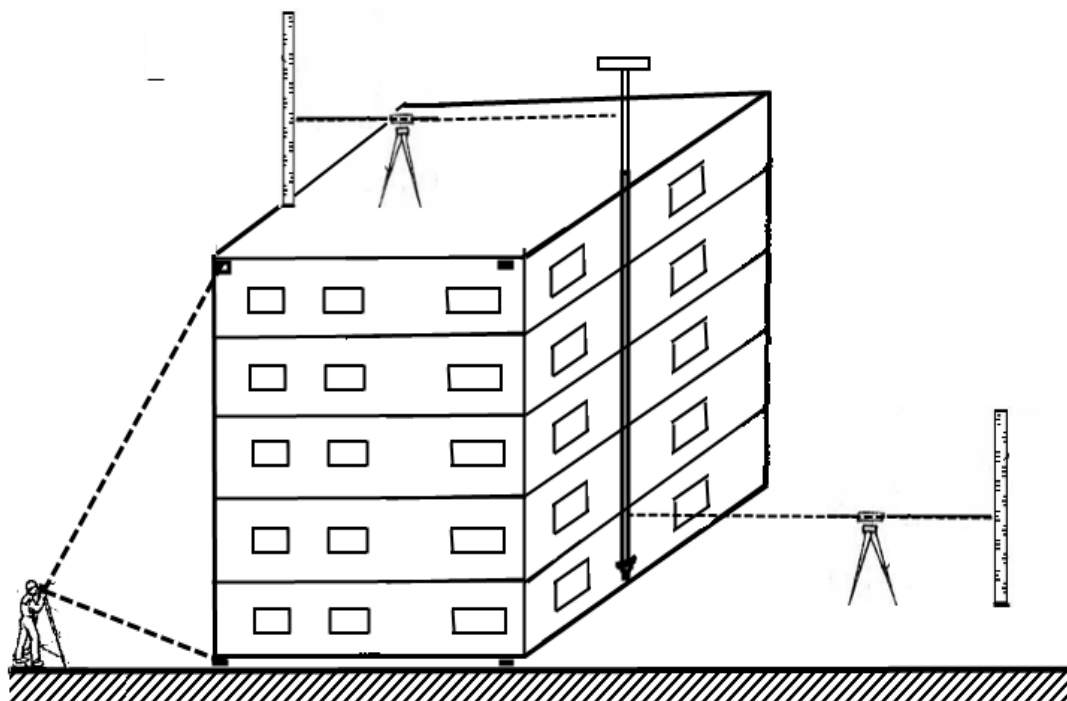


ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
БУДІВНИЦТВА
Частина 1



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

***ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
БУДІВНИЦТВА***

Частина 1

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2014

УДК 528.482(075)

ББК 38.115я73

Г35

Автори:

Ратушняк Г. С., Панкевич О. Д., Бікс Ю. С., Вовк Т. Ю.

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 11 від 26.06.2013 р.).

Рецензенти:

І. Н. Дудар, доктор технічних наук, професор

М. Ф. Друкований, доктор технічних наук, професор

В. П. Ясній, доктор технічних наук, професор

Геодезичне забезпечення будівництва. Частина 1. : навчальний
Г35 посібник / [Ратушняк Г. С., Панкевич О. Д., Бікс Ю. С., Вовк Т. Ю.] –
Вінниця : ВНТУ, 2014. – 98 с.

В навчальному посібнику розглянуто геодезичну підготовку перенесення проекту будівництва в натуру, проектування вертикального розпланування будівельного майданчика, інженерно-геодезичні роботи при трасуванні лінійних споруд та загальні принципи виконання геодезичних робіт при розмічуванні споруд.

Призначений для студентів будівельних спеціальностей, рекомендується для самостійного та дистанційного навчання студентів.

Електронний варіант посібника розміщений на сайті кафедри теплогазопостачання ВНТУ, електронна адреса http://tgp.vntu.edu.ua/metod_ukr.html.

УДК 528.482(075)

ББК 38.115я73

© Г. Ратушняк, О. Панкевич, Ю. Бікс, Т. Вовк, 2014

ЗМІСТ

	Передмова.....	5
1	ГЕОДЕЗИЧНА ПІДГОТОВКА ПЕРЕНЕСЕННЯ ПРОЕКТУ В НАТУРУ.....	6
1.1	Задачі і види геодезичних робіт з розмічування споруд.....	6
1.2	Геодезична розмічувальна мережа для будівництва.....	8
1.3	Закріплення геодезичної розмічувальної мережі на будівельному майданчику.....	12
1.4	Будівельна координатна сітка.....	18
1.5	Будівельні допуски та розрахунки точності розмічувальних робіт.....	20
	Контрольні запитання для самоперевірки знань.....	26
2	ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РОЗПЛАНУВАННЯ.....	28
2.1	Аналіз методів проектування вертикального розпланування.....	28
2.2	Складання плану будівельного майданчика.....	34
2.3	Проектування оформлювальної площини.....	38
2.4	Точність визначення об'ємів земляних робіт.....	46
	Контрольні запитання для самоперевірки знань.....	48
3	ГЕОДЕЗИЧНЕ ТРАСУВАННЯ ЛІНІЙНИХ СПОРУД.....	49
3.1	Польові роботи при геодезичному трасуванні.....	49
3.2	Обробка журналу технічного нівелювання.....	52
3.3	Розрахунок основних елементів кривих.....	56
3.4	Побудова поздовжнього і поперечного профілю траси.....	61
3.5	Нанесення проектної лінії і обчислення відміток проектних точок.....	63
3.6	Визначення відстаней до точок нульових робіт.....	65
	Контрольні запитання для самоперевірки знань.....	66
4	ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗАДАЧ НА МІСЦЕВОСТІ	67
4.1	Визначення висоти доступної споруди.....	67
4.2	Визначення висоти недоступної споруди.....	68
4.3	Визначення відстані до недоступної точки.....	70
4.4	Визначення довжини лінії посереднім методом при наявності перешкод.....	72
4.5	Перенесення на натуру проектного горизонтального кута.....	73

4.6	Перенесення на натуру лінії заданої довжини.....	77
4.7	Перенесення на натуру проектних позначок.....	79
4.8	Перенесення позначок у глибокий котлован.....	83
4.9	Перенесення позначок на монтажний горизонт.....	85
4.10	Перенесення на натуру лінії з заданим уклоном.....	87
4.11	Побудова площини заданого уклону.....	91
4.12	Визначення поздовжнього уклону річки.....	92
	Контрольні запитання для самоперевірки знань.....	94
	Список використаних джерел.....	95
	Словник.....	96

ПЕРЕДМОВА

Проектування, будівництво та обслуговування будівельних об'єктів передбачає врахування природних та техногенних факторів на техніко-економічні характеристики споруд, їх надійність та довговічність. Якість будівництва визначається вдосконаленням технології будівельно-монтажного виробництва, невід'ємною складовою якого є геодезичні роботи. Прикладів техногенних катастроф та руйнації будівель і споруд внаслідок допущених помилок при їх проектуванні, будівництві та експлуатації більше ніж достатньо.

