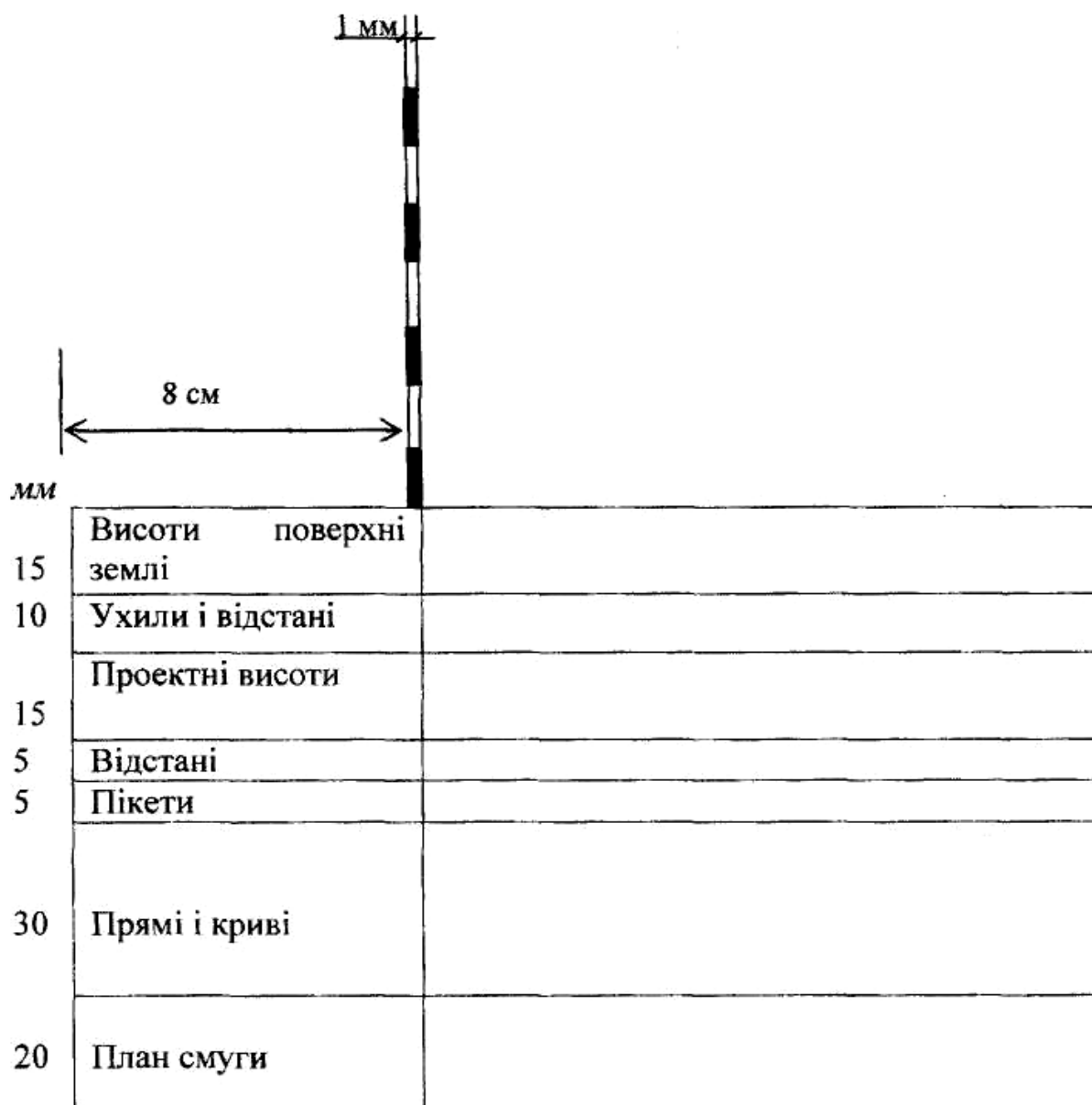
Журнал вимірювання горизонтальних кутів способом прийомів

Абрис	Станції	Точки візування	Відліки, ° ' "	Кути, ° ' "	Середній кут° ' "
	A	B	<i>КП</i> 18° 34',5	74°15',5	74°15'
		C	304°19',0		
		B	<i>КЛ</i> 198°35',0	74°14',5	
		C	124°20',5		

Додаток Е

Поздовжній профіль по осі лінійної споруди

Масштаби:
горизонтальний 1:2000
вертикальний 1:200



Методичне видання

Михайло Васильович Шемякін

Основи геодезичних робіт. Програма і методичні вказівки до проведення навчальної практики / Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій» (1 курс). – Умань: Уманський НУС, 2020. – 40 с.

Підписано до друку 18.05.2020
Папір тип №1. Фіз. друк. аркушів
Умов. друк. аркушів Тираж 100 примірників
Замовлення № 27

Уманський національний університет садівництва
Міністерство освіти і науки України
20305 вул. Інститутська 1, м. Умань, Черкаська обл.
Тел. (04744) 3-43-79