

УДК 528 (075)

Методичні вказівки до виконання лабораторних та розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Інженерна геодезія» (для студентів спеціальності 6.060.101) [Електронний ресурс] / укладач: Д. Ф. Оболонков – Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ, 2014. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM): 12 см. – Системні вимоги: Pentium; 32 RAM; WINDOWS 98/2000/NT/XP; MS Word 2000. – Назва з титул. екрану.

Укладач:

Оболонков Д. Ф., асистент

Відповідальний за випуск:

Морозова Л.М., к.т.н.

Рецензент:

Герасименко В.Г., к.т.н., доц. каф.
«Будівництво та експлуатація автомобільних доріг»

© Державний вищий навчальний заклад
Донецький національний технічний університет»
Автомобільно-дорожній інститут, 2014.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 УМОВНІ ЗНАКИ.....	6
1.1 Загальні положення	6
2 МАСШТАБИ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ І КАРТ	7
2.1 Загальні положення	7
3 НОМЕНКЛАТУРА КАРТ	13
3.1 Загальні положення	13
4 ЗАДАЧІ, ЩО ВИРІШУЮТЬСЯ НА ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНАХ І КАРТАХ.....	18
4.1 Склад топографічних планів і карт.....	18
4.2 Завдання, які вирішуються на топографічних планах і картах ...	20
5 ПОБУДОВА РЕЛЬЄФУ ЗА ЦИФРОВОЮ МОДЕЛЛЮ МІСЦЕВОСТІ.....	35
5.1 Рельєф. Основні поняття.....	35
5.2 Відображення рельєфу горизонталями	39
5.3 Побудова поздовжнього профілю по лінії АВ	44
5.4 Порядок виконання розрахунково-графічної роботи №1 на тему «Побудова рельєфу за ЦММ»	45
6 ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА.....	46
6.1 Склад камеральних робіт	46
6.2 Обробка відомості координат теодолітного ходу	46
6.3 Побудова плану теодолітної зйомки	50
6.4 Обробка замкнутого нівелірного ходу полігону теодолітної зйомки	50
7 ТАХЕОМЕТРИЧНА ЗЙОМКА.....	52
7.1 Склад камеральних робіт	52
7.2 Обробка відомості тахеометричної зйомки	52
7.3 Побудова рейкових точок (ситуації місцевості)	53
7.4 Побудова рельєфу на плані тахеометричної зйомки	53
7.5 Порядок виконання РГР №2 на тему «Побудова плану тахеометричної зйомки».....	53

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	54
ДОДАТОК А.....	55
ДОДАТОК Б	56
ДОДАТОК В.....	57
ДОДАТОК Д	58
ДОДАТОК Е	59

ВСТУП

У своїй практичній діяльності інженерам будівельних спеціальностей часто доводиться вирішувати задачі, які зв'язані з топографічними картами та планами. Тому кожний інженер повинен добре знати та вміти їх читати, користуватися масштабами та номенклатурою карт, вивчити умовні знаки.

Топографічні карти – це спеціальні карти, які є єдиними за своїм змістом, стилем оформлення. Це географічні карти, що відображають природні та соціально-економічні елементи місцевості з притаманними їм властивостями та чисельними характеристиками, а також і особливостями розміщення.

Такий вид карт призначено для багатоцільового господарського, наукового і навіть військового використання. Оскільки вони базуються на законах проектування фізичних тіл на поверхню, то мають опорну геодезичну мережу, а також мають у своєму розпорядженні стабільну систему умовних позначень.

Топографічні карти потрібні для проведення інженерних досліджень і як основа при нанесенні їх результатів для створення галузевих тематичних карт і планів перетворення території, для більш раціонального ведення сільського господарства або охорони природи.

Також, працюючи з геодезичними приладами, інженер повинен вміти обробляти отримані дані при наземній зйомці та правильно користуватися методикою розрахунку, знати основи складання планів і карт.

У даних методичних вказівках наведено зміст та об'єм лабораторних та розрахунково-графічних робіт, які студенти виконують протягом першого семестру I курсу за дисципліною «Інженерна геодезія».

Мета вказівок – полегшити та систематизувати роботу студентів.

1 УМОВНІ ЗНАКИ

1.1 Загальні положення

Наочність топографічних карт є найважливішим їх показником. Досягається вона застосуванням спеціально розроблених умовних знаків, за допомогою яких показуються на картах предмети, геодезичні точки, контури місцевості, що у сукупності становлять ситуацію місцевості. Ситуацією місцевості називається все те, що знаходиться на земній поверхні: населені пункти, промислові підприємства, дорожні споруди, водні простори і споруди на них, рослинний покрив та інші подробиці.

Умовні знаки для топографічних планів і карт є єдиними для усієї України.

Умовні знаки створювалися поступово. На старовинних картах особливо видатні предмети зображалися у вигляді перспективних малюнків. Карта була схожа на картину, до того ж, розміри зображуваних предметів часто дуже спотворювалися. З часом виникла необхідність зображувати на картах велику кількість предметів місцевості і користуватися перспективними зображеннями стало незручно. Перспективні знаки стали замінюватися умовними, такими, що відображають предмети в ортогональній проєкції. В основі умовних знаків лежить деяка схожість умовного знаку із зображуваним предметом, а також простота викреслювання. На картах і планах геометрична форма умовного знаку зберігається незалежно від масштабу. Тому для читання топографічних планів і карт достатньо вивчити умовні знаки якого-небудь одного масштабу. Умовні знаки поділяються на контурні або масштабні та позамасштабні.

Масштабними називають такі умовні знаки, якими предмети місцевості зображують з дотриманням масштабу плану або карти, з урахуванням їх дійсних розмірів і форми. Вони дають можливість визначити за планом або картою не лише місце розташування предмета, але і його розміри (наприклад, ліси, озера, великі будівлі та ін.)

Позамасштабними називають такі, якими предмети місцевості зображують без дотримання масштабу карти або плану (наприклад, фабричні труби, залізниці, лінії електропередачі, триангуляційні пункти та ін.). Зрозуміло, що позамасштабні умовні знаки з укрупненням масштабу можуть бути контурними.

2 МАСШТАБИ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ І КАРТ

2.1 Загальні положення

При зображенні місцевості виміряні лінії проектуються на горизонтальну площину, а потім у зменшеному вигляді наносяться на план.

Міра зменшення горизонтальних проекцій ліній місцевості при перенесенні їх на план називається масштабом.

Розрізняють чисельний, лінійний і поперечний масштаби. Чисельний масштаб виражають дробом, у якого в чисельнику стоїть одиниця, а в знаменнику число, що показує міру зменшення. Наприклад, $\frac{1}{500}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{10000}$ і тому подібне. На планах і картах ці дроби підписують у такому вигляді 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:10000.

Масштаб 1:500 показує, що горизонтальна проекція вимірної лінії на місцевості зменшена в 500 разів, тобто 1 см на плані відповідає 500 см (5 м) на місцевості. Очевидно, чим більше знаменник масштабу, тим більше зменшення довжин, тим дрібніше зображення об'єктів на карті, тобто, тим дрібніше масштаб карти.

Приклад: лінія на плані масштабу 1:2000 дорівнює 23,4 см. Відповідна лінія на місцевості буде дорівнювати $23,4 \times 2000 = 46800$ см або 468 м.

Чисельний масштаб прийнято супроводжувати поясненням, що вказує на співвідношення довжин ліній на карті і місцевості. Наприклад, при М 1:100000 підписують: "1 см на карті відповідає 1 км", оскільки 1 см на карті відповідає 100000 см на місцевості. Такий вид іменованого масштабу.

Чисельний масштаб дає загальну характеристику мірі зменшення і не завжди зручний для практичних цілей. Для побудови планів або визначення довжини відрізків користуються лінійним масштабом. Для його побудови викреслюють на папері пряму лінію і розбивають її на однакові відрізки, зазвичай по 2 см. Такий відрізок називають основою масштабу. Крайня ліва основа масштабу ділиться на 10 рівних частин (по 2 мм). Навпроти ділень на масштабі надписують значення відповідних відстаней на місцевості.

На рис. 2.1 зображений лінійний масштаб, побудований за чисельним масштабом 1:2000; тут основа масштабу в 2 см відповідає на місцевості в 40 м, а найменше ділення масштабу, що дорівнює 2 мм, відповідає відстані в 4 м на місцевості. Для прикладу на рис. 2.1 вказано визначення довжини декількох відрізків за допомогою лінійного масштабу. Користуються лінійним масштабом так: розчином циркуля беруть з плану довжину між двома точками і поєднують циркуль з лінійним масштабом так,

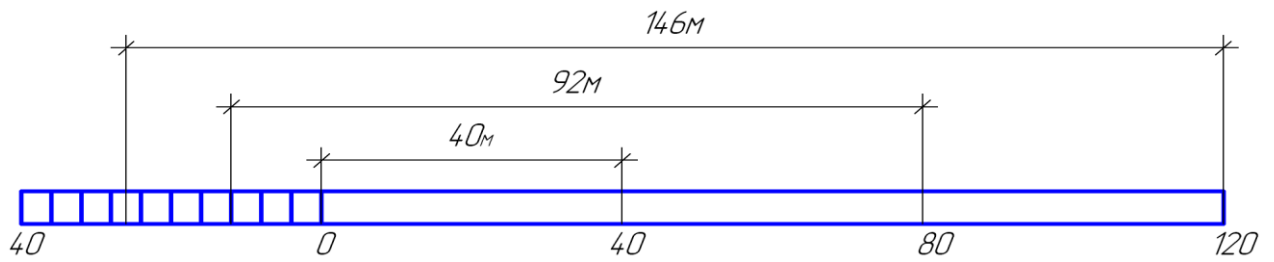


Рисунок 2.1 – Лінійний масштаб

щоб одна його ніжка стала на ціле ділення вправо від нульового, а інша могла поміститися в межах розділеної основи масштабу. Значення визначуваної довжини відлічують по масштабу. Десяті частки найдрібнішого ділення масштабу визначаються приблизно.

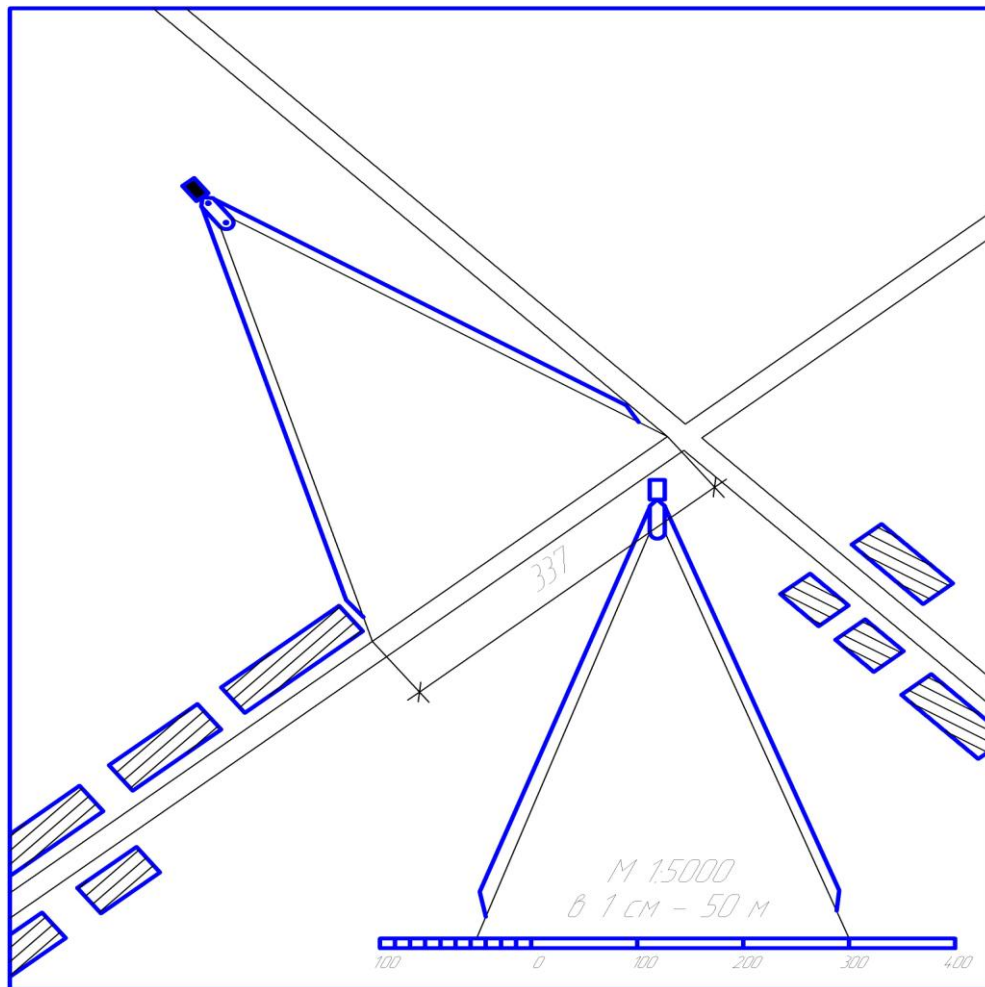


Рисунок 2.2 – Визначення відстаней по плану

При вимірі відстаней по картам, звичайно, потрібно мати на увазі, що вимірюються горизонтальні проекції ліній, а не довжини ліній по похилій поверхні. Проте при малих кутах нахилу, що переважають на рівнинних те-

риторіях, різниця в довжині похилої лінії та її горизонтальної проекції дуже мала і може не враховуватися. Наприклад, при куті нахилу 2° горизонтальна проекція коротша за саму лінію на 0,0006, а при 5° – на 0,004 її довжини. При вимірі відстаней в гірських районах дійсну відстань по похилій поверхні можна визначити за формулою:

$$S = d : \cos \alpha , \quad (2.1)$$

де d – довжина горизонтальної проекції лінії S ,
 α – кут нахилу.

Пристаюючи до побудови плану або карти, ми задаємося питанням: з якою точністю слід робити побудови на плані. При вирішенні цього питання виходять з фізіологічних особливостей нашого ока. Відомо, що око може розрізнити дві точки окремо, якщо їх видно під кутом, що дорівнює або більше ніж $60''$ (рис.2.3). Але якщо точки видно під кутом, меншим $60''$, то око сприймає їх як одну точку. Для відстані найкращого зору (25 см) дуга, що відповідає куту в $60''$, дорівнює 0,06 мм або, округлюючи, 0,1 мм. Виходячи з цього, вважають, що око може розрізнити на плані точку, якщо вона не менше 0,1 мм.

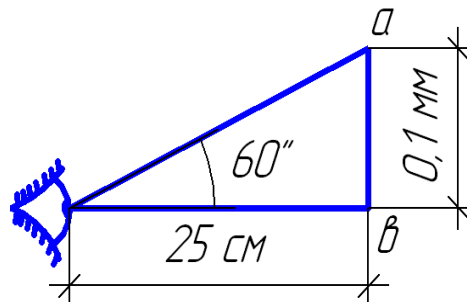


Рисунок 2.3 – Фізіологічні особливості ока

Тому граничною графічною точністю побудови точки приймають 0,1 мм (ця величина дорівнює розмірам легкого уколу голки вимірювача на папері).

Точністю масштабу карти називається число метрів місцевості, що відповідає граничній графічній точності (0,1 мм). У таблиці 1.1 наведено точність масштабів.

Таблиця 2.1 – Точність масштабів

Масштаб	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000	1:50000	1:100000
Точність	0,05м	0,01м	0,2м	0,5м	1м	5м	10м

Для того щоб забезпечити побудову плану з граничною графічною точністю, звертаються до поперечного масштабу. При побудові поперечного масштабу обирається основа масштабу (зазвичай 2 см), яка кілька разів відкладається на прямій.

Потім на кінцях основ відновлюються перпендикуляри однакової висоти (рис. 2.4). Крайня ліва основа ділиться на n рівних частин (зазвичай $n=10$), а перпендикуляри ділять на m рівних частин (зазвичай $m=10$), та через кінці відрізків проводяться лінії, що паралельні нижній прямій. В межах лівої крайньої основи проводять похилі лінії (трансверсалі), як це показано на рис. 2.4. Із подоби ΔOab , ΔOcd , ΔOef та OAB виходить, що:

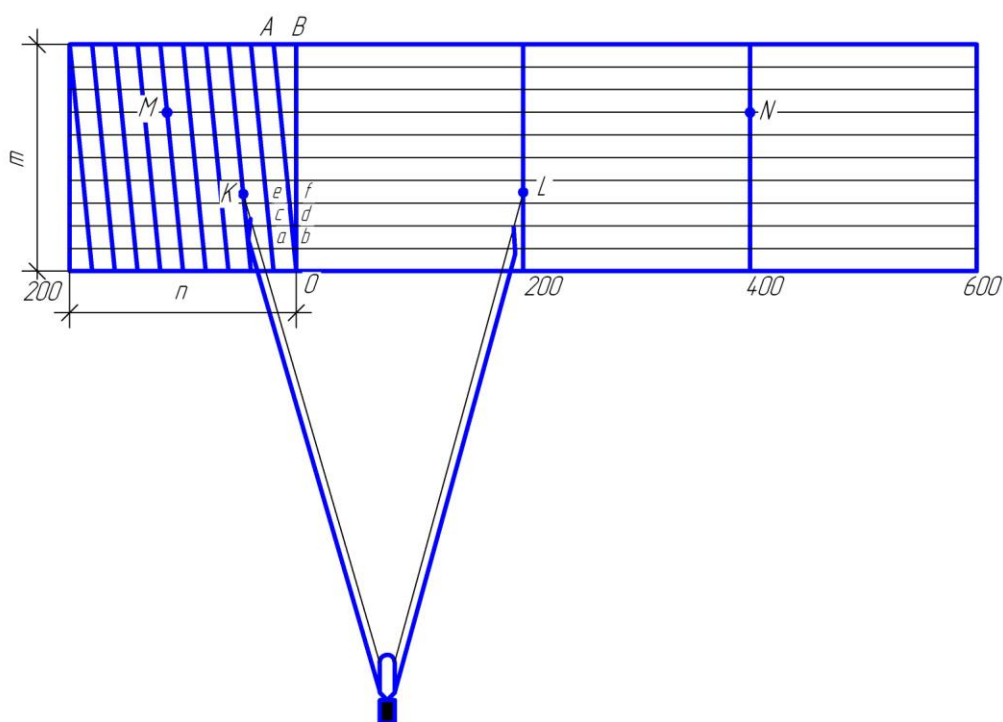


Рисунок 2.4 – Поперечний масштаб

Із подоби ΔOab , ΔOcd , ΔOef та OAB виходить, що:

$$\frac{ab}{AB} = \frac{ob}{OB} = \frac{1}{m};$$

$$\frac{cd}{AB} = \frac{od}{OB} = \frac{2}{m}; \quad (2.1)$$

$$\frac{ef}{AB} = \frac{of}{OB} = \frac{3}{m}.$$

Звідси

$$\begin{aligned} ab &= \frac{1}{m} \cdot AB; \\ cd &= \frac{2}{m} \cdot AB; \\ ef &= \frac{3}{m} \cdot AB \end{aligned} \quad (2.2)$$

і так далі.