Проблема належної теоретичної й практичної підготовки фахівців для будівельної галузі пов'язана з отриманням ними знань з геодезичного забезпечення будівництва на всіх етапах його життєвого циклу. Розв'язання цієї задачі потребує відповідного методичного забезпечення навчального процесу, яке б сприяло розвитку інженерного мислення та актуалізації творчої самостійної діяльності в отриманні навичок та вмінь із рішення інженерно-геодезичних задач при проектуванні, будівництві та експлуатації будівельних об'єктів.

В даному навчальному посібнику викладено матеріали щодо геодезичної підготовки перенесення проекту будівництва на натуру та проектування вертикального розпланування будівельного майданчика. Розглянуто інженерно-геодезичні роботи при трасуванні лінійних споруд та загальні принципи виконання геодезичних робіт при розмічуванні споруд.

При викладенні матеріалу навчального посібника використано сучасну нормативну базу України, практичний досвід геодезичного забезпечення будівельно-монтажних робіт. Зміст навчального посібника відповідає навчальним планам підготовки фахівців за освітньо-професійною програмою напряму "Будівництво". Посібник призначений для активації самостійної роботи студентів та буде сприяти розвитку інженерного мислення в отриманні навичок та умінь з геодезичного забезпечення будівництва. В зв'язку з цим окремі положення мають специфічну методику викладення та супроводжуються прикладами, які роз'яснюють теорію та суть питань, що розглядаються.

Видання навчального посібника підготовлено колективом викладачів Вінницького національного технічного університету з врахуванням досвіду інженерно-геодезичної підготовки фахівців у провідних університетах України. Керівник авторського колективу – академік Академії будівництва України, заслужений працівник освіти України професор Г. С. Ратушняк.

Автори вдячні рецензентам за поради та зауваження, врахування яких сприяло покращенню змісту даного навчального посібника.

1 ГЕОДЕЗИЧНА ПІДГОТОВКА ПЕРЕНЕСЕННЯ ПРОЕКТУ СПОРУДИ В НАТУРУ

1.1 Задачі і види геодезичних робіт з розмічування споруди

Геодезичні роботи з планового та висотного розмічування споруд є складовою частиною будівельно-монтажного виробництва.

Розмічуванням споруди називається сукупність геодезичних робіт на будівельному майданчику з перенесення проекту споруди на натуру.

Завданням розмічувальних робіт є визначення для будівельних цілей положення на натурі проектних точок, ліній, площин, поверхонь. Розмічувальні роботи зводяться до побудови на місцевості ліній і кутів, що знаходяться у горизонтальній та вертикальній площинах. Правильність побудови ліній і кутів перевіряють шляхом вимірювань їх після того, як вони позначені на місцевості.

Розрізняють **планове** і **висотне** розмічування споруд, до яких відносяться **основні** і **детальні** розмічувальні роботи.

Основні розмічувальні роботи полягають у визначенні на місцевості положення головних осей і будівельного нуля інженерної споруди. Вони переносяться на натуру від пунктів планової і висотної геодезичної основи, яка побудована в районі споруди, що будується.

Детальні розмічувальні роботи полягають у визначенні планового і висотного положення тих чи інших частин інженерної споруди, які задають його геометричні контури. Детальні розмічувальні роботи виконуються, як правило, від раніше перенесених на натуру головних та основних осей споруди шляхом розмічування основних і допоміжних осей, а також характерних точок і натурних ліній, що визначають положення всіх конструктивних деталей споруди.

Для виконання розмічувальних робіт необхідні такі матеріали:

- 1) генеральний план споруди;
- 2) будівельний генеральний план тимчасових і допоміжних споруд;
- 3) робочі креслення споруди, що будується, М1:100 – М1:500;
- 4) проект вертикального розпланування будівельного майданчика М 1:1000 – М 1:2000;
- 5) плани і профілі підземних комунікацій і споруд в масштабі горизонтальному 1:2000 – 1:5000 та вертикальному 1:200 – 1:500;
- 6) план геодезичної розмічувальної мережі з кресленнями центрів і верхніх знаків (рис. 1.1).

На основі цих документів виконується геодезична підготовка проекту, яка включає:

- складення розмічувальних креслень з наведенням даних прив'язки головних і основних осей споруди до пунктів розмічувальної сітки;

– розроблення проекту виробництва геодезичних розмічувальних робіт (ПВГР).

Підготовка даних для розмічування споруди може виконуватись графічно, аналітично і графоаналітично.

Графічний спосіб застосовують, якщо проект будівлі або споруди не пов'язаний з існуючою забудовою. Положення окремих точок чи кутів будівель і споруд визначають за планом з допомогою циркуля, транспортира і масштабної лінійки.

Точність графічної підготовки розмічувальних даних залежить від масштабу плану і визначається співвідношенням

$$\Delta = \delta \cdot \dot{I} , \quad (1.1)$$

де δ – величина граничної точності, що береться 0,2 мм;

\dot{I} – знаменник числового масштабу.

Чим крупніший масштаб, тим вища точність отриманих величин.

Значний вплив на точність графічної підготовки даних має деформація паперу, на якому складено план.

Графічний спосіб підготовки даних для розмічування споруди застосовується, коли не вимагається висока точність та необхідно швидко отримати результати.

Аналітичний спосіб проектування є найбільш точним, оскільки всі проектні дані знаходять за результатами математичних розрахунків.