Зважаючи, що $AB = \frac{CB}{n}$, останні формули матимуть вигляд:

$$\begin{aligned} ab &= \frac{CB}{mn}; \\ cd &= \frac{2CB}{mn}; \\ ef &= \frac{3CB}{mn} \end{aligned} \quad (2.3)$$

і так далі.

Якщо $m = n = 10$ і врахувати, що $CB = 20\text{мм}$, то отримаємо $ab = 0,2\text{мм}$, $cd = 0,4\text{мм}$, $ef = 0,6\text{мм}$ і так далі.

Масштаб, у якого основа дорівнює 2 см, а $m = n = 10$, називається нормальним сотенним масштабом. Такі масштаби гравіюються на металевих пластинках і використовуються при побудові планів і карт.

Кожна з тих ліній, що відкладаються за масштабом, складається з трьох частин: 1) кількості цілих основ, що беруться від нульової вертикальної лінії до правої ніжки циркуля; 2) кількості десятих часток основи, що беруться між трансверселями від тієї, що проходить через нуль, до лівої ніжки циркуля; 3) кількості сотих часток основи, розташованих між вертикальною та косою лініями, що виходять з нульової точки масштабу.

Користуючись поперечним циркулем, необхідно стежити за тим, щоб при відкладенні або вимірі відрізка кінці обох ніжок циркуля завжди знаходилися на одній і тій самій горизонтальній лінії масштабу.

Приклад: масштаб карти 1:10000, відкласти на поперечному масштабі довжину 247 м. У цьому масштабі виходить, що в основі (2 см) буде 200 м, в десятих частках основи (2 мм) – 20 м, в сотих частках (0,2 мм) – 2 м. Та-

ким чином, довжина 247 м складатиметься з однієї основи, двох десятих часток і трьох з половиною сотих часток основи (відрізок KL на рис. 2.4).

Приклад: масштаб плану 1:10000. Визначити довжину відрізка на місцевості.

Визначаємо, що відрізок складається з двох основ, п'яти десятих часток основи та семи сотих часток основи. Отже, довжина лінії MN буде:

$$400\text{м} + 100\text{м} + 14\text{м} = 514\text{м}.$$

3 НОМЕНКЛАТУРА КАРТ

3.1 Загальні положення

Система розподілу і позначення окремих планшетів карт називається номенклатурою. В якості вихідної основи для нумерації і розбиття границь листів карт і планів усіх масштабів є карта масштабу 1:1000000.

Для отримання карти масштабу 1:500000 лист мільйонної карти ділять на 4 частини і позначають великими літерами російського алфавіту А, Б, В, Г. Лист масштабу 1:500000 позначається номенклатурою мільйонного листа з додаванням через тире відповідної букви, наприклад, N-37-B. Розміри отриманих трапецій 2° по широті і 3° по довготі.

Лист карти масштабу 1:200000 отримують діленням мільйонної карти на 36 частин, які позначають римськими цифрами від I до XXXVI. Номенклатура листа масштабу 1:200000 складається з номенклатури листа мільйонної карти, до якої приписують відповідну даному листу масштабу 1:200000 римську цифру, наприклад, N-37-XXI. Розміри території по широті 40', по довготі 1°.

Лист карти масштабу 1:1000000 ділиться по довготі і широті на 12 частин, утворюючи таким чином 144 листа масштабу 1:100000. Номенклатура листа карти М 1:100000 складається з номенклатури листа 1:1000000, до якої приписують справа число, що означає номер листа 1:100000, наприклад, N-37-15. Розмір планшета по довготі 30', по широті 20'. Лист карти масштабу 1:100000 є основою для розграфки та номенклатури листів карт більших масштабів.

Трапеції карт масштабів більше 1:100000 отримують шляхом ділення території, яка охоплюється листом попереднього (більш дрібного) масштабу на 4 частини (рис. 3.3). Таким чином, щоб отримати трапецію масштабу 1:50000, територію, зображену на стотисячній карті, ділять середньою паралеллю і середнім меридіаном на 4 частини і кожну частину позначають однією з літер А, Б, В, Г. Розміри такої трапеції 10' по широті та 15' по довготі. Номенклатура карти масштабу 1:50000 буде складатися з номенклатури карти стотисячної з додаванням літери, наприклад, N-37-15-B.

Аналогічно отримують листи карти масштабу 1:25000, виходячи з трапеції п'ятидесятитисячного масштабу. Територію листа карти М 1:50000 ділять на чотири частини і кожну частину позначають літерами російського алфавіту а, б, в, г. Розмір трапеції по широті 5' і 7' 30" по довготі. Позначення листа карти М 1:25000 складається з номенклатури п'ятидесятитисячного масштабу і відповідної літери. Наприклад, N-37-15-B-a.

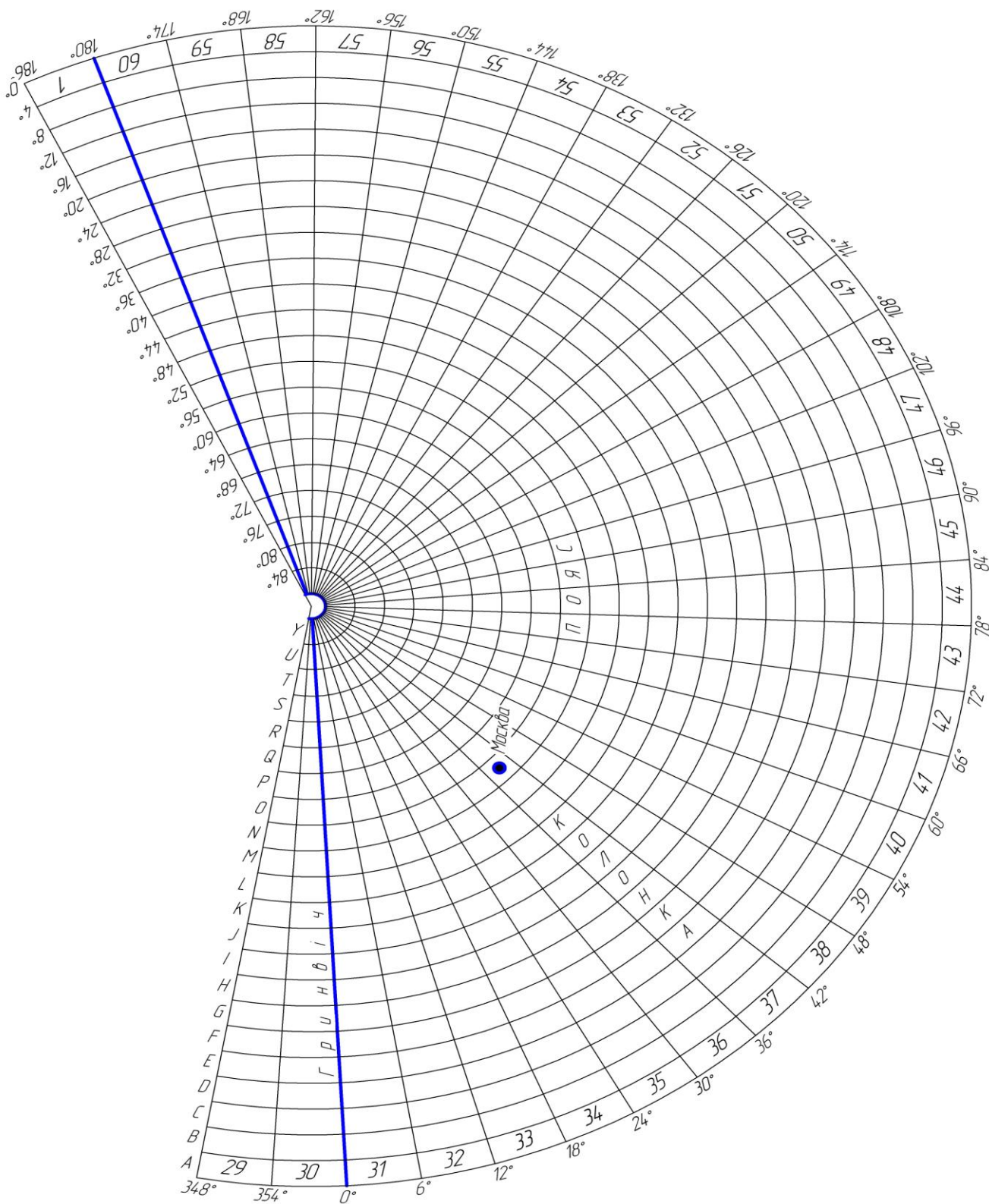


Рисунок 3.1 – Схема ділення карт

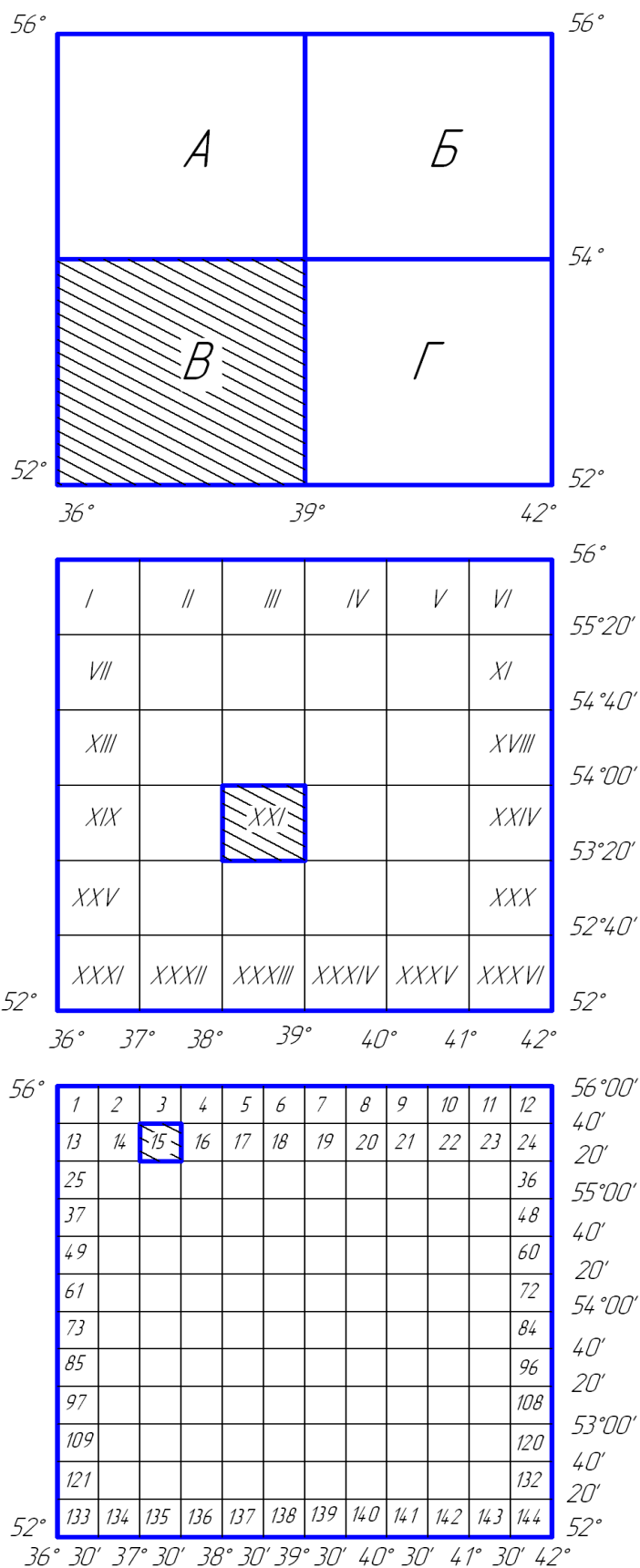
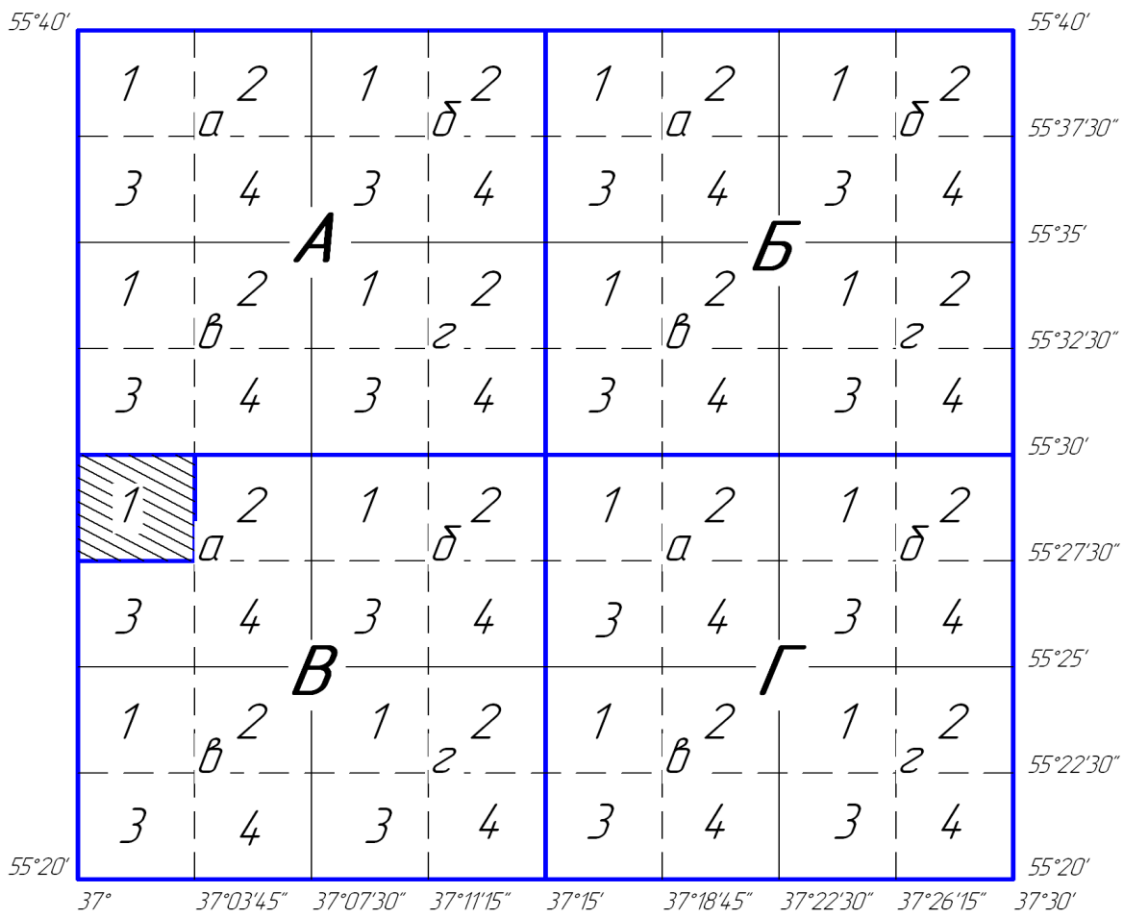
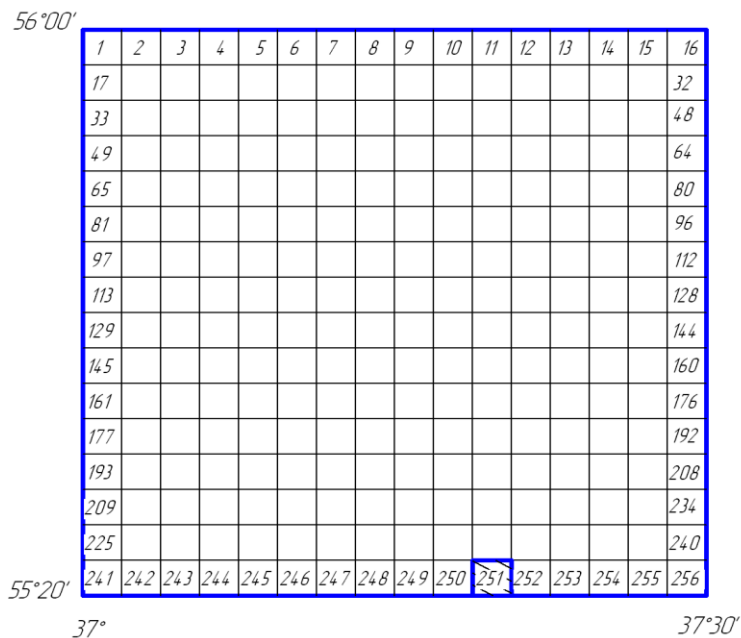


Рисунок 3.2 – Схема ділення карт

N-37-15



N-37-15



N-37-15-(251)

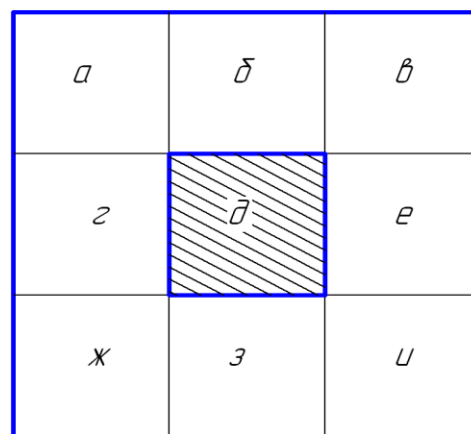


Рисунок 3.3 – Схема ділення карт

Трапеції листів десятитисячної карти отримують шляхом ділення трапеції двадцятип'ятитисячної карти на 4 частини. Розміри такої частини 2' 30" по широті та 3' 45" по довготі. Позначивши нову трапецію однією з цифр 1, 2, 3, 4, додають відповідну цифру до листа двадцятитисячного листа. Наприклад, N-37-15-B-a-1. Для топографічних карт М 1:5000 кожен лист стотисячної карти ділять меридіанами і паралелями на 256 частин, позначаючи числами від 1 до 256. Розміри трапеції по довготі 1'52,5" і 1'15" по широті. Номенклатура п'ятитисячної карти записується так: N-37-15-(251). Для отримання листа карти М 1:2000 трапецію п'ятитисячної карти ділять на 9 частин і позначають літерами російського алфавіту а, б, в, г, д, е, ж, з, и. Номенклатура двохтисячної трапеції буде N-37-15-(251-д). Розмір трапеції по широті 25", по довготі 37,5".

4 ЗАДАЧІ, ЩО ВИРІШУЮТЬСЯ НА ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНАХ І КАРТАХ

4.1 Склад топографічних планів і карт

Перш ніж приступити до вирішення завдань на топографічній карті, необхідно розібратися в оцифруванні листа карти, а також вивчити рельєф ділянки місцевості, зображеного на карті.

Зображення на топографічних картах обмежено відрізками паралелей та меридіанів, які утворюють основну внутрішню рамку листа карти. Широти північної та південної рамок, як і довготи західної та східної рамок, підписуються по чотирьох кутах листа карти (рис. 4.3).

На деякій відстані від внутрішньої рамки проведено дві лінії, поділені на відрізки, що відповідають одній хвилині широти – на західній і східній рамках, і хвилині довготи – на північній та південній рамках. Це так звана хвилинна рамка. Уздовж неї іде зовнішня рамка, що відокремлює саму карту від елементів оснащення карти, поміщених на полях листа.