Величини кутів, відстаней і відміток отримують шляхом аналітичних розрахунків, тобто рішенням оберненої геодезичної задачі за формулами:

$$tg \alpha_{\bar{A}\bar{I}} = \frac{Y_{\bar{I}} - Y_{\bar{A}}}{\tilde{O}_{\bar{I}} - \tilde{O}_{\bar{A}}} , \quad (1.2)$$

$$S_{\bar{I}} = \frac{Y_{\bar{I}} - Y_{\bar{A}}}{\sin \alpha_{\bar{A}\bar{I}}} = \frac{\tilde{O}_{\bar{I}} - \tilde{O}_{\bar{A}}}{\cos \alpha_{\bar{A}\bar{I}}} , \quad (1.3)$$

де $\alpha_{\bar{A}\bar{I}}$ – дирекційний кут напрямку між пунктом геодезичної розмічувальної сітки та проектною точкою;

$S_{\bar{I}}$ – горизонтальне прокладення від пункту геодезичної розмічувальної сітки до проектної точки;

$Y_{\bar{I}}, X_{\bar{I}}$ – координати проектної точки;

$Y_{\bar{A}}, X_{\bar{A}}$ – координати пункту геодезичної розмічувальної сітки.

Аналітичний спосіб вигідно застосовувати при наявності на будівельному майданчику геодезичної будівельної сітки. Поздовжні і поперечні розміри від будівель і споруд розмічують відносно будівельної сітки так, щоб сума відрізків по осях давала довжини сторін квадрата чи прямокутника сітки.

При **графоаналітичному способі** частину вихідних даних для проектування отримують графічно з топографічного плану, а всі інші дані отримують аналітично. Графоаналітичний спосіб застосовують при складанні генпланів промислових підприємств, що підлягають реконструкції. Тоді ув'язку існуючих будівель і споруд з тими, що знову проектуються, виконують аналітичним способом: визначають координати кутів існуючих будівель, колодязів інженерних систем, точок перенесення осей проїздів тощо, використовуючи на місцевості пункти геодезичної основи.

Геодезична підготовка робіт з розмічування завершується складенням схеми розмічування, на якій позначають:

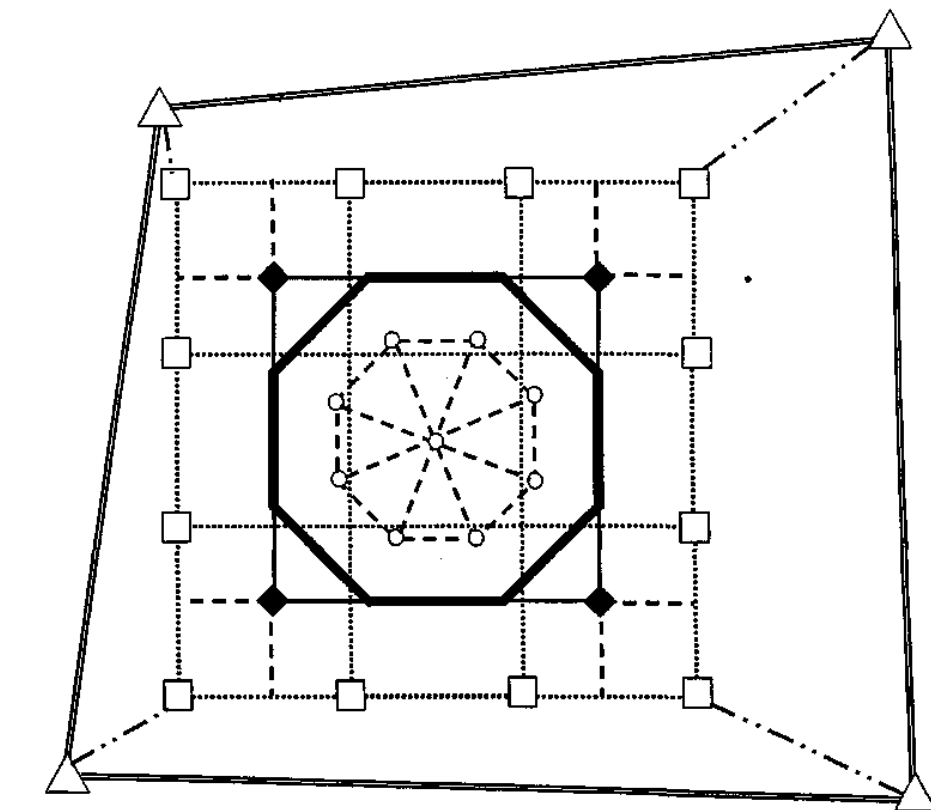
- пункти геодезичної основи;
- опорні точки і основні осі будівель і споруд;
- всі аналітичні дані кутових і лінійних вимірювань;
- розміри будівель по осях;
- ескізні зарисовки.

1.2 Геодезична розмічувальна мережа для будівництва

Геодезична розмічувальна мережа – геодезична мережа, що створюється для перенесення проекту в натуру (червоні лінії, будівельна координатна сітка) з прив'язкою до опорної геодезичної мережі. Геодезичну розмічувальну мережу будівельного майданчика поділяють на зовнішню і внутрішню та відповідно на планову й висотну.

Геодезичну розмічувальну мережу закріплюють центрами геодезичних пунктів з прив'язкою до пунктів опорної геодезичної мережі, які визначають положення будівлі (споруди) на місцевості та забезпечують виконання подальших вимірювань у процесі будівництва з найменшими витратами і необхідною точністю. Пункти планової та висотної геодезичних розмічувальних мереж, як правило, потрібно поєднувати.

Зовнішня геодезична розмічувальна мережа – геодезична мережа, що створюється для винесення на натуру головних або основних розмічувальних осей, виконання детальних розмічувальних робіт на будівельному майданчику та виконавчої зйомки. Зовнішня геодезична розмічувальна мережа переважно закріплює головні та основні осі будівлі (споруди). Приклади закріплення головних та основних осей будівлі (споруди) зображені на схемі (рис. 1.1).



- ▲ — Опорна геодезична мережа
- — Зовнішня геодезична розмічувальна мережа
- ◆ — Punkти закріплення основних осей споруди
- — Внутрішня геодезична розмічувальна мережа
- · — — Прив'язка зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі до опорної геодезичної мережі
- — — Контур споруди

Рисунок 1.1 – Типова схема геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика

Внутрішня геодезична розмічувальна мережа – геодезична мережа, що створюється на вихідному та монтажних горизонтах для виконання детальних розмічувальних робіт при монтажі будівельних конструкцій та елементів, та контролю точності геометричних параметрів будівництва. Внутрішня геодезична розмічувальна мережа будівель (споруд) створюється у вигляді мережі геодезичних пунктів на вихідному і монтажних горизонтах будівель (споруд).