Графік взаємного розташування істинного, магнітного та осьового меридіанів дозволяє визначити істинний азимут, якщо дирекційний кут визначається аналітично, а також перевизначити магнітні азимути в істинні і навпаки.

Різні ділянки рельєфу фізичної земної поверхні мають різноманітні форми. Сукупність просторових форм земної поверхні називається рельєфом, який є одним з найважливіших елементів географічного середовища.

Для показу рельєфу на картах застосовують спосіб горизонталей. Горизонталь – це складна крива лінія, що з'єднує точки земної поверхні з однаковими відмітками (висотами). Обриси горизонталей обумовлено формами рельєфу, а кількість на карті (або ділянці карти) – відносною висотою точок місцевості. Абсолютні висоти окремих горизонталей підписуються в спеціальних розривах горизонталей (рис. 4.1). При цьому верх цифр обов'язково розташовано у бік підвищення скату. На картах товщає кожна п'ята горизонталь. Висота такої горизонталі дорівнює п'яти висотам перетину даної карти.

На пологих схилах іноді розташовані підвищення, западини, уступи, які при заданій висоті перерізу не відіб'ються на карті (рис. 4.1). В цих випадках вводять додаткові горизонталі і на плані їх показують пунктиром з довжиною штриха 5 мм – напівгоризонталі.

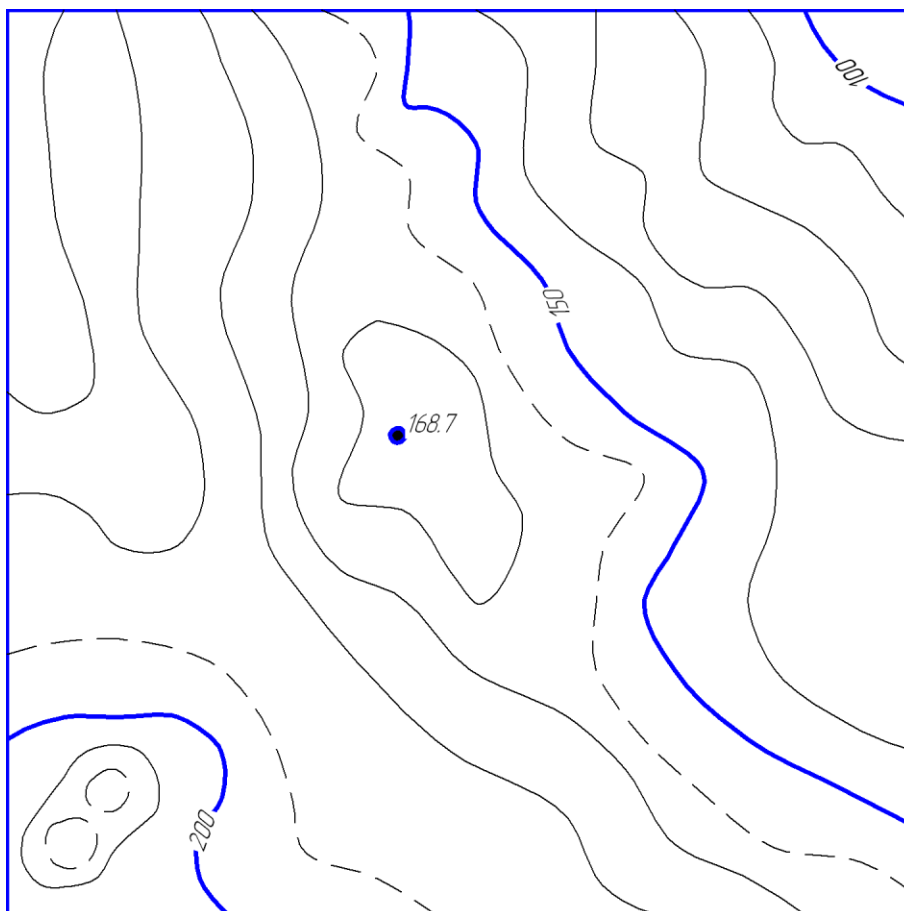


Рисунок 4.1 – Відображення горизонталей

Якщо і їх недостатньо – проводять чверть – горизонталі також пунктиром з довжиною штриху 2 мм.

Щоб розрізнити однаково зображену гору та улоговину, хребет і лощину, на деяких горизонталях ставлять короткі штрихи, спрямовані вільним кінцем у бік пониження скату і названі бергштрихами. Графічне зображення рельєфу показано на рис. 4.2.

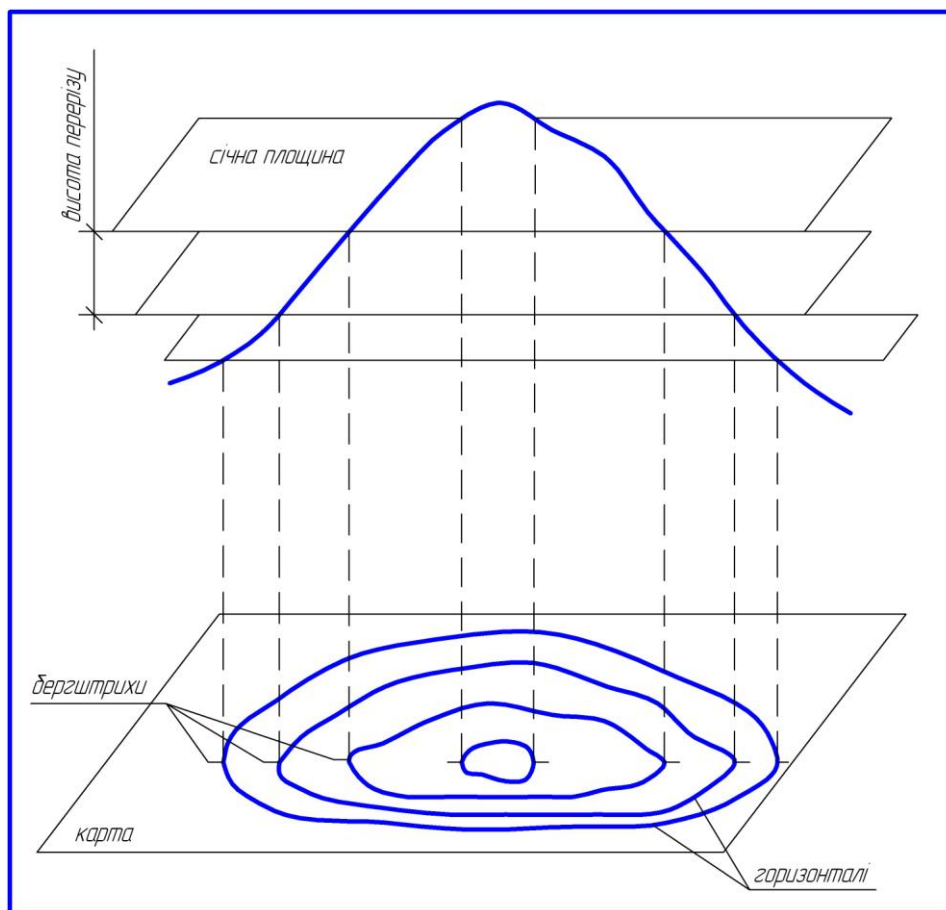


Рисунок 4.2 – Графічне зображення рельєфу

Для характеристики рельєфу велике значення мають дані про висоти вершин, западин, рівнів води річок, озер, морів. Ці точки показують на карті, поруч підписують їх абсолютну висоту в метрах.

Таким чином, зображення рельєфу в горизонталях дозволяє розпізнати по карті форми рельєфу, отримати його кількісну характеристику. Зі зменшенням масштабу карти зменшується подробиця зображення рельєфу, рисунок горизонталей більш узагальнюється.

4.2 Завдання, які вирішуються на топографічних планах і картах

Залежно від розмірів інженерної споруди, його призначення та інших факторів можуть виникнути наступні завдання, які можна вирішити за наявності топографічної карти:

1. Визначити географічні координати λ і φ будь-якої точки земної поверхні, що є на карті.
2. Визначити прямокутні координати X і Y також будь-якої точки земної поверхні, що є на карті.
3. Знаючи масштаб карти, визначити довжину лінії між двома точками.

4. Визначити дирекційний кут і істинний азимут лінії.
5. Визначити висоту перерізу рельєфу даного листа топографічної карти.
6. Визначити абсолютну відмітку будь-якої точки на карті.
7. Визначити перевищення двох точок на карті.
8. Визначити кут нахилу лінії на місцевості.
9. Побудувати лінію заданого ухилу.
10. Провести лінії найбільшого ухилу.
11. Побудувати профіль по лінії заданого напрямку.
12. Визначити довжину траси і розбити пікетаж на первісному відрізку траси.
13. Орієнтування траси.
14. Визначити довжину річки та ухил яру.
15. Визначити площу водозбору.
16. Визначити взаємну видимість точок.
17. Визначити поля невидимості.

4.2.1 Визначити географічні координати точки А – широту φ_A і довготу λ_A

Для визначення координат точки А на карті проводять найближчу до точки з півдня паралель і найближчий з заходу меридіан, з'єднавши прямою однакові хвилинні ділення на північній та південній рамках (меридіан) і західній та східній рамках (паралель).

Такими лініями для точки А (рис. 4.3) будуть паралель з широтою $54^\circ 41'$ і меридіан з довготою $18^\circ 00'$. Широта точки А буде складатися з широти цієї паралелі і приросту широти точки А відносно цієї паралелі. Аналогічно довгота точки дорівнюватиме сумі довготи найближчого з заходу до точки меридіана та приросту довготи.

Прирости географічних координат визначають методом інтерполяції. За пропорціями обчислюють частки хвилини, які відповідають відріzkам $\Delta\varphi$ і $\Delta\lambda$. Отримані прирости координат підсумовують з координатами допоміжних паралелі та меридіана і отримують географічні координати заданої точки А.

$$\varphi = 54^\circ 41'00'' + 35'' = 54^\circ 41'35''$$

$$\lambda = 18^\circ 00'00'' + 50'' = 18^\circ 00'50''$$

Приріст координат ΔX і ΔY виміряємо за допомогою циркуля та лінійного масштабу карти, підсумовуємо з координатами кілометрових ліній. Звідси:

$$X_B = 6068,000 + 570 = 6068570 \text{ м};$$

$$Y_B = 4309,000 + 430 = 4309430 \text{ м}.$$

4.2.3 Визначити довжину лінії АВ (графічно)

Користуючись вимірювачем і поперечним масштабом, визначаємо довжину лінії АВ. На рисунку 4.3

$$L_{A-B} = 637 \text{ м}.$$

4.2.4 Визначити дирекційний кут і істинний азимут лінії

Дирекційний кут (α), істинний азимут A_i можна визначити графічно (рис. 4.3) по карті. Для вимірювання по карті істинного азимуту лінії MN через точку M провести лінію CD // внутрішній рамці трапеції (або хвилинній рамці) і за допомогою транспортира виміряти азимут від північного кінця істинного меридіана по ходу годинникової стрілки до заданого напрямку. Для переходу від дирекційного кута до істинного азимуту і навпаки служить формула $A_i = \alpha + \gamma$, де γ - зближення меридіанів. Величина зближення меридіанів γ вказується в позарамковому оформленні карти.

Так, для лінії MN (рис. 4.3)

$$\alpha = 55^\circ 00'; \quad A_i = 53^\circ 20'.$$

4.2.5 Визначити висоту перерізу рельєфу

Знаючи, що різниця висот двох сусідніх горизонталей називається висотою перерізу рельєфу, легко знаходимо його. На рис. 4.4 висота перерізу дорівнює 10 м.

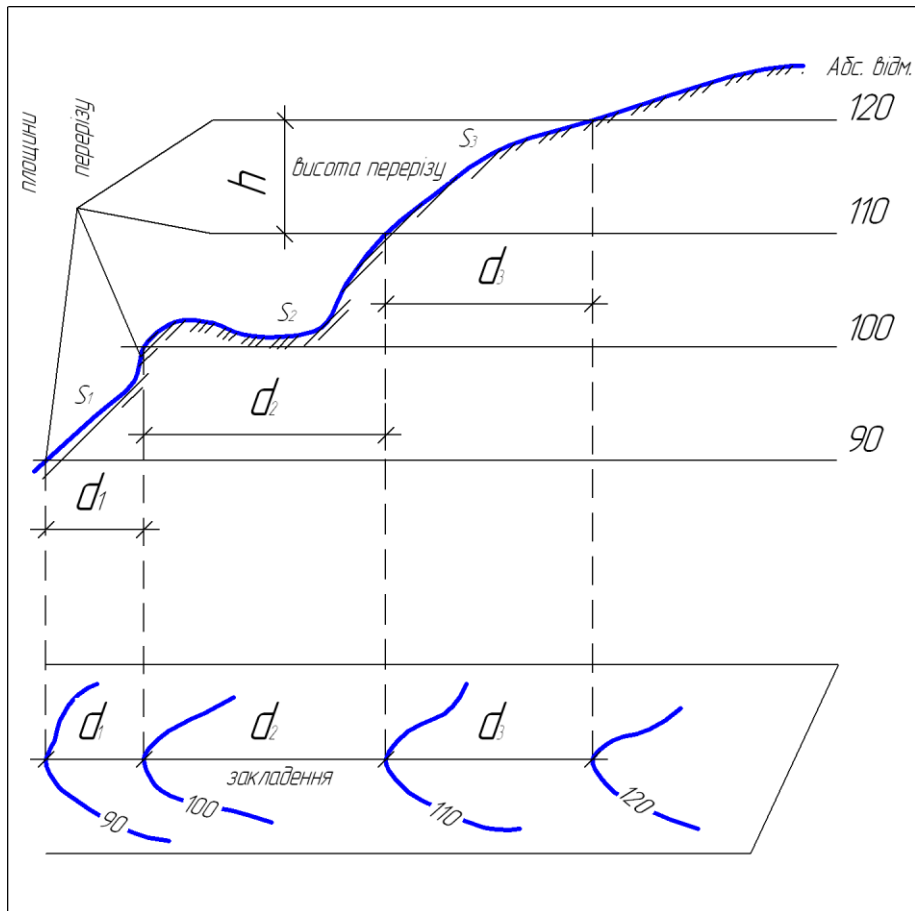


Рисунок 4.4 – Визначення висоти перерізу рельєфу

4.2.6 Визначити абсолютну відмітку точок А і В на карті (рис. 4.5)

Точка А знаходиться на горизонталі, отже, її абсолютна відмітка буде дорівнювати відмітці горизонталі, тобто $H_A = 106$ м.

Точка В знаходиться між горизонталями з різними відмітками. Переріз рельєфу 2 м. Висота точки, очевидно, буде більше 104 м, але менше 106 м. Завдання зводиться до визначення різниці висот точки А і горизонталі, що проходить нижче цієї точки. Позначимо її Δh , тоді $H_B = H_{\text{ниж. гориз.}} + \Delta h$. Перевищення Δh можна визначити, вимірявши на карті закладання d між найближчими до точки горизонталями і відстань від точки В до горизонталі 106 м. Ці величини пов'язано пропорцією

$$\left\{ \frac{h - d}{\Delta h - d_1}, \right. \quad (4.2)$$

звідки

$$\Delta h = \frac{h \cdot d_1}{d} \quad (4.3)$$

Отримане перевищення сумують з висотою 106 м. У нашому випадку (рис. 4.5) $h = 0,7$ м, $d = 20$ мм, $d_1 = 7$ мм, звідки $\Delta h = 0,7$ м і $H_B = 104,7$ м.

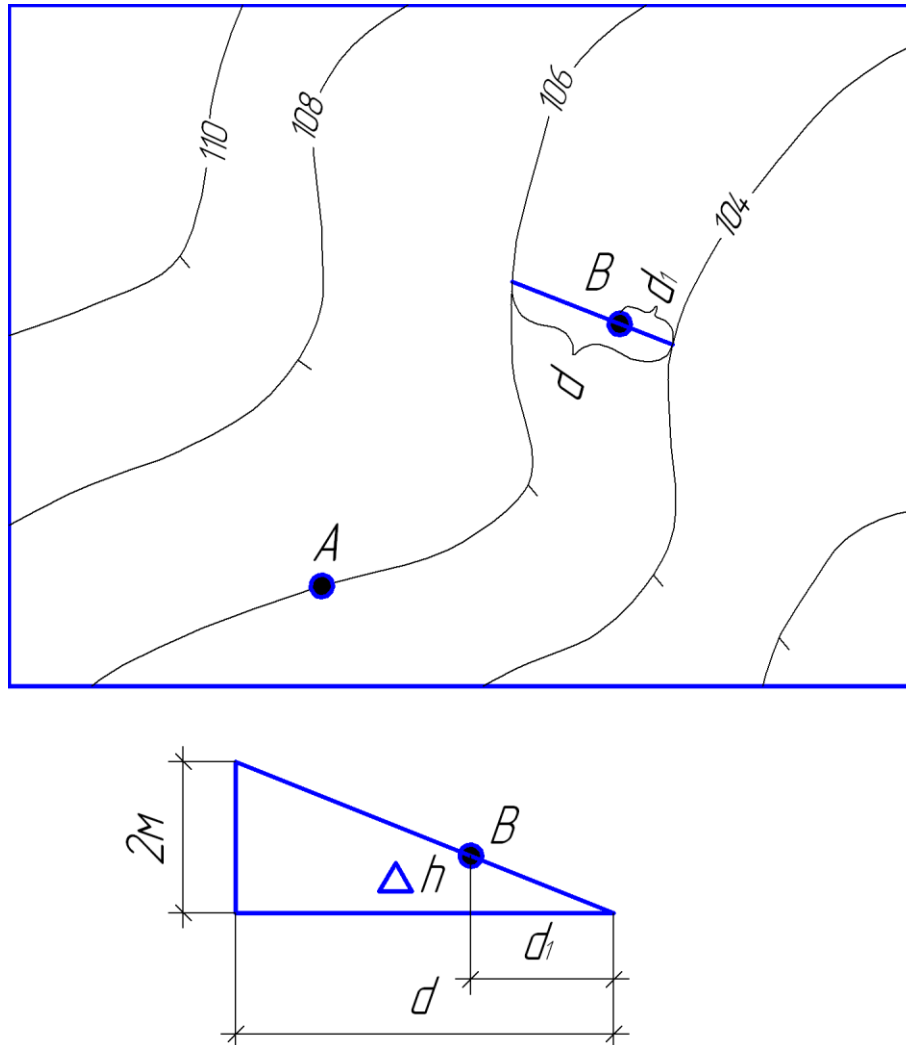


Рисунок 4.5 – Схема до визначення абсолютної відмітки

4.2.7 Визначення перевищення двох точок на карті

Для визначення перевищення двох точок на карті необхідно знати їх абсолютні висоти, а потім за різницею визначити перевищення. Наприклад, точка А має абсолютну відмітку 106 м, а точка В – 104,7 м. Перевищення між ними становить 1,3 м.