Роботи з побудови геодезичної розмічувальної мережі для будівництва виконують згідно з проектом або розмічувальним кресленням. Креслення геодезичної розмічувальної мережі слід виконувати в масштабі генерального плану будівельного майданчика.

Планову геодезичну розмічувальну мережу будівельного майданчика створюють у вигляді:

а) червоних або інших ліній регулювання забудови;

б) будівельної координатної сітки з розмірами сторін 50, 100, 200 м та інших видів геодезичних мереж.

Висотну геодезичну розмічувальну мережу будівельного майданчика створюють у вигляді нівелірних ходів, що спираються не менше ніж на два репери опорної геодезичної мережі.

Вимоги до точності геодезичних вимірювань при побудові геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика треба приймати відповідно до даних таблиці 1.1 [11].

Таблиця 1.1 – Точність геодезичних вимірювань при побудові геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика

Характеристика об'єктів будівництва	Середні квадратичні похибки побудови геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика, не більше		
	кутові вимірювання	лінійні вимірювання	нівелювання на 1 км подвійного ходу, мм
Підприємства та групи будівель (споруд) на ділянках площею більше ніж 1 км ² ; окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови більше ніж 100 тис. м ²	3"	2 мм для L до 50 м, $\frac{L}{25000}$ для L понад 50 м	3 (за програмою II класу відповідно до інструкції з нівелювання)
Підприємства та групи будівель (споруд) на ділянках площею менше ніж 1 км ² ; окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови від 10 до 100 тис. м ²	5"	5 мм для L до 50 м, $\frac{L}{10000}$ для L понад 50 м	5 (за програмою III класу відповідно до інструкції з нівелювання)
Окремо розташовані будівлі (споруди) із площею забудови менше ніж 10 тис. м ² ; дороги, інженерні мережі в межах територій, що забудовуються	10"	10 мм для L до 50 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 50 м	10 (за програмою IV класу відповідно до інструкції з нівелювання)
Дороги, інженерні мережі територій, які не забудовуються; земляні споруди, а також вертикальне планування	30"	25 мм для L до 50 м, $\frac{L}{2000}$ для L понад 50 м	20 (за програмою технічного нівелювання)
Примітка. L – довжина, що вимірюється.			

Точність геодезичних вимірювань при побудові зовнішньої та внутрішньої геодезичних розмічувальних мереж будівель (споруд), у тому числі винесення основних чи головних розмічувальних осей, треба приймати відповідно до даних таблиці 1.2 [11].

Таблиця 1.2 – Точність побудови зовнішньої і внутрішньої геодезичних розмічувальних мереж будинку (споруди) й інших розмічувальних робіт

Характеристика будівель, споруд, будівельних конструкцій	Середні квадратичні похибки побудови зовнішньої і внутрішньої геодезичних розмічувальних мереж будинку (споруди) й інших розмічувальних робіт, не більше				
	лінійні вимірювання	кутові вимірювання	нівелювання на станції на вихідному та монтажному горизонтах, мм	передача позначок на монтажний горизонт відносно вихідного, мм	передача точок, осей по вертикалі, мм
1	2	3	4	5	6
Металеві конструкції з фрезерованими контактними поверхнями; збірні залізобетонні конструкції, які монтуються методом самофіксації у вузлах; будівлі та споруди висотою понад 100 м або із прогонами від 30 м до 36 м	1 мм для L до 15 м, $\frac{L}{15000}$ для L понад 15 м	5"	1	$2+10 \times H$	$1+2 \times H$
Будинки вище ніж 15 поверхів; будівлі та споруди висотою від 73,5 м до 100 м або із прогонами від 18 до 30 м	2 мм для L до 20 м, $\frac{L}{10000}$ для L понад 20 м	10"	2	$4+15 \times H$	$2+3 \times H$
Будинки до 15 поверхів; будівлі та споруди висотою до 73,5 м або із прогонами від 6 м до 18 м	3 мм для L до 15 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 15 м	15"	3	$6+20 \times H$	$3+5 \times H$

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
Будинки до 5 поверхів; будівлі та споруди висотою до 15 м	4 мм для L до 20 м, $\frac{L}{5000}$ для L понад 20 м	30"	5	$10+50 \times H$	$5 +$ $+10 \times H$
<p>Примітка 1. Величини середніх квадратичних похибок (колонки 2 – 4) призначаються залежно від наявності однієї з характеристик, що зазначені в колонці 1; при наявності двох і більше характерних величин середніх квадратичних похибок призначаються за тією характеристикою, якій відповідає вища точність.</p> <p>Примітка 2. Точність геодезичних побудов при будівництві висотних, експериментальних, унікальних і складних об'єктів і монтажі фундаментів технологічного устаткування треба визначати розрахунками на основі спеціальних технічних умов і з урахуванням особливих вимог до допусків, що передбачаються проектом.</p> <p>Примітка 3. H – різниця позначок двох будь-яких монтажних горизонтів виражена в сотнях метрів ($100 \text{ м} = 1$)</p>					

1.3 Закріплення геодезичної розмічувальної мережі на будівельному майданчику

Закріплення пунктів геодезичної розмічувальної мережі для будівництва виконують відповідно до вимог нормативних документів. Знаки закріплення пунктів геодезичної розмічувальної мережі для будівництва та основних чи головних розмічувальних осей будівель (споруд) наведено на рис. 1.2 – 1.7.