4.2.8 Визначити кут нахилу лінії на місцевості

З рис. 4.6 видно, що

$$\operatorname{tg} v = \frac{h}{d}, \quad (4.4)$$

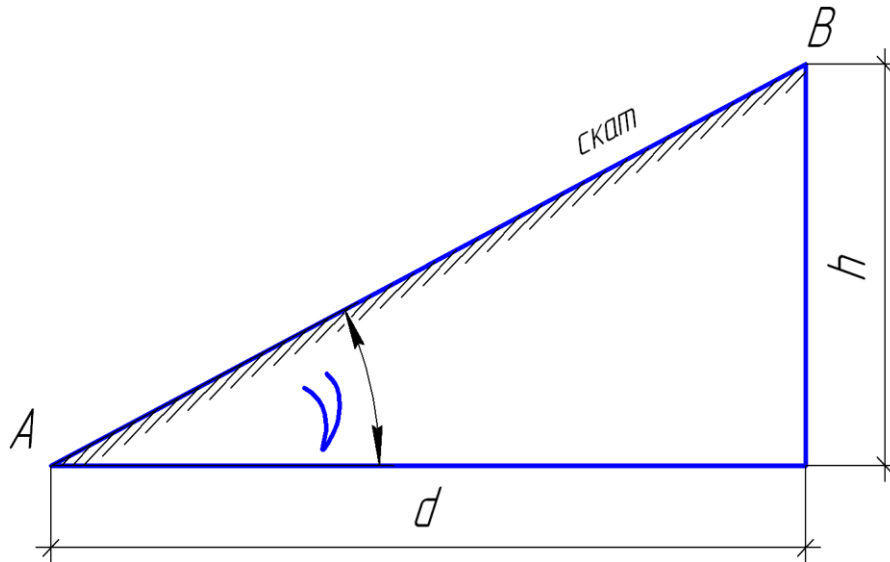


Рисунок 4.6 – Схема до визначення кута нахилу

де v – кут нахилу лінії АВ, що називається скатом;

h – перевищення точки А над точкою В.

$\operatorname{tg} v$ прийнято позначати через i – це ухил прямої АВ. Отже, ухилом прямої називається відношення перевищення h до закладання d , яке визначається за масштабом плану або карти. За формулою (4.4) можна визначити кут нахилу лінії, а за формулою $i = \frac{h}{d}$ – ухил як перевищення, що припадає на одиницю довжини, виражаючи його у тисячних частках одиниці довжини або у відсотках.

Для вимірювання кутів нахилу можна користуватися шкалою закладань (рис. 4.7), яка поміщається на карті. На горизонтальній вісі шкали підписано кути нахилу, а по вертикалі відкладено відповідні цим кутам закладання при даній висоті перерізу і масштабі. Кінці перпендикулярів з'єднано плавною кривою.

Кут нахилу вимірюють так: у заданому напрямку беруть циркулем закладання між точками А і В. Вимірювач прикладають до шкали закладань так, щоб відрізок АВ співпав із закладанням на шкалі. Тоді на горизонтальній вісі читають кут нахилу, який відповідає закладанню АВ. У нашому випадку це $1^{\circ}20'$. Можна побудувати графік закладань, відкладаючи на горизонтальній вісі не кути нахилу, а ухили в тисячних.

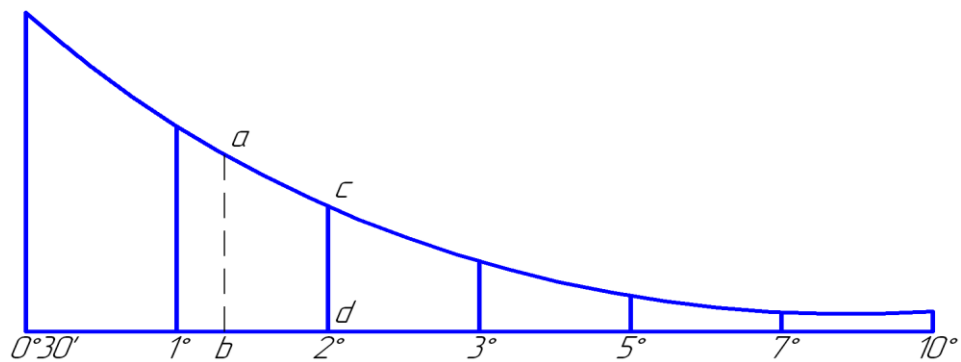
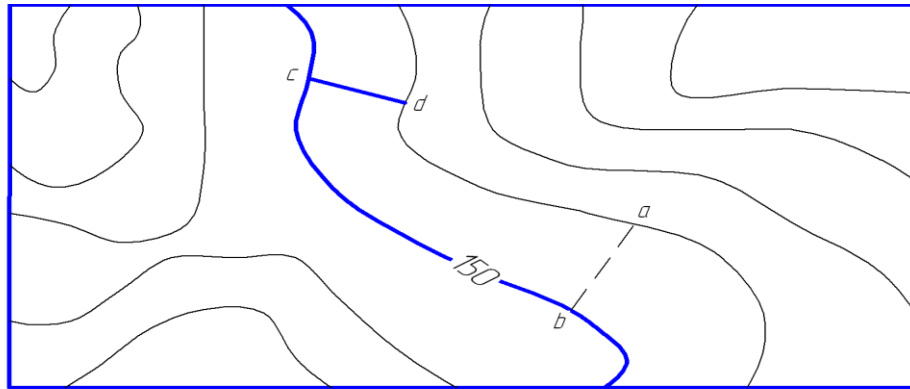


Рисунок 4.7 – Визначення кутів нахилу за шкалою закладань

4.2.9 Побудувати між точками М і N лінію заданого ухилу $i = 0,030$ (рис. 4.8)

Підставивши у формулу $d = \frac{h}{i}$ замість h висоту перерізу для даної карти (у нашому випадку 5м), а замість ухилу $i = 0,030$, отримаємо найкоротшу відстань між горизонталями, яка і буде відповідати ухилу $i = 0,030$.

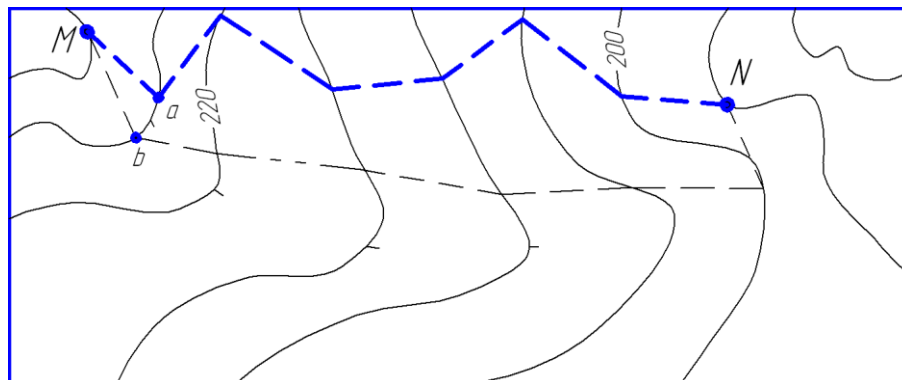


Рисунок 4.8 – Проведення лінії найбільшого ухилу

Взявши циркулем у масштабі карти відстань $d = 167$ м, засікаємо цим

радіусом з точки M наступну горизонталь у точках a і b . З цих точок тим же радіусом засікаємо наступну горизонталь і т.п. Отже, отримуємо два варіанта вирішення завдання, з яких обираємо найбільш прийнятний.

4.2.10 Проведення лінії найбільшого ухилу.

Нехай таку лінію потрібно провести з точки L (рис. 4.9)

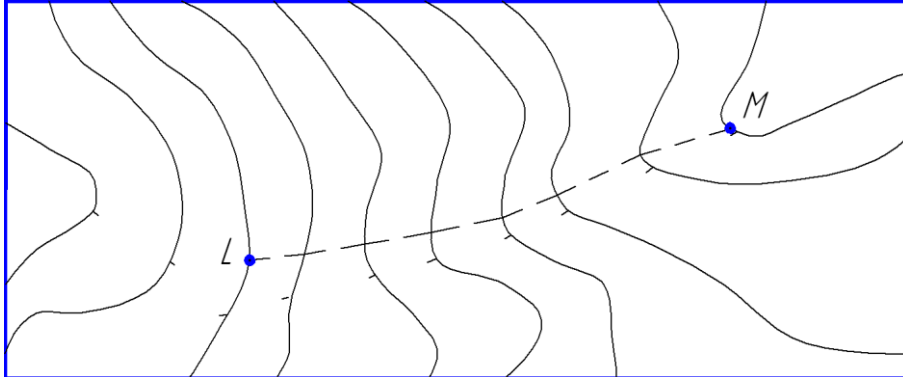


Рисунок 4.9 – Проведення лінії найбільшого ухилу

У формулі $i = \frac{h}{d}$ при постійному h (перерізі рельєфа) ухил буде найбільшим, якщо закладення d , що виходить з точки L , найкоротше. По лінії найбільшого ухилу стікає вода на скатах. З цієї ж лінії визначають крутизну скату.

4.2.11 Визначити довжину траси і розбити пікетаж

Довжина траси вимірюється на карті за допомогою циркуля-вимірника і лінійного або поперечного масштабу з точністю, яка відповідає даному масштабу карти.

При технічному нівелюванні траси, а також і при проектуванні траси на карті її попередньо розбивають на ділянки рівної довжини 100 м. Кінцеві точки таких ділянок називають пікетами. Початок траси - ПК -0. (рис. 2.10)

На карті пікетаж розбивають за допомогою циркуля-вимірника, відкладаючи відстань 100 м у масштабі карти, починаючи з ПК-0. Контроль розбивки: пікетажне положення 1-го кута повороту траси.

Приклад: Довжина відрізка $AB = 1390$ м, $BC = 1606$ м, $CD = 1446$ м. Загальна довжина траси $S = \sum(AB + BC + CD)$.

$$S = 4442 \text{ м} = 4 \text{ км } 442 \text{ м}$$

Пікетажне положення 1-го кута повороту траси:

$$\frac{S_{AB}}{100} = \frac{1390}{100} = \hat{E} 13 + 90i .$$

Пікетаж наносимо на карту олівцем.

4.2.12 Орієнтування траси

- Визначення кутів повороту траси

Кут повороту траси – кут, утворений продовженням первинного напрямку траси та її новим напрямком.

Кути повороту траси на карті вимірюються транспортиром наступним чином: поєднують центр транспортира з вершиною кута і виконують відліки по обох сторонах кута. Різниця відліків дасть значення кута повороту.

Вимірювання повторюють 2-3 рази, зміщуючи транспортир зі сторін кута. Розбіжність між вимірами не повинна перевищувати 15' (при напівградусних діленнях транспортира).

Остаточне значення вимірюваного кута – середнє з 2-3 вимірюваннями.

Крім того, визначають праві та ліві кути по відношенню до напрямку траси.

Приклад:

$$BK\text{№}1 - \beta_{np} = 80^{\circ}30' ; BK\text{№}2 - \beta_{np} = 22^{\circ}15' .$$

- Визначення дирекційного кута і румба початкового напрямку траси

Дирекційний кут сторони на карті – кут між північним напрямком вертикальної лінії сітки і напрямком лінії. Вимірюється транспортиром (так само, як вимірюється кут повороту траси від північного напрямку сітки по ходу годинникової стрілки).

Вимірюємо румб цієї ж лінії, як гострий кут між найближчим кінцем вертикальної лінії сітки і напрямком траси. Контроль вимірювань – визначений румб через відомий дирекційний кут.

Визначивши дирекційний кут початкового напрямку траси і знаючи кути повороту траси, визначаємо дирекційні кути наступних відрізків напрямку траси за формулами:

$$\alpha_i = \alpha_{n-1} + \beta_{i\delta} ; \quad (4.5)$$

$$\alpha_i = \alpha_{n-1} - \beta_{i\delta} .$$

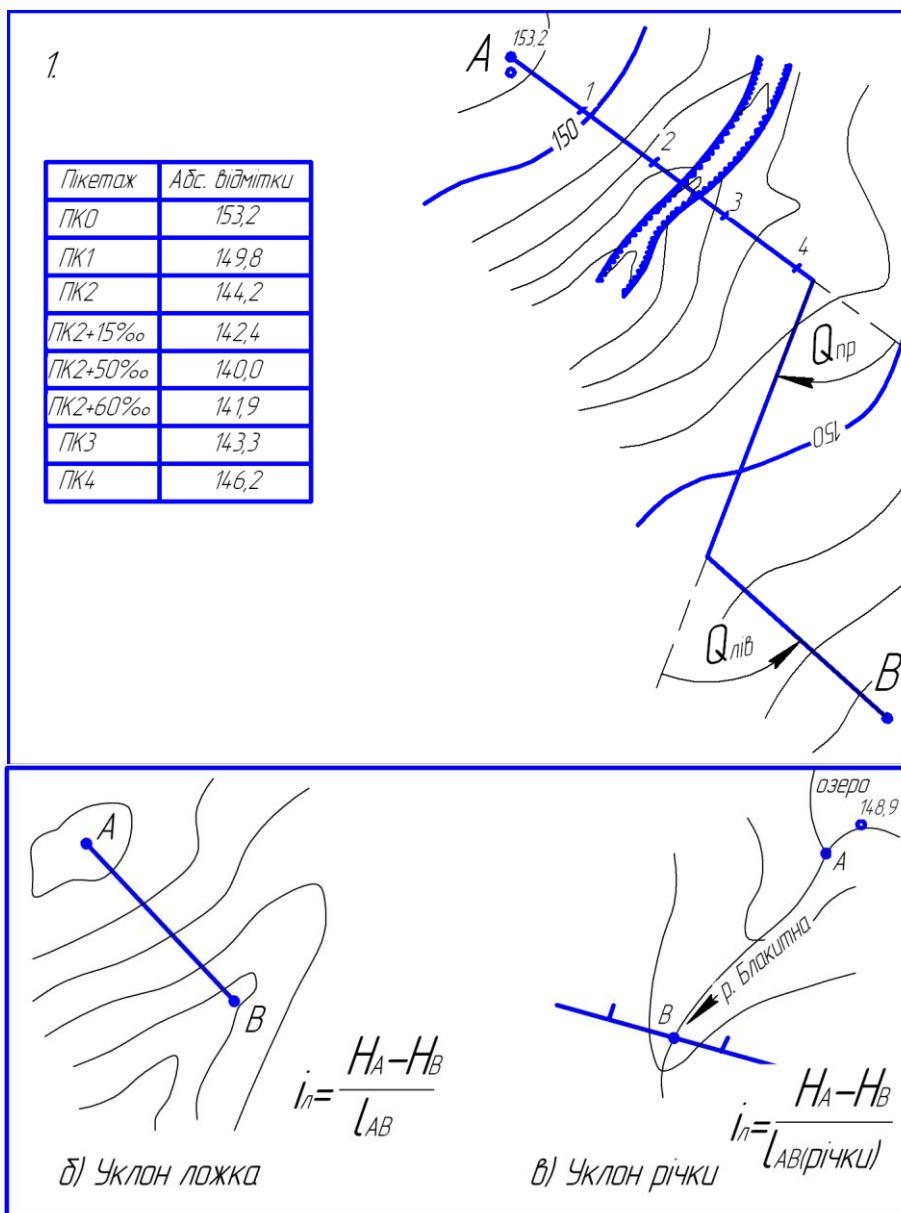


Рисунок 4.10 – Орієнтування траси

1 - визначення кутів повороту траси, розбивка пікетажу, 2 - ухил яру,
3 - ухил ріки

Контроль обчислень:

Приклад: $\alpha_{\hat{A}\hat{A}} = 107^\circ 00'$, $r_{AB} = 73^\circ \ddot{A}\ddot{N}\ddot{o}$;

$$\alpha_{\hat{A}\hat{N}} = 107^\circ 00' + 80^\circ 30' = 187^\circ 30' ;$$

$$\alpha_{\hat{N}\hat{D}} = 187^\circ 00' + 22^\circ 15' = 209^\circ 45' .$$

Контроль: $209^{\circ}45' - 107^{\circ}00' = 80^{\circ}30' + 22^{\circ}15'$;

$$102^{\circ}45' = 102^{\circ}45' .$$

4.2.13 Визначення довжини, ухилу річки і ухилу яру

Довжина ріки вимірюється курвіметром від витoku до точки перетину з трасою. Ухил яру визначається за різницею між відмітками вододілу і дна яру біля точки перетину річки з трасою, поділеній на відстань між цими точками.

Ухил річки визначається за різницею відміток річки витoku і в точці перетину з трасою (рис. 4.10).

4.2.14 Побудувати профіль по лінії АВ (рис. 4.11)

Вирішення цього завдання широко застосовується при різноманітних дослідженнях географічних особливостей території. Профіль показує розріз місцевості вертикальною площиною. Він дає наочне уявлення про будову рельєфу земної поверхні досліджуваної ділянки. Побудову профілю проводять в такій послідовності: на аркуші проводимо пряму лінію *ав* і на ній відкладаємо відстані 1-2, 2-3,..., які дорівнюють відповідним відстаням між горизонталями, що визначаються за напрямком АВ. В отриманих точках прямої *ав* відновлюємо перпендикуляри, на яких в обраному вертикальному масштабі відкладаємо висоти точок 1, 2,... . З'єднавши кінці перпендикулярів прямими, отримуємо профіль місцевості за напрямком АВ. Для побудови профілю вертикальний масштаб приймають більше горизонтального в 10 разів.

4.2.15 Визначити площу водозбору (рис.4.12)

Водозбірна площа – це ділянка, з якої води атмосферних опадів збираються в даний водотік. Перш за все треба уважно вивчити рельєф поблизу заданої точки водотоку. Потім олівцем намітити межу водозбору. Скопіювавши на кальку рельєф водозбору, накладаємо його на міліметровку і визначаємо площу водозбору спочатку в см², а потім переводимо в км².

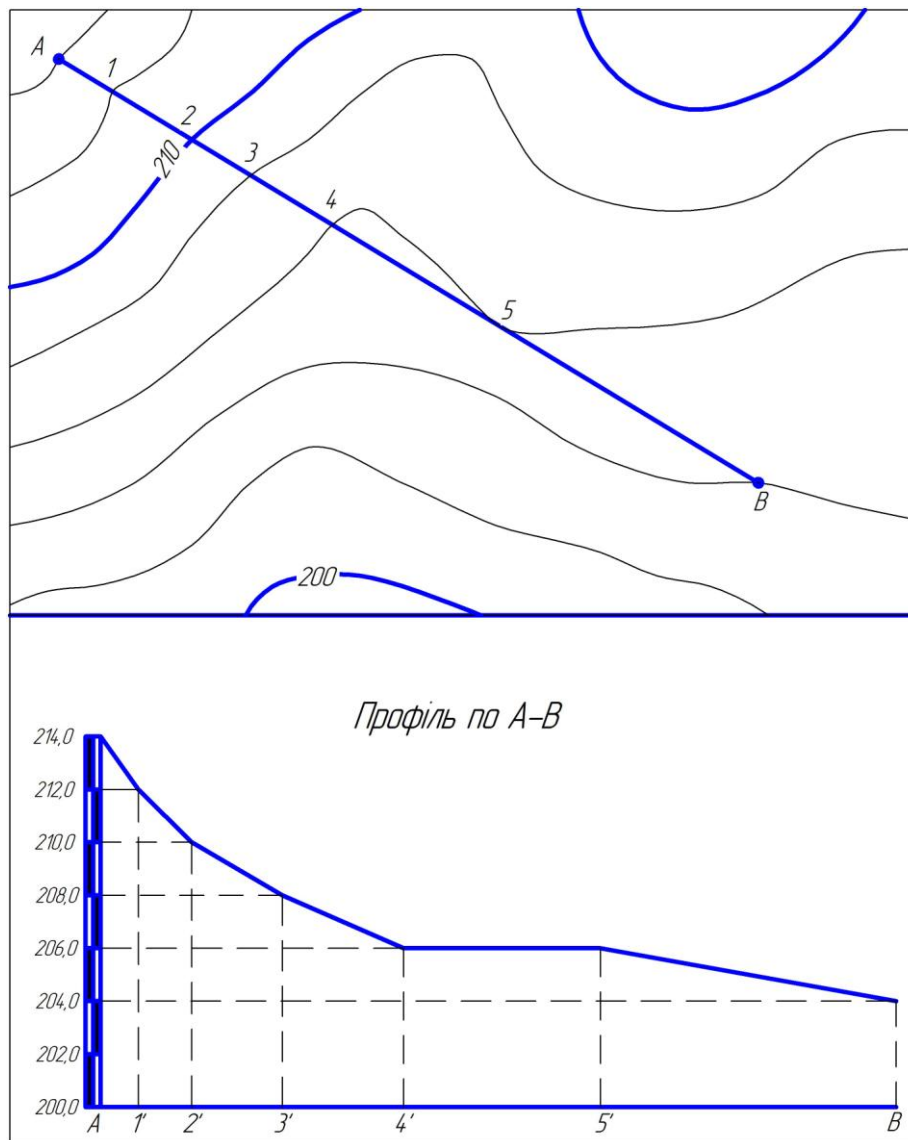


Рисунок 4.11 – Побудова профілю за лінією АВ

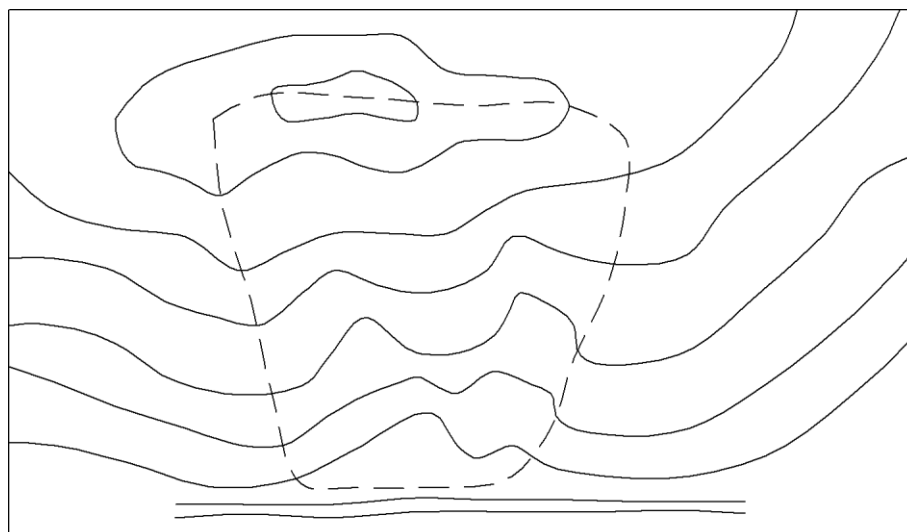


Рисунок 4.12 – Площа водозбору

4.2.16 Визначення взаємної видимості точок А і В (рис. 4.13)

Для цього на карту наносимо точки А і В та з'єднуємо їх прямою. Будуємо скорочений профіль для лінії АВ. Якщо на такому профілі з'єднати точки А і В прямою і вона не перетне лінію профілю, то між точками А і В існує видимість.

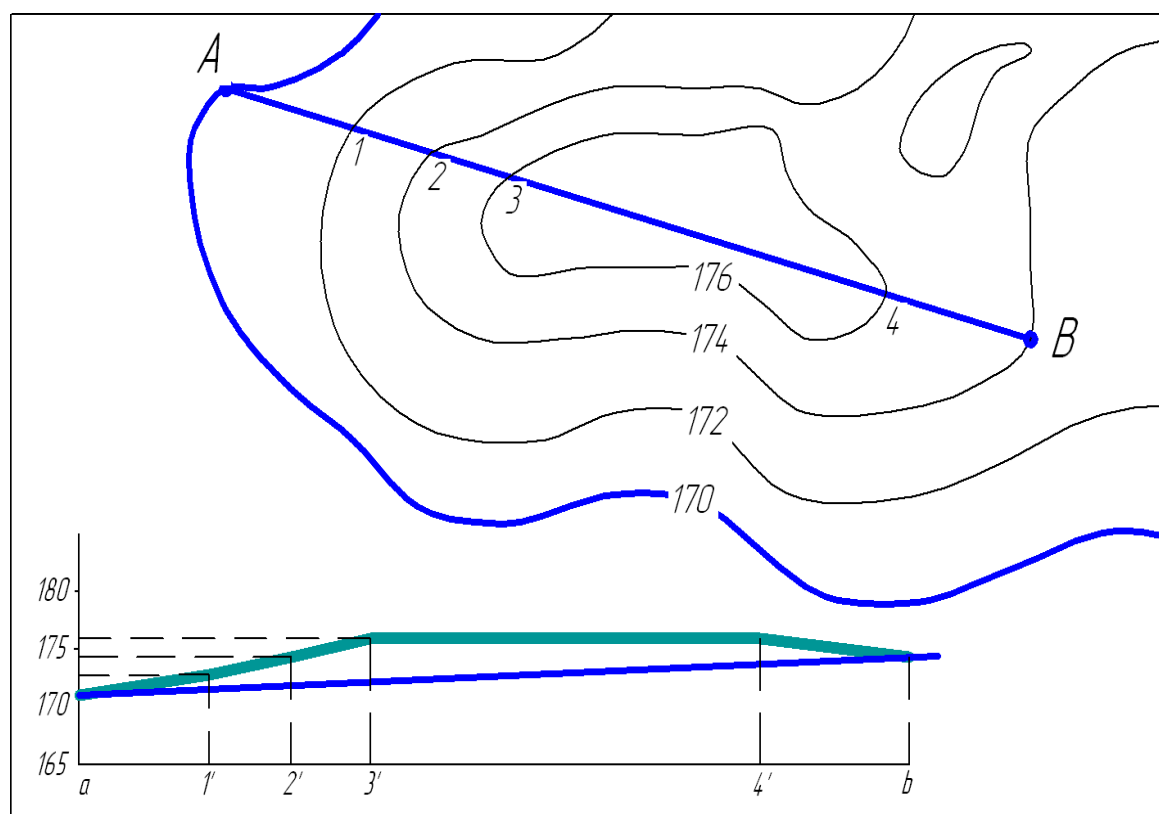


Рисунок 4.13 – Взаємна видимість точок А і В

4.2.17 Визначити поля невидимості

Для цього з заданої точки у напрямку можливих перешкод проводимо лінії. По цих лініях будуємо профілі. З даної точки на кожному профілі креслять пряму, дотичну у верхній частині перешкоди, продовжену до зустрічі з кривою лінією профілю. Дотична відсіче на профілі невидимі ділянки. Ці ділянки переносимо на карту. Межі невидимих зон з'єднуємо і отримуємо на карті зображення полів невидимості.

5.1 Рельєф. Основні поняття

Рельєф земної поверхні – це сукупність нерівностей, яка складається з додатних (опуклих) і від'ємних (увігнутих) форм. Рельєф утворюється в результаті тривалого впливу на земну поверхню як внутрішніх, так і зовнішніх процесів, має неповторну різноманітність форм, на відміну від інших елементів місцевості, зображуваних на планах і картах умовними знаками, тому для його зображення потрібні особливі способи.

Існує декілька способів зображення рельєфу місцевості. На топографічних картах і планах рельєф зображається горизонталями, що дозволяє визначати види нерівностей земної поверхні, їх взаємне положення і зв'язки, а також виробляти виміри відносних перевищень, крутості і протяжності скатів.

Оскільки рельєф значних площ на земній поверхні має неповторну різноманітність, то її математичний опис для будь-якої точки поверхні дуже складний і часто неможливий. Для підвищення надійності математичного опису поверхні окремих ділянок і спрощення використовуваного математичного апарату значні за площею поверхні розбивають на дрібні та більш прості до тих пір, поки поверхня не буде представлена у вигляді сукупності площин (у простішому випадку) або інших досить простих у математичному описі поверхонь (рис. 5.1).

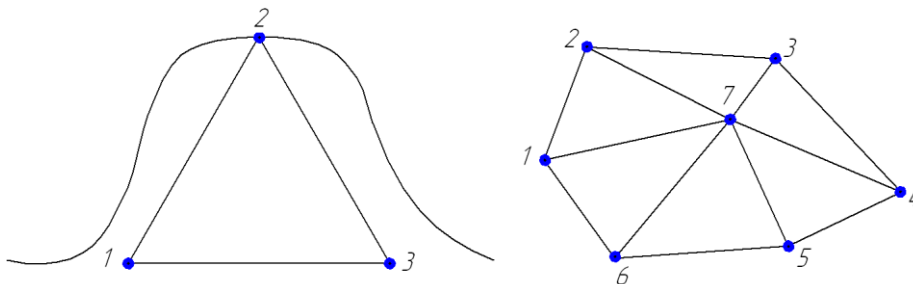


Рис.5.1 – Спрощення поверхні при зображенні рельєфу

Так, наприклад, окремий скат може бути представлений у вигляді площини, а форма рельєфу – у вигляді їх сукупності. При цьому доводиться вдаватися до генералізації (узагальненні) і допускати окремі некоректності, які полягають у тому, що лінію між двома точками на земній поверхні вважають прямою (рис. 5.2, а), а поверхня елементарної ділянки, наприклад, трикутника 1,2,3 – площиною (рис. 5.2, б).

Це можливо, якщо відхилення f_1 і f_2 фактичної поверхні землі від

теоретичної лінії або площини не будуть перевищувати деякої припустимої величини похибки узагальнення рельєфу $f_{уз.дон}$. Забезпечення припу-

стимої величини f досягається обґрунтованим обмеженням розмірів ділянок або відстаней між точками. У всіх подальших положеннях передбачається, що ця умова виконується.

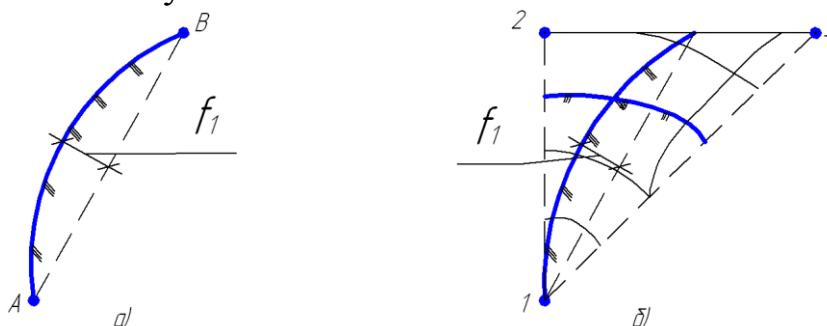


Рисунок 5.2 – Похибка узагальнення рельєфу:
а – для лінії; б – для площини

Таким чином, для опису поверхні (рельєфу) окремої ділянки місцевості достатньо описати окремі елементарні поверхні. У свою чергу, для їх опису достатньо знати і описати в просторі положення окремих точок (не менше двох для лінії (рис. 5.3, а) і не менше трьох для площини (рис. 5.3, б)).

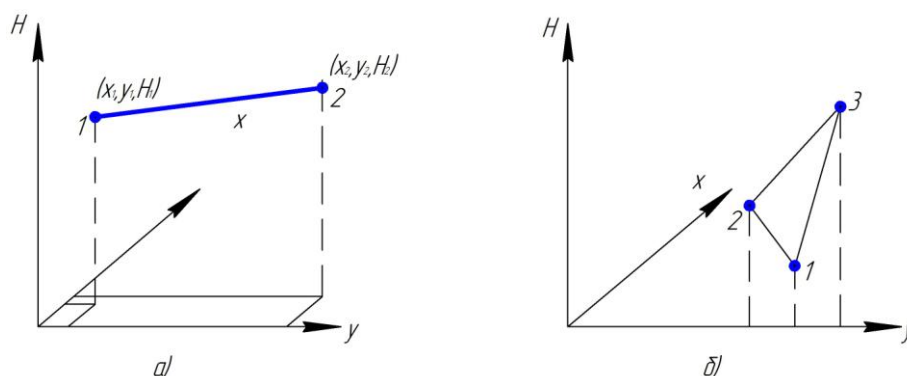


Рисунок 5.3 – Опис лінії і площини

Отже, для отримання інформації про рельєф з метою його подальшого зображення необхідно на місцевості будь-яким способом задати просторову систему координат x, y, H , де x, y відносяться до горизонтальної площини, а висоти H – до вертикальної (рис. 5.4). Побудова на місцевості такої системи координат і визначення в ній координат точок є звичайними завданнями геодезії, які можуть бути вирішені досить простими засобами і розглянуті надалі. Для опису ліній на площині необхідно написати їх рівняння у вигляді:

$$H_i = \varphi(x_i, y_i).$$

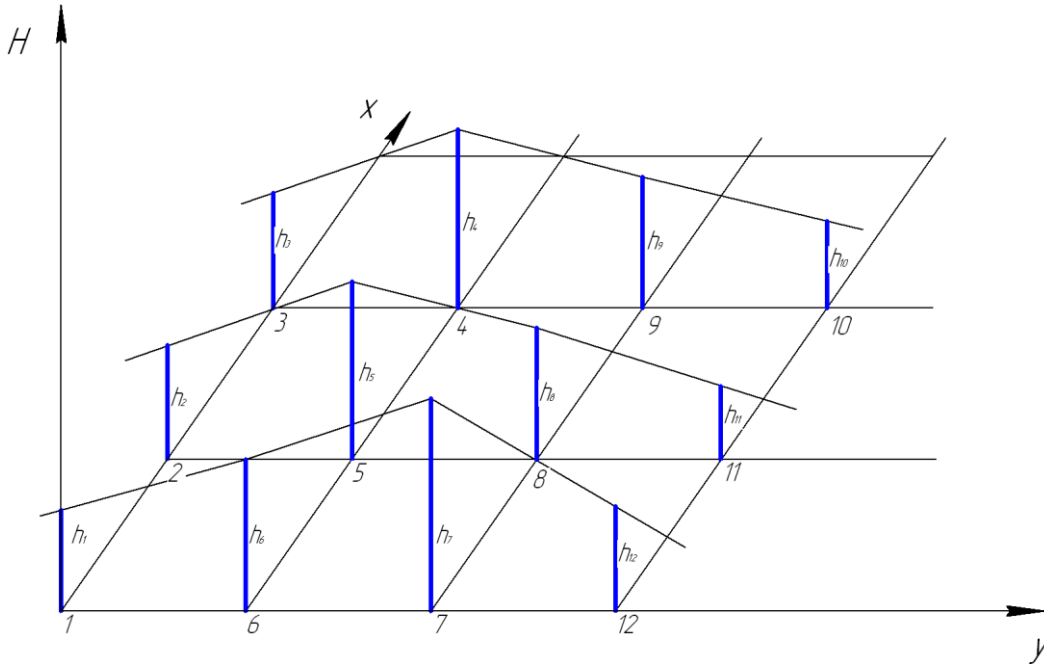


Рисунок 5.4 – До одержання інформації про рельєф

Найбільшою складністю є таке раціональне розміщення точок у площині $xу$, при якому число їх мінімальне, але дає можливість з необхідною точністю і достовірністю визначити висоту будь-якої точки на плані.

Робимо висновок, що для опису рельєфу ділянки місцевості, тобто визначення відмітки будь-якої точки, достатньо "покрити" місцевість n -ою кількістю точок, віддалених між собою на деякій відстані a , і домовитися про правила, що описують залежності для визначення відміток точок, які лежать на заданій лінії або на заданій площині.

При цьому просторове положення будь-якої i -ї точки (відомої чи тієї, що визначається) повністю описується координатами $\tilde{\delta}_i, y_i, H_i$, тобто вся інформація про рельєф представляється у цифровому вигляді - у вигляді цифрової моделі.

Цифрова модель місцевості (ЦММ – це відображення земної поверхні або її елементів, що виражає просторову визначеність і структурну докладність об'єктів місцевості, сформоване за певними вимогами в цифровій формі та відповідає встановленим правилам поводження [3].

Цифрова модель рельєфу (ЦМР) – це відображення рельєфу масивом точок з відомими координатами і висотами, алгоритмом по їх обробці для вирішення окремих завдань.

За способом розміщення точок з відомими координатами на рельєфі існує кілька видів моделей, які розглядаються в геодезії, в тому числі і в 2-

му семестрі 1 курсу. У даній роботі, зважаючи на початковий рівень підготовки студентів, вивчається тільки найпростіший вид цифрової моделі рельєфу – регулярна цифрова модель з сіткою у вигляді квадратів з кроком (сторонаю квадрата) $a = 40$ м. Тоді координати точки 1 (120,0; 0,0; 102,1), точки 11 (40,0; 80,0; 105,6).