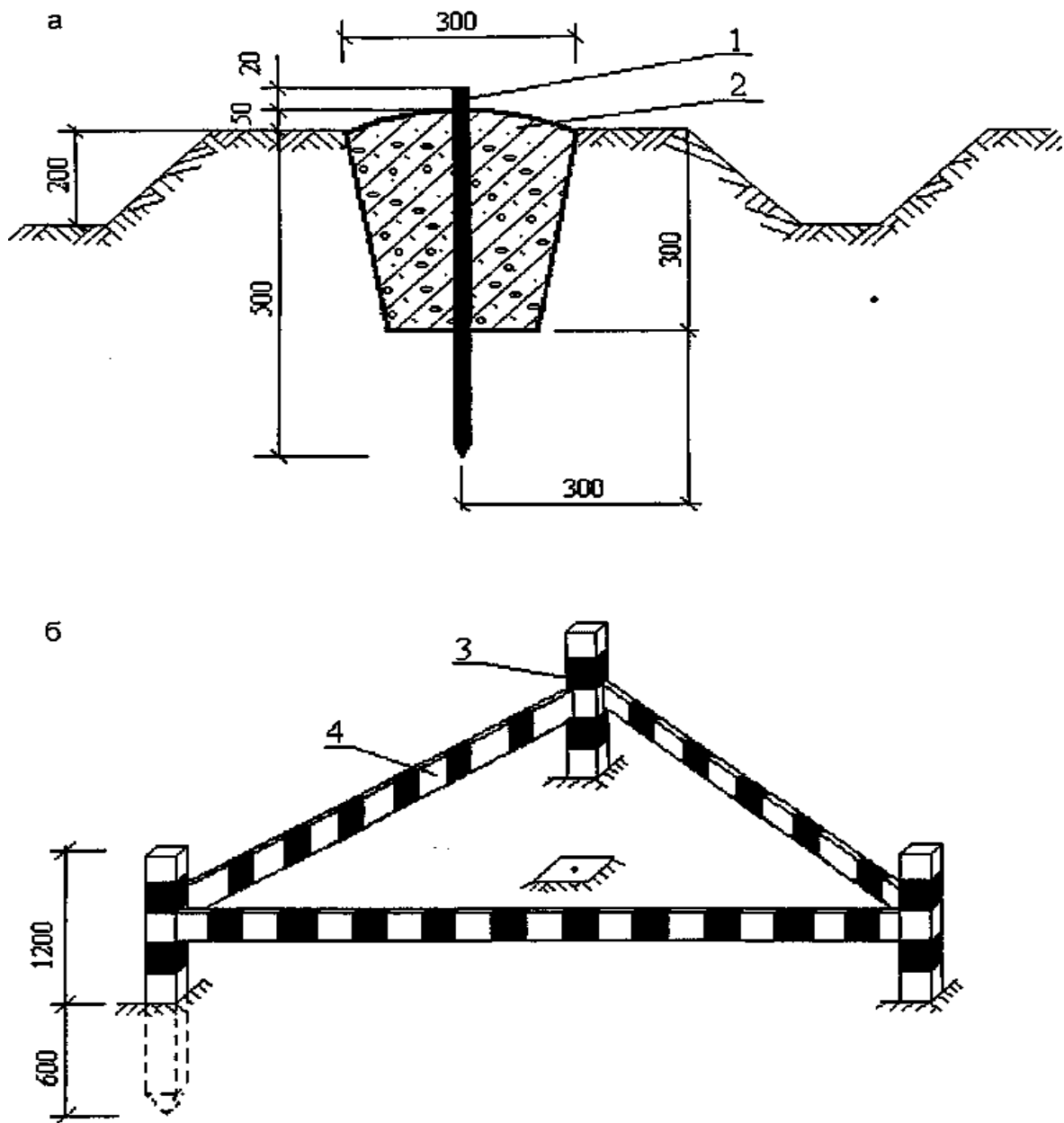


Рисунок 1.2 – Закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі: а – геодезичний пункт закріплення основних або головних розмічувальних осей будинку до 5 поверхів, споруди висотою до 15 м із тривалістю будівництва до 0,5 року, інженерних мереж усередині майданчика, б – огорожа пункту: 1 – металевий стрижень діаметром 16 мм; 2 – бетон класу В7,5; 3 – дерев'яний стовп розміром 1800×80×80 мм або металева труба діаметром від 30 до 50 мм; 4 – дошка розміром 1500×80×20 мм або металевий кутник розміром 25×25×2 мм

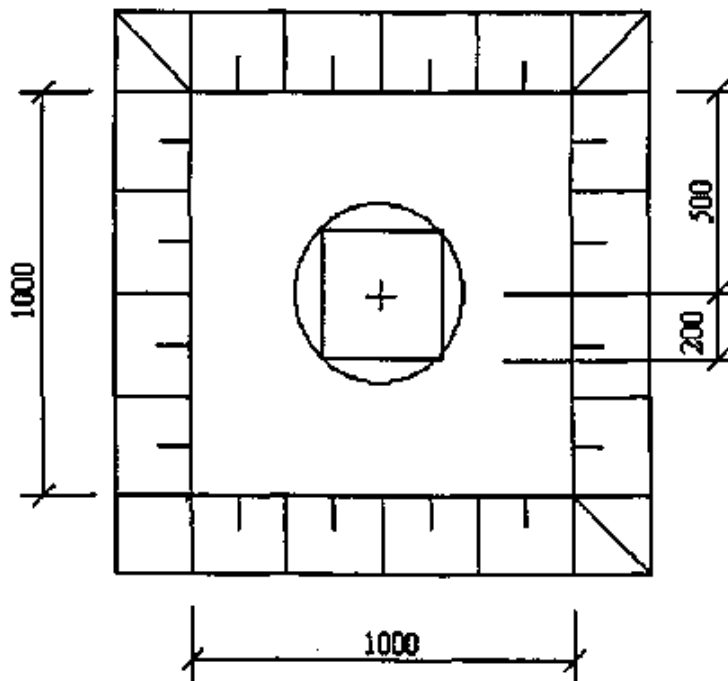
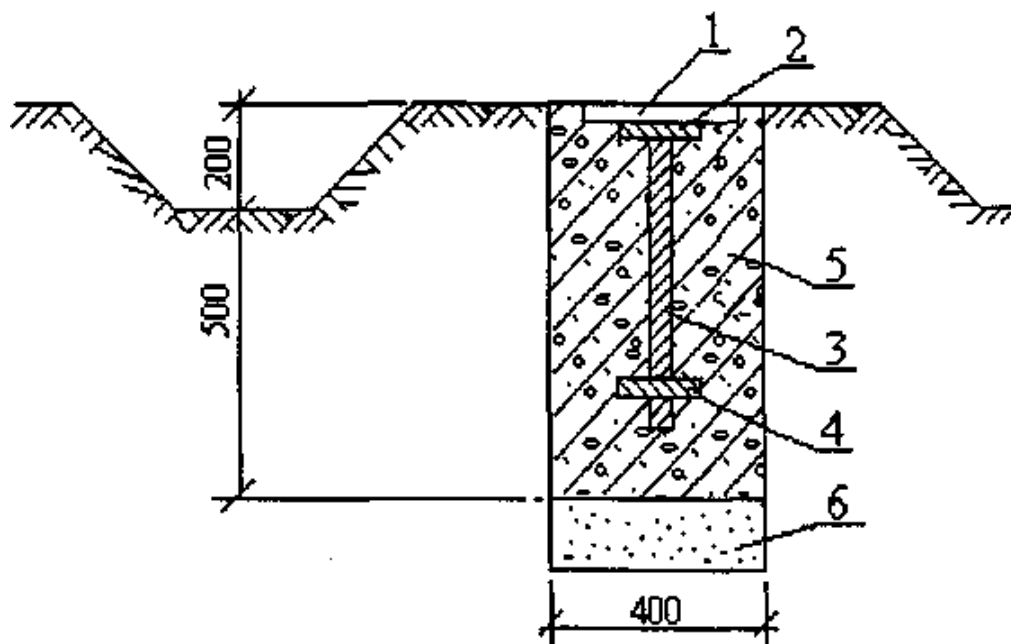