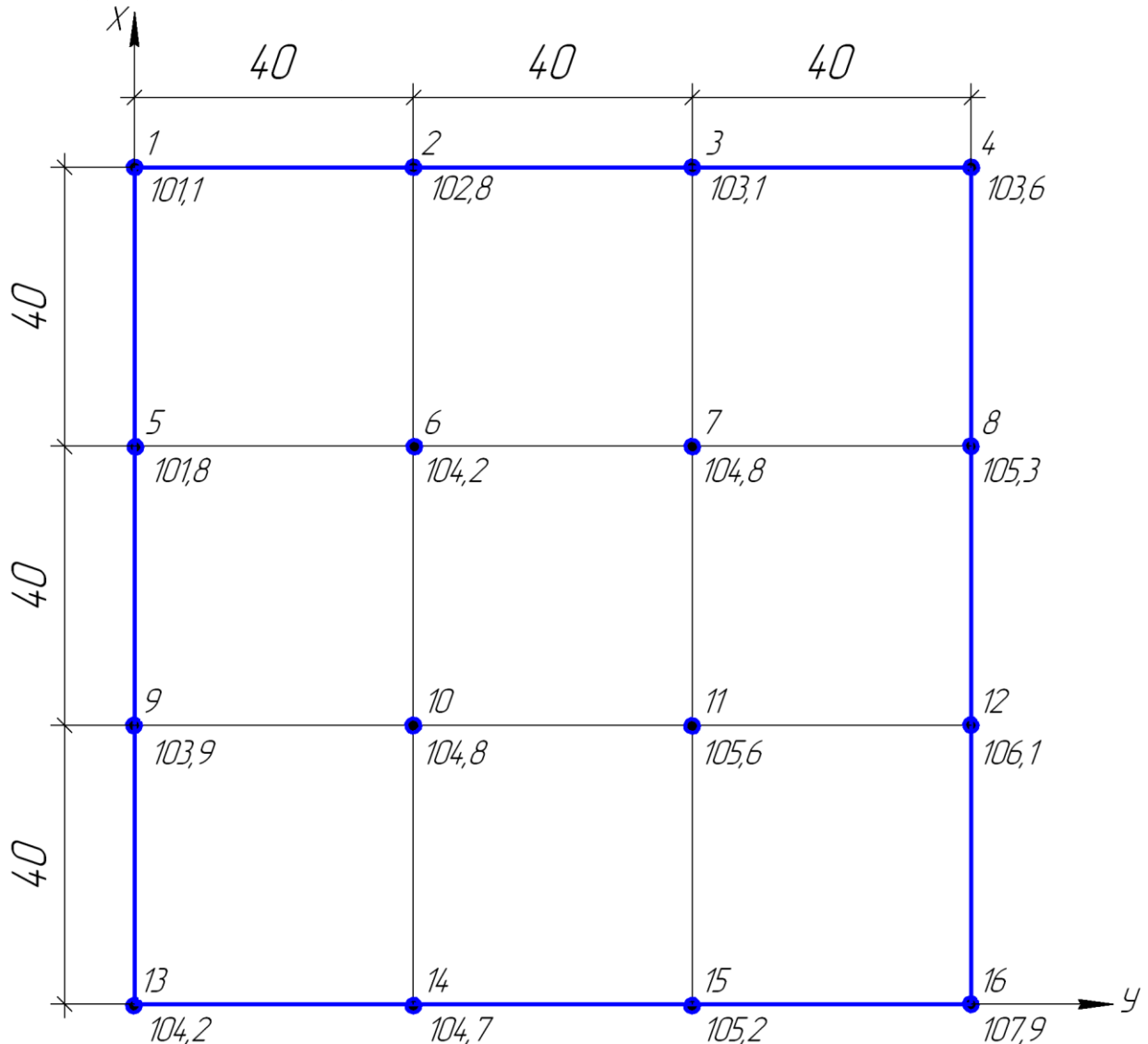


Рисунок 5.5 – До поняття цифрової моделі рельєфу ділянки місцевості

Разом з тим представлення інформації про рельєф у вигляді масивів координат точок або навіть у вигляді сітки з відмітками не дає наочного уявлення про рельєф, необхідного інженеру для вивчення рельєфу та прийняття проектних рішень. Тому в більшості випадків для візуального вивчення рельєфу, його оцінки та використання, інформація про рельєф представляється у вигляді горизонталей-ізоліній рівних висот або ліній, всі точки яких мають однакові висоти.

5.2 Відображення рельєфу горизонталями

У навчальній літературі з геодезії при поясненні принципу зображення рельєфу горизонталями традиційно використовують приклад перетину поверхні Землі на зображуваній ділянці горизонтальними площинами з подальшим проектуванням слідів розтину на горизонтальну площину або на прикладі пагорба, що заливається водою (рис. 5.6).

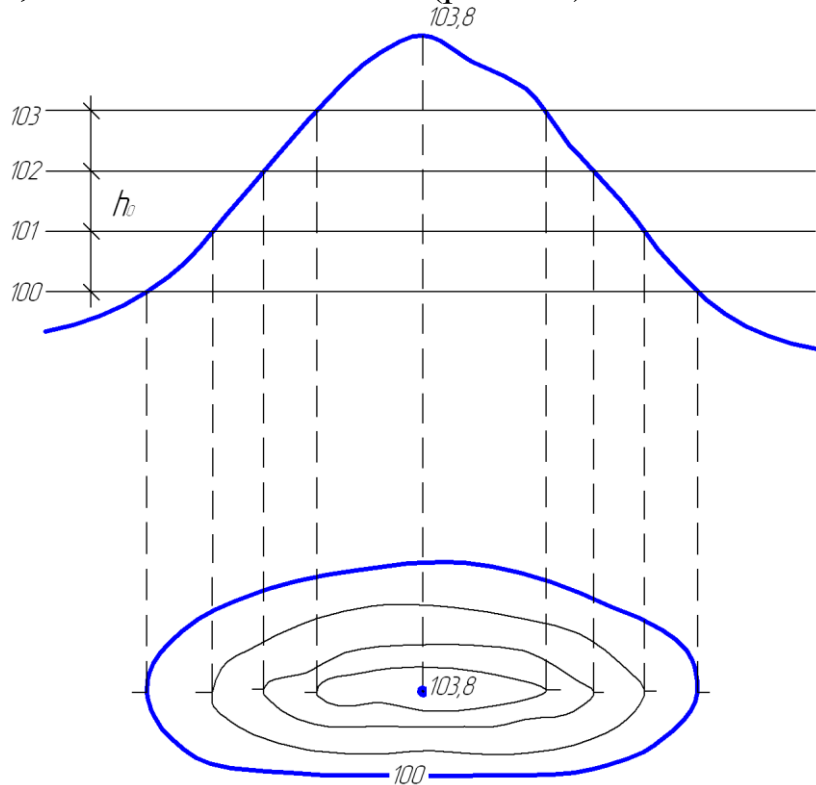


Рисунок 5.6 – Принцип зображення рельєфу горизонталями

Відстань по висоті між сусідніми горизонталями називається висотою перерізу рельєфу h_0 . Величину h_0 в кожному конкретному випадку встановлюють за нормативними документами, виходячи насамперед з необхідної точності зображення рельєфу.

Але, незважаючи на хорошу наочність, наведений традиційний приклад дозволяє пояснити лише загальний принцип і не пояснює конкретних правил і способів побудови горизонталей. В реальних умовах місцевості принцип перерізу рельєфу паралельними площинами не може бути реалізований буквально, тому що це фізично неможливо через значні розміри форм рельєфу. Тому завдання вирішується побічно, з використанням додаткових вимірів, обчислень і побудов. Для цього використовується одна з найважливіших властивостей горизонталей:

- 1) горизонталь – це лінія, всі точки якої лежать на одній висоті

або

2) горизонталь – це лінія, що з'єднує точки з однаковими відмітками.

Таким чином, для побудови горизонталей на плані необхідно визначити положення точок з однаковими відмітками і з'єднати їх між собою.

Вивчення рис. 5.4 показує, що для вирішення завдання встановлюють додаткові умови, а саме: необхідно відшукати положення точок не з довільними однаковими відмітками, а точок, що відносяться до горизонталей із заданою висотою перерізу рельєфу h_o , тобто встановити „назву” (відмітки) горизонталей, які необхідно зобразити на плані. Відмітки горизонталей $H_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{o}}$ встановлюються кратними висоті перерізу рельєфу h_o . Наприклад: при $h_o = 1\text{м}$ $H_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{o}} = 100,0; 101,0; 102,0; \dots$,

при $h_o = 5\text{м}$ $H_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{o}} = 100,0; 105,0; 110,0; \dots$

Завдання конкретизується, оскільки тепер потрібно визначити положення точок з відмітками із заданого переліку.

Положення цих точок визначається відносно вже наявних на місцевості та на плані точок, попередньо виконується перевірка потрапляння точки в інтервал між двома наявними точками (рис. 5.6).

При $h_o = 1\text{м}$ для рис. 5.6 в інтервал з точками 5 і 6 потрапляють точки горизонталей з відмітками 102, 103, 104, тобто з відмітками

$$101,8 < H_{\tilde{a}\tilde{i}\tilde{o}} < 104,2.$$

Положення точок (слідів горизонталей) відносно заданих точок визначається відстанню \tilde{o}_i (рис. 5.7).

Для визначення \tilde{o}_i , використовуючи принцип подібності трикутників ($\Delta AMM'$, $\Delta ANN'$, $\Delta KKK'$ і $\Delta ABB'$), отримуємо:

$$\frac{\tilde{o}_i}{D} = \frac{h_i}{h_y}, \quad \tilde{o}_i = \frac{D \cdot h_i}{h_y}, \quad (5.1)$$

$$h_i = H_i - H_{\tilde{i}}, \quad h_y = H_{\tilde{a}} - H_{\tilde{i}}, \quad (5.2)$$

де H_i – відмітка точки, положення якої визначається, м;

H_n – відмітка відомої точки (нижчої), м;

H_s – відмітка відомої точки (вищої), м;

D – довжина ухилу (відстань між точками з відмітками H_n і H_e).

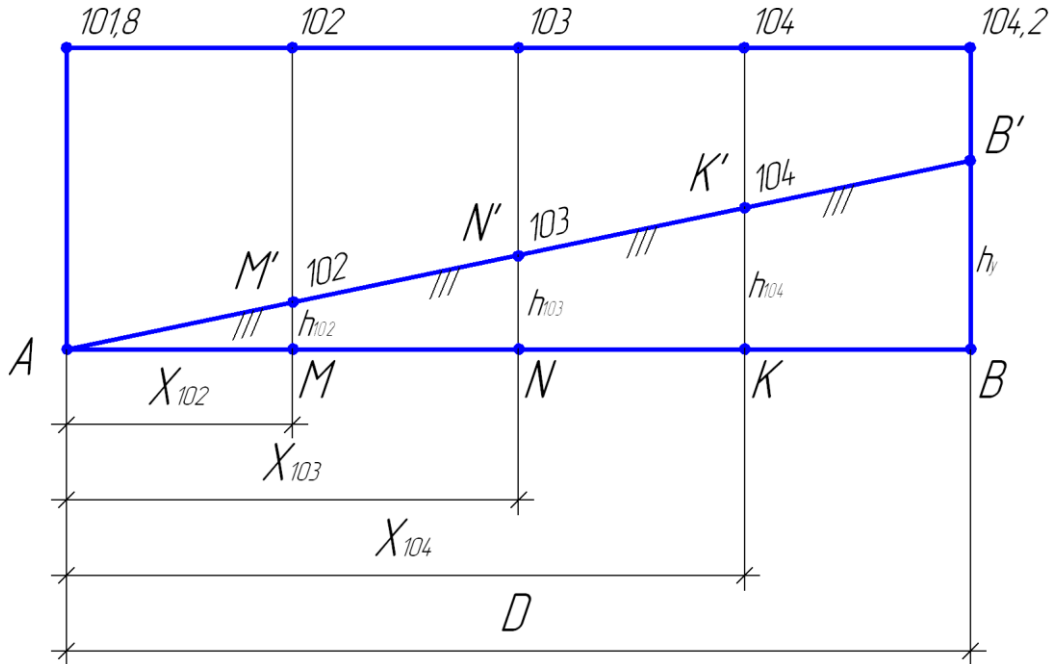


Рисунок 5.7 – Визначення положення слідів горизонталей

Визначення положення точок із заданими відмітками між наявним розрахунком по [1] називається чисельним (аналітичним) інтерполюванням. В регулярній цифровій моделі з сіткою у вигляді квадратів інтерполювання виконується тільки по ребрах (сторонам) квадратів. З'єднуються між собою точки з однаковими відмітками, що належать одному квадрату або лежать на спільних ребрах суміжних квадратів.

Принцип аналітичного інтерполювання використовується при зображенні рельєфу за допомогою ЕОМ і спеціального приладу – графопобудувача.

При зображенні рельєфу вручну такий спосіб малопродуктивний, і тому замість нього для визначення положення слідів горизонталей використовується графічне інтерполювання за допомогою паралельної палетки (рис. 5.8).

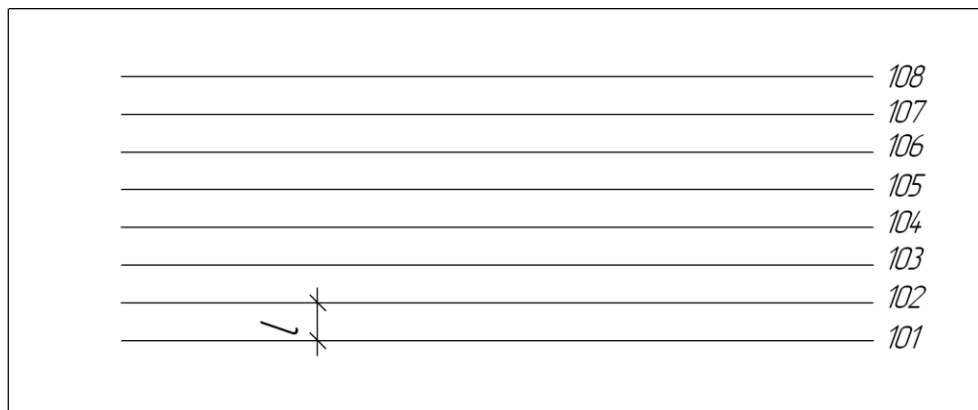


Рисунок 5.8 – Паралельна палетка

Палетка являє собою прозорий папір-кальку, восківку або звичайний папір, на якому нанесені паралельні лінії, що відстають одна від одної на довільну однакову відстань (зазвичай $l = 10\text{мм}$).

Лінії палетки підписують в залежності від висоти рельєфу, відміток точок цифрової моделі та їх число на 2 більше числа зображуваних горизонталей.

Графічне інтерполювання виконується в наступному порядку (рис. 5.9)

1) відмітити на смужці паперу (Π) положення точок з відомими відмітками;

2) накласти смужку з мітками на палетку таким чином, щоб точки на смужці потрапили на лінії палетки, що мають такі ж позначки. Відмітити на смужці точки перетину її з лініями палетки (точки 2, 3 рис. 5.9, б);

3) перенести смужку на план, поєднати однойменні точки на плані і на смужці та перенести положення слідів горизонталей зі смужки на план.

Після визначення положення слідів горизонталей їх з'єднують плавною кривою в межах одного квадрата. Потім виконують аналогічну роботу по всіх сторонах квадратів ЦМ і з'єднують однойменні сліди горизонталей по всій ділянці місцевості.

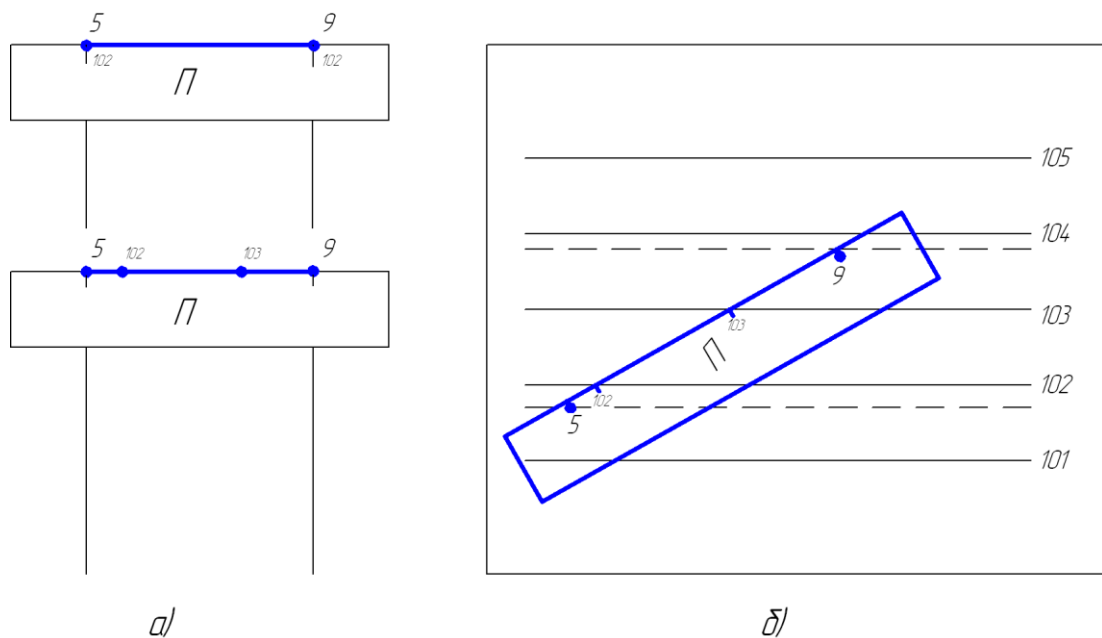


Рисунок 5.9 – Графічне інтерполювання горизонталей
а – положення точки 5; б – відмітки точок перетину

Приклад користування палеткою, виготовленою з прозорого паперу
Припустимо, необхідно відшукати сліди горизонталей між точками 5 і

9, що мають відповідно відмітки $H_5=101,8$ м, $H_9=103,9$ м. Робота виконується в наступному порядку:

а) на оцифрованій палетці між лініями 101 і 102 відшуковують положення крапки 5 з відміткою $H_5=101,8$ м і намічають її на палетці олівцем (рис. 10, а);

б) поєднують крапку 5, нанесену на палетці, з точкою 5 на плані цифрової моделі місцевості і за допомогою голки, встановленої в цій суміщеній точці, утримують палетку в цьому положенні;

в) обертають палетку навколо точки 5 до тих пір, доки точка 9 з відміткою $H_9=103,9$ м не співпаде з відміткою 103,9 м на палетці;

г) через кальку (прозорий папір) гостровідточеним олівцем або голкою на план ЦМ переносять точки перетинів ліній палетки з лінією плану, що з'єднує точки 5 і 9. Точки перетину і будуть слідами горизонталей 102, 103 м;

д) на плані олівцем підписують відмітки цих точок (рис. 5.10, б).

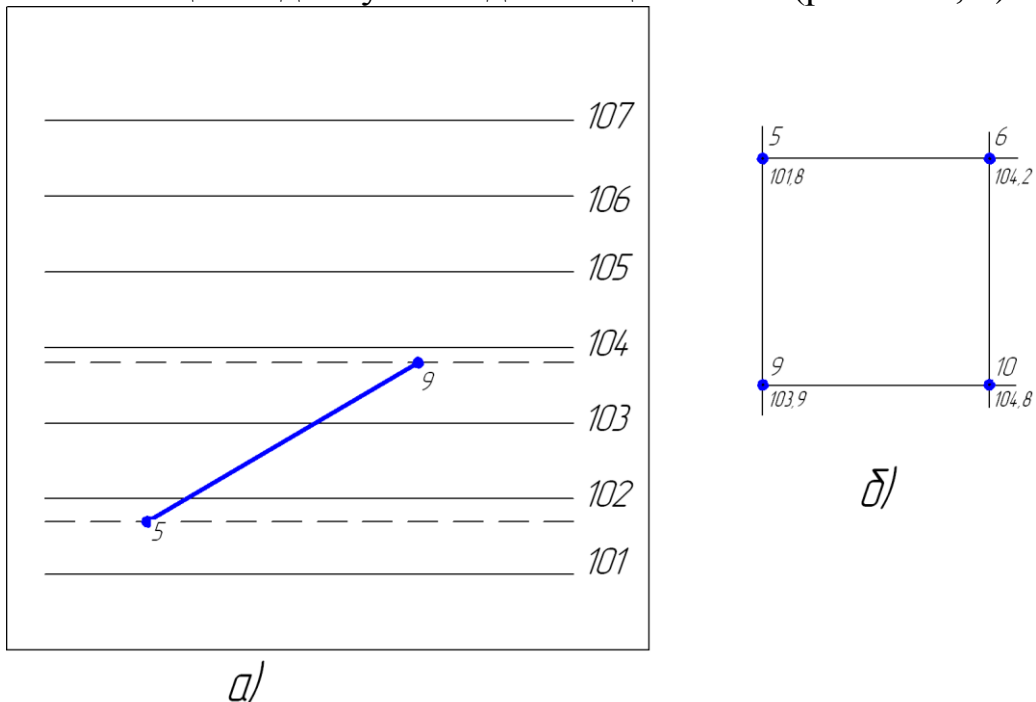


Рисунок 5.10 – Визначення відміток за допомогою палетки

5.3 Побудова поздовжнього профілю по лінії АВ

Після побудови рельєфу за ЦММ викладачем задається лінія АВ, по ній необхідно побудувати поздовжній профіль.