Рисунок 1.3 – Закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі будівель вище 5 поверхів, споруд висотою більше ніж 15 м з тривалістю будівництва до 0,5 року: 1 – дерев'яна кришка; 2 – металева пластина розміром $200 \times 200 \times 10$ мм; 3 – металева труба діаметром 30 мм; 4 – якір; 5 – бетон класу В 7,5; 6 – пісок

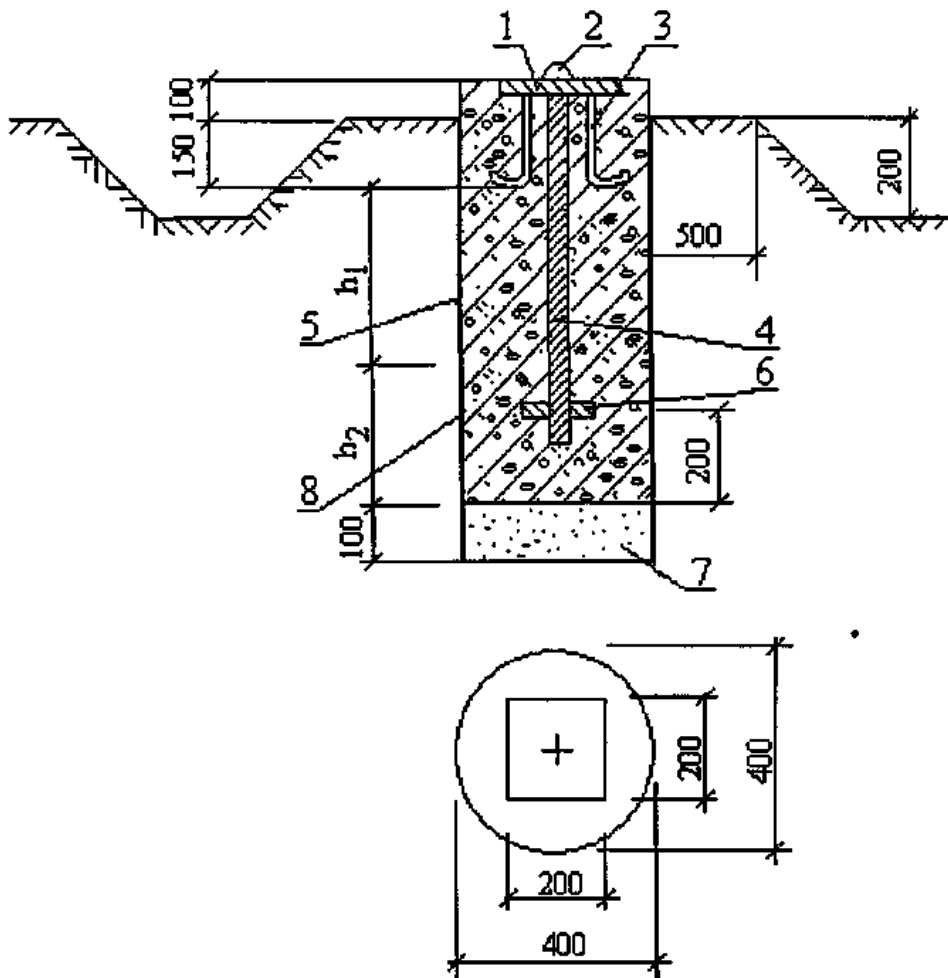


Рисунок 1.4 – Закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі будинків (споруд) з тривалістю будівництва більше ніж 0,5 року: 1 – металева пластина розміром 200×200×15 мм; 2 – заклепка із металу; 3 – анкер діаметром 15 мм; 4 – металева труба діаметром від 50 до 70 мм; 5 – бетон класів В7,5-В12,5; 6 – якір; 7 – пісок; 8 – два шари руберойду РЧ = 320; h_1 – відповідає найбільшій глибині промерзання ґрунту; h_2 – визначається відповідно до таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Значення глибин h_2

Ґрунт	Значення величини h_2 при глибині								
	h_1	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Піщаний	h_2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Суглинистий		0,6	0,9	1,1	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1

Огорожа пункту виконується відповідно до рисунка 1.2, б.