Поздовжній профіль – це креслення ділянки місцевості, розрізаної вертикальною площиною.

Профіль виконують на аркуші А4 в масштабах: по горизонталі 1:1000, по вертикалі 1:100 (додаток В).

У графі "Відстань" відкладають відстань ділянок на лінії АВ (тобто між точками пересічення горизонталей з лінією АВ). Потім визначають абсолютні відмітки, використовуючи властивості горизонталей, і записують їх у графу "Відмітка". Залежно від абсолютних відміток оцифровують шкалу висоти, відкладають висоти кожної точки в масштабі. Визначають ухили на кожній ділянці і заносять отримані значення в графу "Ухил".

$$i = \frac{H_{n+1} - H_n}{d}, \quad (5.3)$$

де d – відстань на ділянці, м;

H_n – абсолютна відмітка початкової точки на ділянці, м;

H_{n+1} – абсолютна відмітка кінцевої точки на ділянці, м.

Отримане значення ухилу в проміле округлюють до цілого значення за правилами математики.

5.4 Порядок виконання розрахунково-графічної роботи №1 на тему: «Побудова рельєфу за ЦММ»

1. Перенести завдання з отриманої картки на аркуш ватману формату А4 в олівці; (додаток А).

2. Для графічного інтерполювання виготовити палетку і оцифрувати її в такій послідовності:

а) знайти на плані ЦМ відмітку з мінімальним значенням H_{\min} ; округлити її в менший бік до числа кратного висоті перерізу рельєфу h_o ;

б) знайти на плані ЦМ відмітку з максимальним значенням H_{\max} , округлити її в більший бік до числа, кратного висоті перерізу рельєфу h_o ;

в) нижній лінії палетки приписати $H_{\min}^{\hat{i}\hat{e}\hat{\delta}}$ і далі підписати всі інші лінії додаванням до кожної наступної h_o до значення $H_{\min}^{\hat{i}\hat{e}\hat{\delta}}$ включно.

3. Для аналітичного інтерполювання підготувати на листі ватману формату А4 таблицю (додаток Б).

4. Виконати графічне інтерполювання по всіх квадратах ЦМ і перевірити аналітично половину плану.

5. З'єднати крапки з однаковими відмітками плавними кривими лініями, які і будуть горизонталями. Підписати горизонталі кратні 5 перерізам

рельєфу.

6. Робота, виконана в олівці, перевіряється викладачем, а потім оформляється в туші.

У процесі оформлення всі номери точок і їх відмітки підписуються обережно чорною тушшю (висота цифр 3,5 мм), а горизонталі викреслюються коричневою тушшю. Товщина ліній 0,1 мм. Горизонталі, кратні 5 м, проводяться потовщеними (0,3 мм) лініями. У зручному для написання місці відмітки потовщених горизонталей підписуються цим же кольором. Для цього в місці підпису робиться розрив і верхня частина цифр повинна бути звернена у бік підвищення рельєфу.

7. Побудувати поздовжній профіль по лінії АВ (додаток В).

6 ТЕОДОЛІТНА ЗЙОМКА

6.1 Склад камеральних робіт

Під теодолітною зйомкою розуміють кутомірно-горизонтальну зйомку якої-небудь ділянки місцевості, виконану теодолітом.

Кінцевою метою теодолітної зйомки є склад плану ділянки місцевості, що знімалась. На цьому плані зображується ситуація без рельєфу.

В процесі польових робіт виконують кутові та лінійні виміри, які потім служать матеріалом для камеральних робіт.

Камеральні роботи складаються з вирахування координат теодолітного ходу, складу плану теодолітної зйомки та визначення площі полігону.

6.2 Обробка відомості координат теодолітного ходу

Обробка відомості координат теодолітного ходу виконується у наступній послідовності:

а) виписати початкові дані:

- дирекційний кут α_1 ;
- координати першої точки x_1 та y_1 ;

б) обчислити фактичну суму виміряних кутів за формулою:

$$\sum \beta_{\delta} = \beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n, \quad (6.1)$$

де $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$ – виміряні кути на місцевості;

в) обчислити теоретичну суму внутрішніх кутів теодолітного ходу:

$$\sum \beta_{\delta} = 180(n - 2), \quad (6.2)$$

де n – кількість кутів теодолітного ходу;

г) обчислити фактичну кутову нев'язку:

$$f_{\beta\delta} = \sum \beta_{\delta} - \sum \beta_{\delta}; \quad (6.3)$$

д) обчислити допустиму кутову нев'язку:

$$f_{\beta\delta} = \pm 1' \sqrt{n}; \quad (6.4)$$

є) порівняти $f_{\beta\delta}$ і $f_{\beta\delta}$. Якщо $f_{\beta\delta} \leq f_{\beta\delta}$, можна обробляти відомості

мість далі.

ж) обчислити кутову нев'язку:

$$P_{\beta} = -\frac{f_{\beta\delta}}{n} . \quad (6.5)$$

Контроль:

$$\sum P_{\beta} = -f_{\beta\delta} ; \quad (6.6)$$

з) обчислити виправлені кути :

$$\beta_{\hat{A}\hat{B}\hat{C}} = \beta_{\delta} + P_{\beta} . \quad (6.7)$$

Контроль:

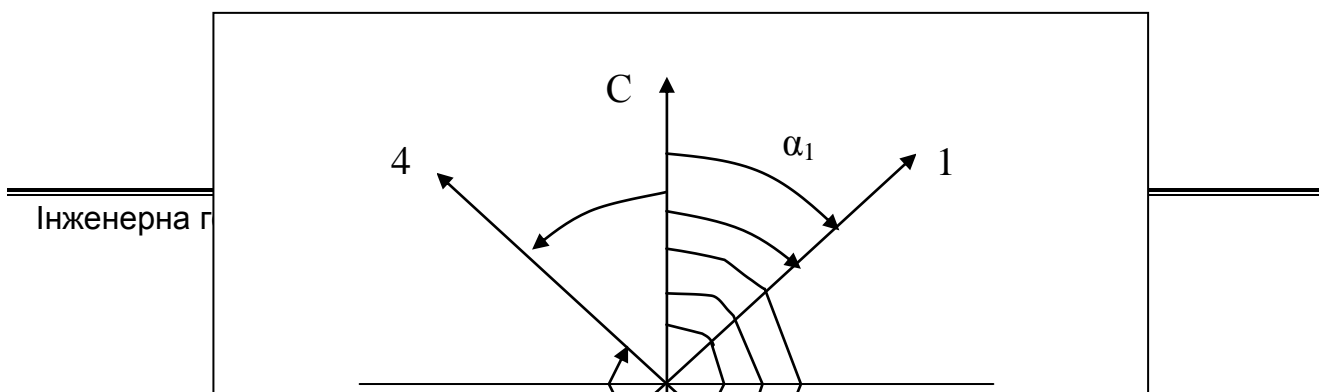
$$\sum \beta_{\hat{A}\hat{B}\hat{C}} = \sum \beta_{\delta} ;$$

і) обчислити дирекційні кути наступних сторін теодолітного ходу, використовуючи за початковий дирекційний кут першої сторони – α_1 :

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^{\circ} - \beta n_{\hat{A}\hat{B}\hat{C}} ; \quad (6.8)$$

к) обчислити румби (табличні кути – r):

$$\begin{aligned} r_1 &= \alpha_1, \\ r_2 &= 180^{\circ} - \alpha_2, \\ r_3 &= \alpha_3 - 180^{\circ}, \\ r_4 &= 360^{\circ} - \alpha_4. \end{aligned} \quad (6.9)$$



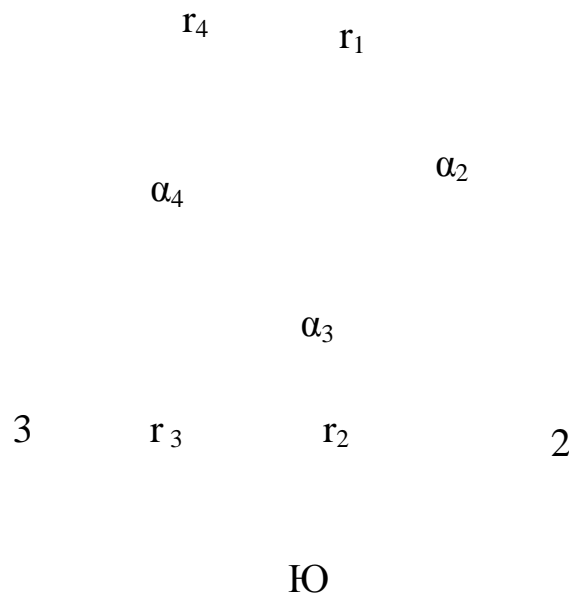


Рисунок 6.1 – Схема залежності між румбами та дирекційними кутами

л) обчислити приращення координат теодолітного ходу за віссю X та Y:

$$\Delta x = S \cdot \cos \alpha = S \cdot \cos r ; \quad (6.10)$$

$$\Delta y = S \cdot \sin \alpha = S \cdot \sin r ,$$

де S – довжина сторони, м;

$\Delta x, \Delta y$ – приращення координат, м;

м) обчислити фактичну лінійну нев'язку за віссю X та Y:

$$f_x = \sum(+\Delta x) + \sum(-\Delta x); \quad (6.11)$$

$$f_y = \sum(+\Delta y) + \sum(-\Delta y);$$

н) обчислити абсолютну нев'язку:

$$f_{\text{абс}} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} ; \quad (6.12)$$

о) обчислити відносну нев'язку:

$$f_{\hat{a}^2\hat{i}} = \frac{f_{\hat{a}\hat{a}\hat{n}}}{p} = \frac{1}{p / f_{\hat{a}\hat{a}\hat{n}}}, \quad (6.13)$$

де p – периметр теодолітного ходу, м;

Порівняти $f_{\hat{a}\hat{i}\hat{n}}$ з допустимою.

Якщо $f_{\hat{a}^2\hat{i}} \leq \frac{1}{2000}$, то відомість обробляють далі.

п) розподілити лінійну нев'язку пропорційно довжинам сторін:

$$P_{x_s} = -\frac{f_x}{p} \cdot S_i, \quad (6.14)$$

$$P_{y_s} = -\frac{f_y}{p} \cdot S_s;$$

Контроль:

$$\sum P_x = -f_x,$$

$$\sum P_y = -f_y;$$

р) обчислити виправлені прирощення координат:

$$\Delta x_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{o}} = \Delta x + P_x, \quad (6.15)$$

$$\Delta y_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{o}} = \Delta y + P_y.$$

Контроль:

$$\sum \Delta y_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{o}} = 0,$$

$$\sum \Delta x_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{o}} = 0;$$

с) обчислити координати теодолітного ходу, використовуючи за початкові координати першої точки:

$$x_n = x_{n-1} + \Delta x_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{o}}_{n-1}, \quad (6.16)$$

$$y_n = y_{n-1} + \Delta y_{\hat{a}\hat{e}\hat{i}\hat{o}}_{n-1}.$$

Контроль

(якщо шість станцій): $x_6 + \Delta x_{\text{аєіѳ } 6} = x_1,$

$$y_6 + \Delta y_{\text{аєіѳ } 6} = y_1.$$

6.3 Побудова плану теодолітної зйомки

План будують на аркуші ватману А2 (420×594) мм в масштабі 1:1000. На аркуші будують координатну сітку зі стороною квадрату 100м за допомогою лінійки Ф. В. Дробишева. Після побудови сітки виконують оцифровку та намагаються виконати її таким чином, щоб полігон розташовувався посередині аркуша.

Потім виконують побудову станцій на основі розрахованих координат x і y .

6.4 Обробка замкнутого нівелірного ходу полігону теодолітної зйомки

Обробка відомості нівелювання полігону виконується у наступній послідовності:

а) обчислити перевищення між точками земної поверхні на кожній станції за формулою:

$$h = a - b, \text{ мм}, \quad (6.17)$$

де a – задній відлік за рейкою;

b – передній відлік за рейкою.

б) обчислити середнє перевищення між точками земної поверхні, тому що нівелювання виконується двічі при різних висотах інструменту:

$$h_{\bar{n}\bar{\delta}} = \frac{h' - h''}{2}, \text{ мм}; \quad (6.18)$$

в) виконати построківий контроль за формулами:

$$\sum a - \sum b = \sum (h' + h'') \quad \text{або} \quad \frac{\sum a - \sum b}{2} = \sum h_{\bar{n}\bar{\delta}}; \quad (6.19)$$

г) обчислити допустиму нев'язку нівелірного ходу:

$$f_{h_{\bar{n}\bar{\delta}}} = \pm 20\sqrt{L}, \text{ мм}, \quad (6.20)$$

де L – довжина ходу, км;

д) обчислити фактичну нев'язку замкнутого нівелірного ходу:

$$f_{h_{\delta\alpha\epsilon\delta}} = \sum h_{\bar{n}\delta} ; \quad (6.21)$$

е) порівняти $f_{h_{\delta\alpha\epsilon\delta}}$ та $f_{h_{\text{факт}}}$. Якщо

$$f_{h_{\delta\alpha\epsilon\delta}} \leq f_{h_{\text{факт}}} , \quad (6.22)$$

то відомість обробляється далі;

ж) розподілити фактичну нев'язку пропорційно на кожну станцію:

$$\Delta h \approx -\frac{f_{h_{\delta\alpha\epsilon\delta}}}{n} , \quad (6.23)$$

де n – кількість станцій.

Контроль: $\sum \Delta h = -f_{h_{\delta\alpha\epsilon\delta}} ;$

з) обчислити виправлені середні перевищення на кожній станції:

$$h_{\hat{\alpha}\epsilon\bar{i}\delta} = h_{\bar{n}\delta} + \Delta h . \quad (6.24)$$

Контроль: $\sum h_{\hat{\alpha}\epsilon\bar{i}\delta} = 0 ;$

і) Обчислити відмітки пікетів:

$$H_n = H_{n-1} + h_{\hat{\alpha}\epsilon\bar{i}\delta} , \text{ м}, \quad (6.25)$$

де H_n – відмітка наступної точки, м;

H_{n-1} – відмітка попередньої точки, м;

$h_{\text{випр}}$ – виправлене середнє перевищення на станції, м.

7 ТАХЕОМЕТРИЧНА ЗЙОМКА

7.1 Склад камеральних робіт

Тахеометрична зйомка являє собою зйомку, яку виконують теодолітом-тахеометром в горизонтальній та вертикальній площинах одночасно. При тахеометричній зйомці виконується зйомка ситуації та рельєфу.

Камеральні роботи складаються з обробки журналу тахеометричної зйомки, накладки реєчних точок на контурний план (за допомогою транспортиру та лінійки) та побудови рельєфу.

7.2 Обробка відомості тахеометричної зйомки

Обробка відомості тахеометричної зйомки виконується у наступній послідовності:

а) виписати початкові дані;

б) обчислити кути похилу (δ), припускаючи, що місце нуля (МО) дорівнює нулю (180°):

$$\delta = \hat{I\hat{I}} - \hat{E\hat{E}}, \quad (7.1)$$

де $K\hat{L}$ – відлік за вертикальним колом;

в) обчислити перевищення реєчних точок відносно початкової станції (h) та горизонтальне проложення (d) за формулами:

$$h = d \cdot \operatorname{tg} \delta; \quad (7.2)$$

$$d = l \cdot \cos \delta, \quad (7.3)$$

де l – довжина лінії (відлік за далекоміром), м;

г) обчислити відмітки реєчних точок:

$$H_s = H_{\hat{n}\hat{o}} + h_s, \quad (7.4)$$

де $H_{\text{ст}}$ – відмітка станції, з якої знімається реєчна точка, м.

7.3 Побудова рійкових точок (ситуації місцевості)

Побудову ситуації місцевості (контурних точок) виконують за допомогою транспортира та лінійки або тахеографа за даними журналу тахеометричної зйомки (використовуючи звіти по горизонтальному колу та горизонтальні проложення довжин ліній) та абрисів.

Також виписують на план відмітки контурних точок, наприклад:

$$\frac{1}{175,90} \quad ; \quad \frac{15}{171,12} \cdot$$

7.4 Побудова рельєфу на плані тахеометричної зйомки

Побудову рельєфу виконують за допомогою графічного інтерполювання горизонталей.

Інтерполяцію виконують спочатку по сторонам полігону, потім між сусідніми точками.

Горизонталі будують з відмітками кратними 1м (додаток Е).