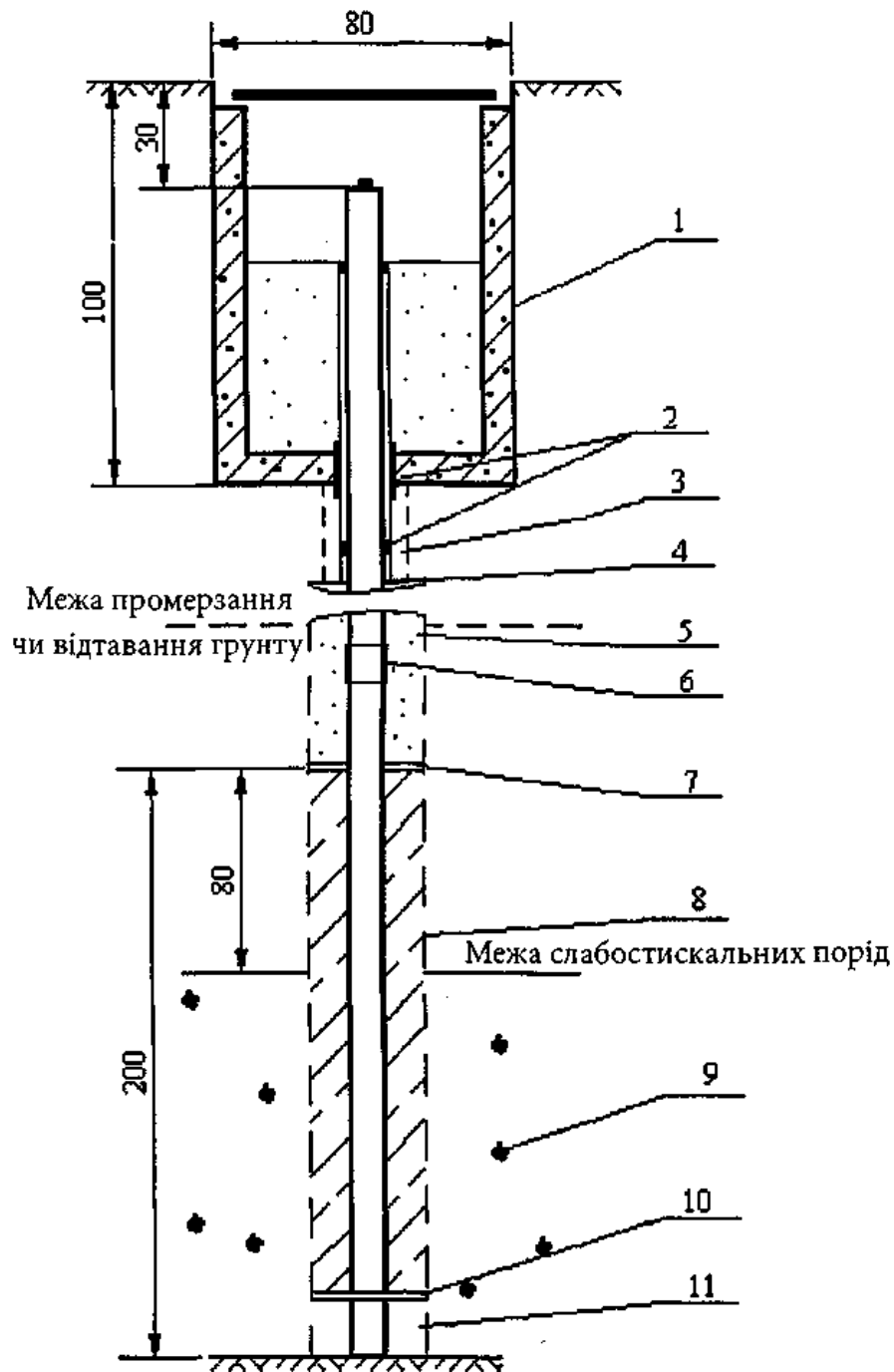


Рисунок 1.5 – Закріплення геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика та спеціальної інженерно-геодезичної мережі трубчастим глибинним репером для ділянок, де слабостискальні фунти залягають глибше 2 м (розміри наведені в сантиметрах): 1 – залізобетонний чи металевий колодязь із кришкою; 2 – сальники; 3 – захисна труба діаметром 150 – 200 мм; 4 – труба діаметром 80 – 150 мм; 5 – ґрунт (пісок, лес); 6 – муфта; 7 – обмежувальне кільце; 8 – свердловина діаметром 250 мм; 9 – бетон; 10 – металевий диск; 11 – цементний розчин

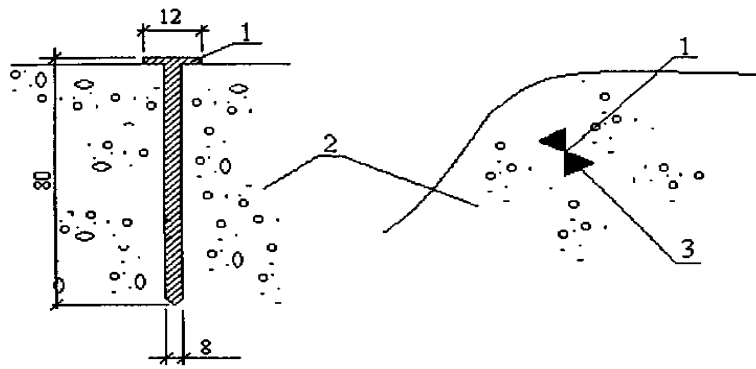


Рисунок 1.6 – Закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі на скелях та бетоні: 1 – дюбель-цвях; 2 – скеля, бетон; 3 – позначка знака (фарбою)

Огорожа знака виконується у вигляді бар'єра з каменів.