7.5 Порядок виконання РГР №2 на тему «Побудова плану тахеометричної зйомки»

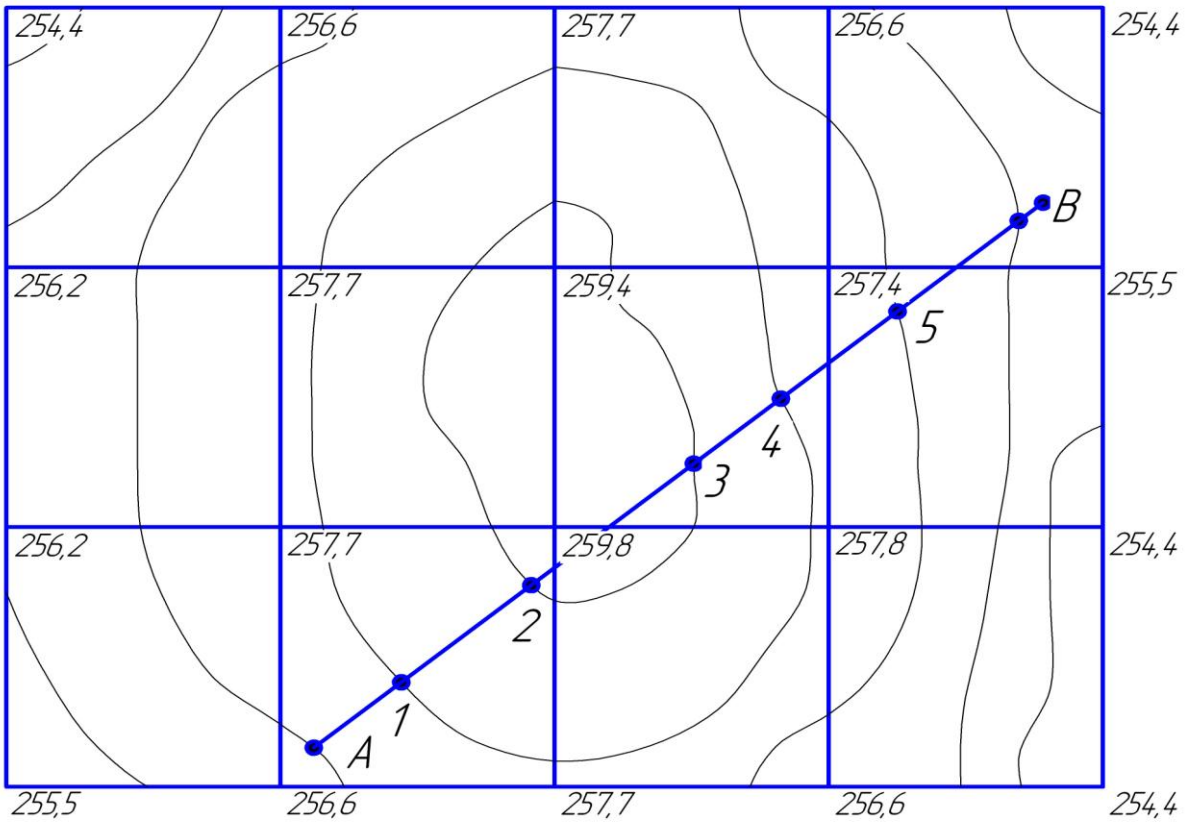
Для виконання розрахунково-графічної роботи необхідно вирішити наступні задачі:

- обробка відомості координат теодолітного ходу;
- побудова на аркуші формату А2 (420×594) мм плану ділянки теодолітної зйомки;
- обробка замкнутого нівелірного ходу знімальної основи;
- обробка польових матеріалів тахеометричної зйомки;
- нанесення на план теодолітної зйомки ситуації місцевості в умовних знаках за даними матеріалів тахеометричної зйомки;
- побудова рельєфу на плані тахеометричної зйомки за допомогою графічного інтерполювання горизонталей.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баканова В. В. Крупномасштабные топографические съемки / В. В. Баканова. – М.: Недра, 1983. – 182 с.
2. Бойко А. В. Автоматизация наземных топографических схемок / А. В. Бойко. – М.: МИИГАиК, 1986. – 89 с.
3. Кузьмич Б. С. Топографо-геодезические термины / Б. С. Кузьмич, Ф. Я. Герасимов, В. М. Молоканов. – М.: Недра, 1989. – 261 с.
4. Левчук Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – М.: Недра, 1981. – 438 с.
5. Лисицкий Д.В. Основные принципы цифрового картографирования местности / Д.В. Лисицкий. – М.: Недра, 1988. – 261 с.
6. Неумивакин Ю.К. Обоснование точности топографических съемок для проектирования / Ю.К. Неумивакин. – М.: Недра, 1976. – 159 с.
7. Федоров В.И. Инженерные аэроизыскания автомобильных дорог / В.И. Федоров, Д.Г. Румянцев. – М.: Транспорт, 1984. – 240 с.
8. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.; «Недра», 1973 (Главное Управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР), с. 144
9. Федоров В.И. Практикум по инженерной геодезии и аэрогеодезии / В.И. Федоров, А.И. Титов, В.А. Ходобаев. – М.: Недра, 1987. - 365 с.
10. Шилов П.И. Инженерная геодезия и аэрогеодезия / П.И. Шилов, В.И. Федоров. – М.: Недра, 1971. – 353 с.

ДОДАТОК А



1:100

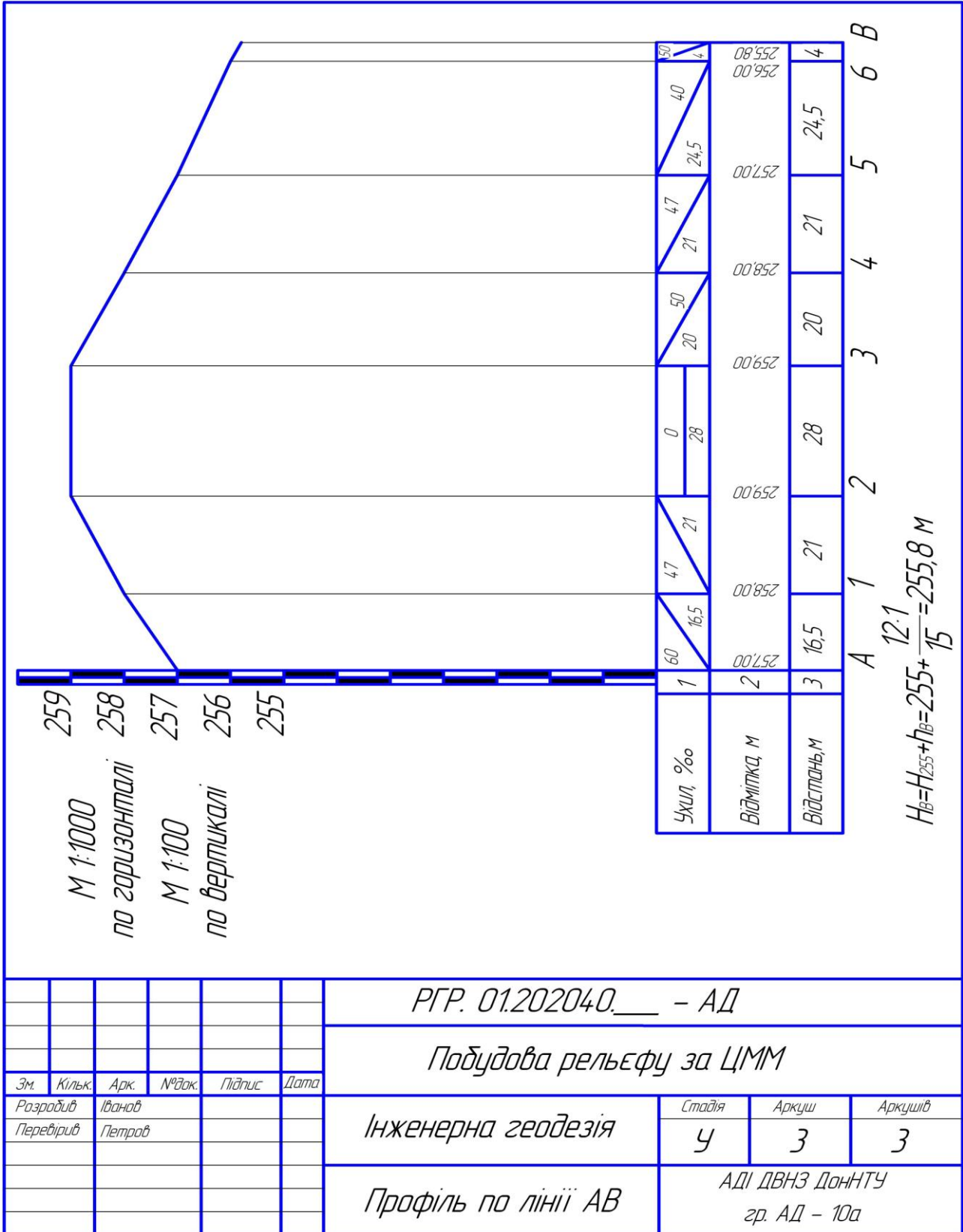
В 1 сантиметрі 10 метрів
Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

						РГР. 01.202040.____ - АД		
						Побудова рельєфу за ЦММ		
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			
Розробив	Іванов							
Перевірив	Петров							
						Інженерна геодезія		
						Стадія	Аркуш	Аркушів
						У	1	3
						Аналітичне інтерполювання		
						АДІ ДВНЗ ДонНТУ гр. АД - 10а		

ДОДАТОК Б

Схема						Вихідні дані						Результат					
						$a = 40\text{М}$ $h = 1,1\text{М}$ $h_{255} = 0,6\text{М}$						$X_{255} = \frac{40 \cdot 0,6}{1,1} = 21,82\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h_{257} = 1,5\text{М}$ $h = 1,9\text{М}$ $h_{256} = 0,5\text{М}$						$X_{256} = \frac{40 \cdot 0,5}{1,9} = 10,53\text{М}$ $X_{257} = \frac{40 \cdot 1,5}{1,9} = 31,58\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h_{256} = 1,6\text{М}$ $h = 3,4\text{М}$ $h_{257} = 2,6\text{М}$ $h_{255} = 0,6\text{М}$						$X_{255} = \frac{40 \cdot 0,6}{3,4} = 7,06\text{М}$ $X_{257} = \frac{40 \cdot 2,6}{3,4} = 30,59\text{М}$ $X_{256} = \frac{40 \cdot 1,6}{3,4} = 18,82\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h_{255} = 1,6\text{М}$ $h = 2,2\text{М}$ $h_{256} = 0,6\text{М}$						$X_{255} = \frac{40 \cdot 0,6}{2,2} = 10,91\text{М}$ $X_{256} = \frac{40 \cdot 1,6}{2,2} = 29,09\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h = 1,2\text{М}$ $h_{257} = 0,4\text{М}$						$X_{257} = \frac{40 \cdot 0,4}{1,2} = 13,33\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h = 1,3\text{М}$ $h_{257} = 0,4\text{М}$						$X_{257} = \frac{40 \cdot 0,4}{1,3} = 12,31\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h_{256} = 1,6\text{М}$ $h = 1,3\text{М}$ $h_{255} = 0,6\text{М}$						$X_{255} = \frac{40 \cdot 0,6}{2} = 16\text{М}$ $X_{256} = \frac{40 \cdot 1,6}{2} = 32\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h = 1,5\text{М}$ $h_{257} = 0,8\text{М}$						$X_{257} = \frac{40 \cdot 0,8}{1,5} = 21,33\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h = 0,5\text{М}$ $h_{256} = 0,5\text{М}$						$X_{256} = \frac{40 \cdot 0,5}{1,1} = 18,18\text{М}$					
						$a = 40\text{М}$ $h = 0,8\text{М}$ $h_{257} = 0,4\text{М}$						$X_{257} = \frac{40 \cdot 0,4}{0,8} = 20\text{М}$					
РГР. 01.202040.____ - АД																	
Побудова рельєфу за ЦММ																	
Зм.	Кільк.	Арк.	№зак.	Підпис	Дата	Інженерна геодезія						Стадія	Аркуш	Аркушів			
Разробив	Іванов											У	2	3			
Перевірив	Петров					Аналітичне інтерполювання						АДІ ДВНЗ ДонНТУ гр. АД - 10а					

ДОДАТОК В



РГР. 01.202040.____ - АД

Побудова рельєфу за ЦММ

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Розробив		Іванов			
Перевірив		Петров			

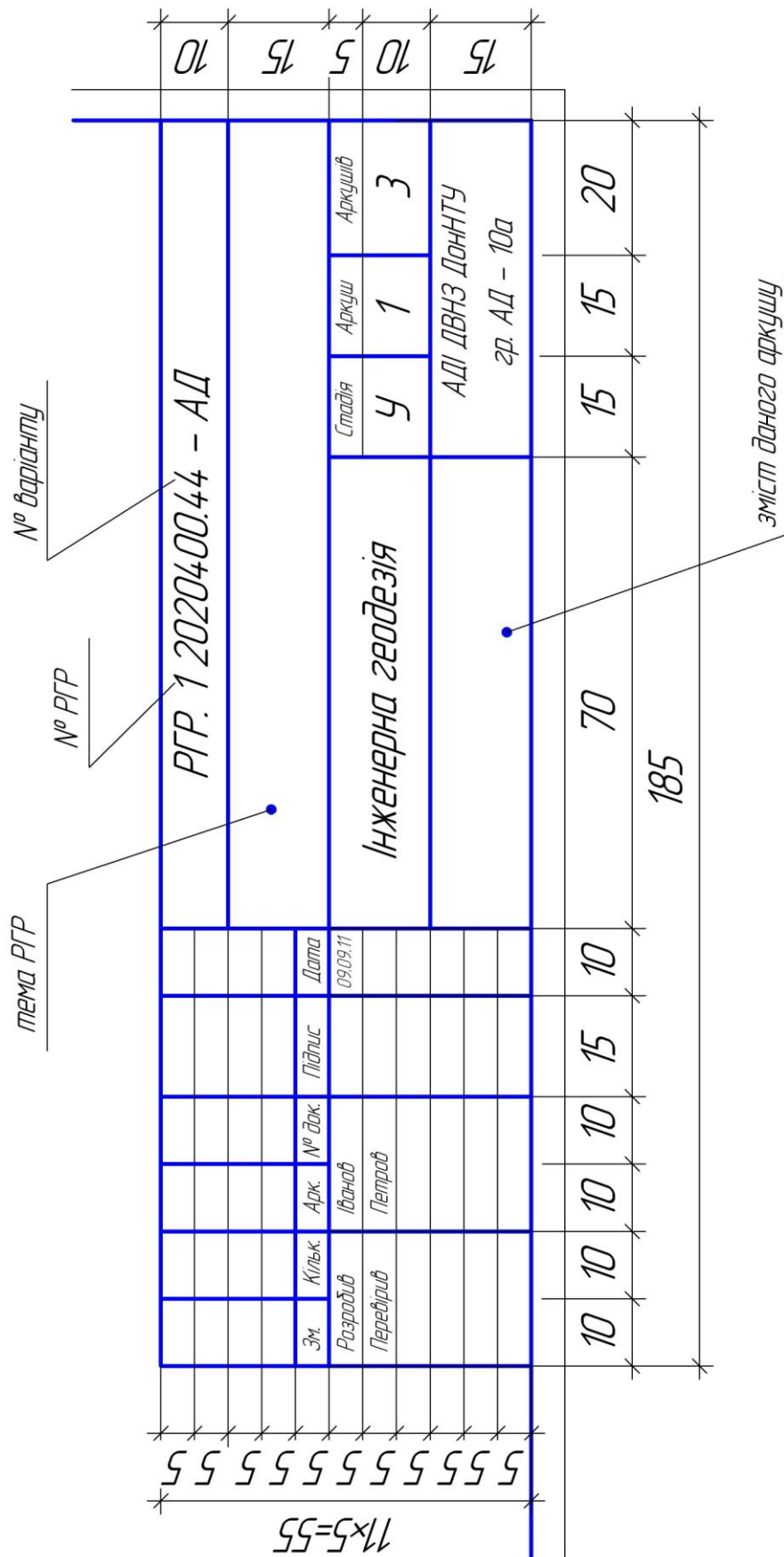
Інженерна геодезія

Стадія	Аркуш	Аркушів
У	3	3

Профіль по лінії АВ

АДІ ДВНЗ ДонНТУ
гр. АД - 10а

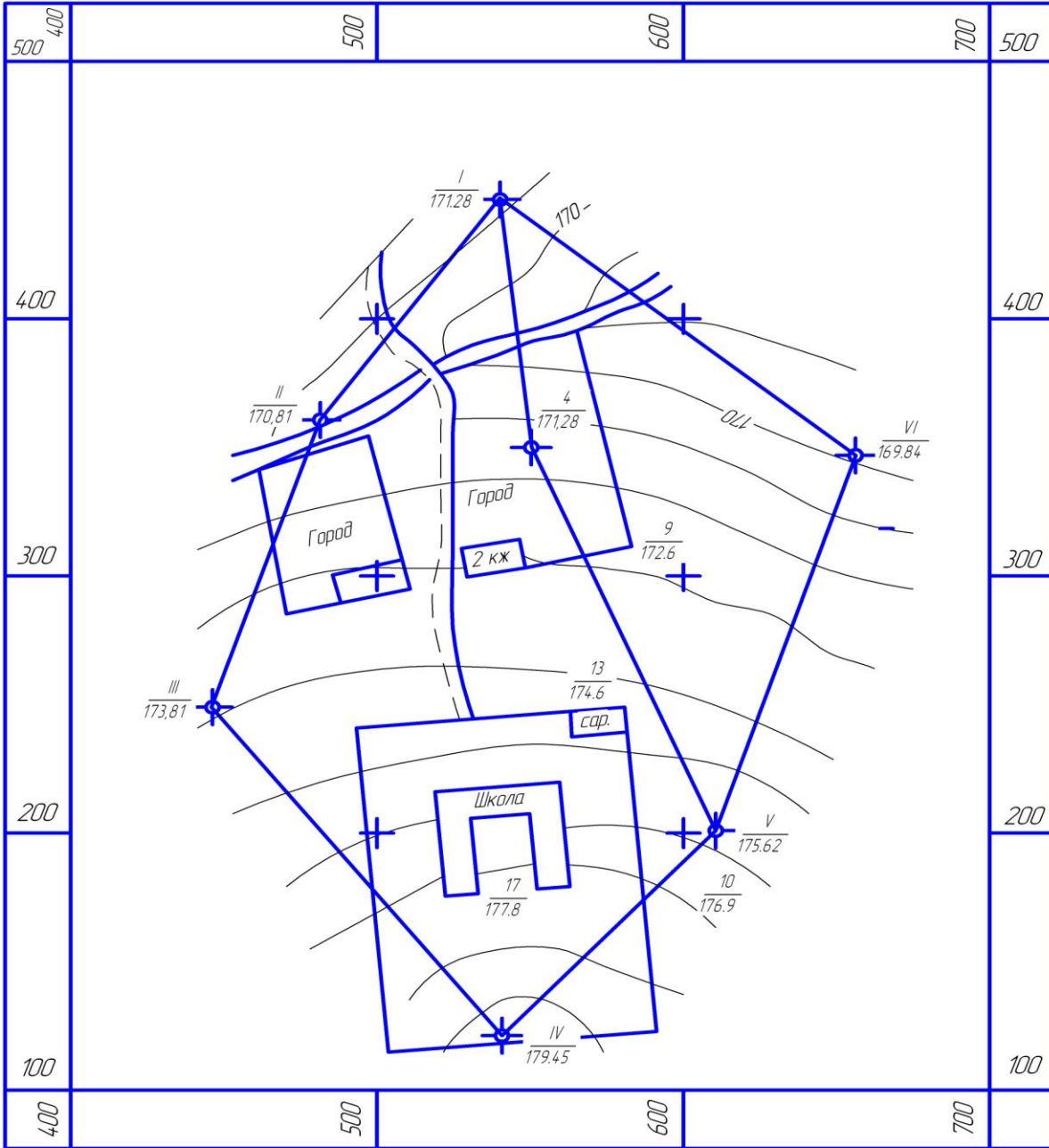
ДОДАТОК Д



ДОДАТОК Е
 АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ ІНСТИТУТ
 ДВНЗ Дон НТУ

Система висот Балтійська
 Система координат умовна

Донецька обл.
 м. Горлівка



1:1000

В 1 сантиметрі 10 метрів

Суцільні горизонталі проведені через 1 метр

Тахеометрична зйомка
 АДІ ДВНЗ Дон НТУ
 Виконав: ст. гр. АД-108
 Іванов А. В.

ЕЛЕКТРОННЕ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ВИДАННЯ

Оболонков Дмитро Федорович

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ТА РОЗРАХУНКОВО-
ГРАФІЧНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ «ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ»
(ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 6.060.101)**

Підписано до випуску _____.____.20__р. Гарнітура Times New.

Умов. друк. арк. _____. Зам. № _____.

Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний університет»

Автомобільно-дорожній інститут

84646, м. Горлівка, вул. Кірова, 51

Е-mail: druknf@rambler.ru

Редакційно-видавничий відділ

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовників і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 2982 від 21.09.2007р.