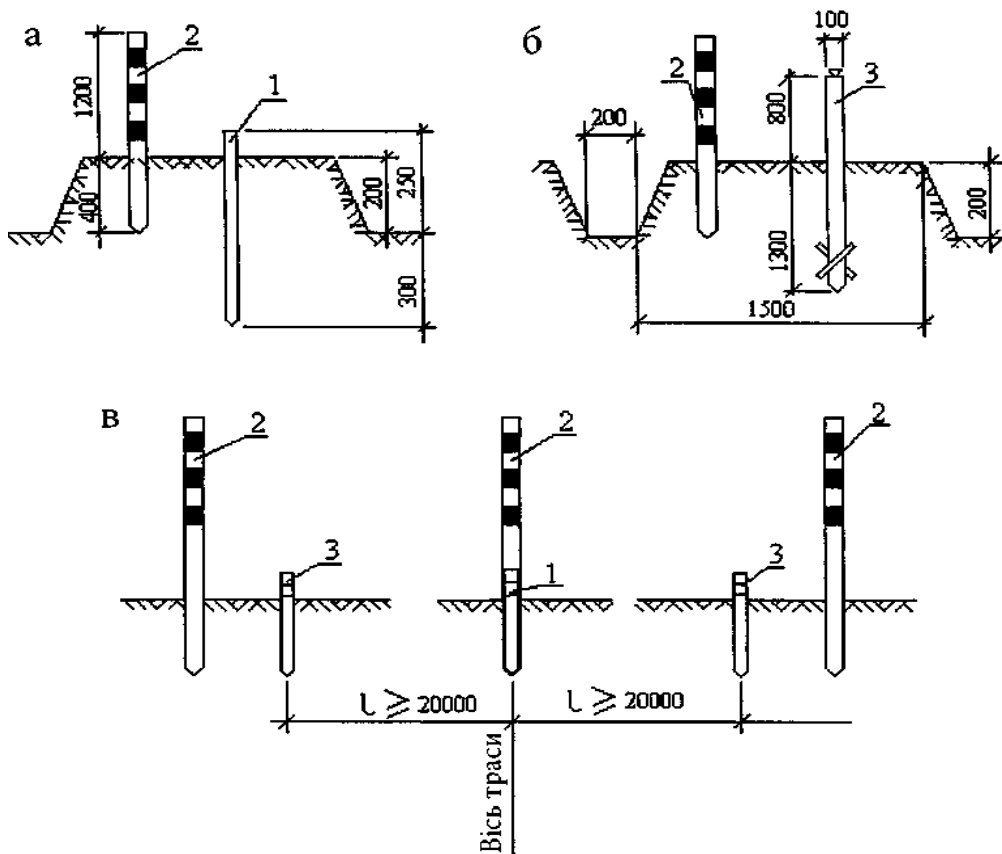


Рисунок 1.7 – Закріплення розмічувальних осей (геодезичної розмічувальної мережі) лінійних споруд: а, б – геодезичні пункти; в – схема закріплення пунктів розмічувальних осей: 1 – тимчасовий пункт із дерева чи металу діаметром від 15 мм до 30 мм; 2 – розпізнавальна віха діаметром від 50 мм до 80 мм; 3 – постійний пункт із дерева діаметром 100 мм або металу діаметром 80 мм

Місця закладання геодезичних знаків вказують на будгенплані

проекту, а також на розмічувальному кресленні.

Спостереження за сталістю пунктів геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика здійснюються інструментальними методами, не рідше, ніж два рази на рік (у весняний та осінньо-зимовий періоди).

1.4 Будівельна координатна сітка

Геодезичні роботи із перенесення проекту споруд на натуру потребують створення на будмайданчику спеціальної опорної мережі. В промисловому і цивільному будівництві застосовується **прямокутна система горизонтального планування**. Для спрощення розрахунків при розмічуванні напрямки координатних осей задають паралельними до основних осей будівель і споруд. Такій побудові відповідає **будівельна координатна сітка**, що являє собою систему опорних точок, які розміщені у вершинах квадратів або прямокутників зі сторонами 100 чи 200 м (рис. 1.8).

Перевага будівельної координатної сітки перед іншими видами геодезичного обґрунтування полягає в тому, що точність розмічування окремих будівель і споруд виходить рівномірною по всьому будівельному майданчику. Крім того, обчислення координат перетину розмічувальних осей, кутів будівель і окремих точок значно спрощується.

Проектування будівельної координатної сітки виконується на будівельному генеральному плані. Для цього проект будівельної сітки наносять на креслення генерального плану і намічають опорні геодезичні знаки в таких місцях, де їх збереження буде забезпечене на довгий термін. Пункти повинні бути розміщені, за змоги, ближче до споруд, що проектуються, з таким розрахунком, щоб кожен з них потрапив всередину відповідної фігури. За необхідності окремі сторони збільшують чи зменшують на величину, кратну 10 м.

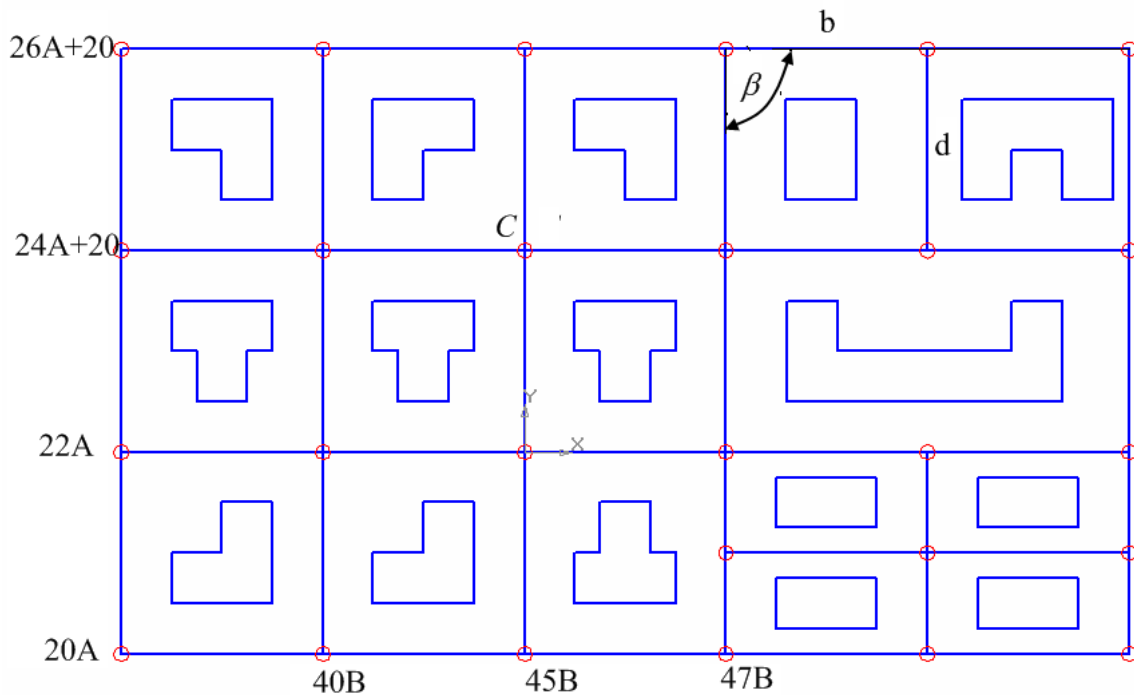


Рисунок 1.8 – Фрагмент будівельної координатної сітки: 20А, 22А, 24А+20,..., 40В, 45В, 47В – осі будівельної сітки; β – кут між осями будівельної сітки; b, d – довжини сторін будівельної сітки; С – точка перетину осей будівельної сітки.

Всередині основних фігур часто виділяють додаткові фігури з довжинами сторін 20...40 м. Їх вершини є тимчасовими і використовуються для розмічування окремих елементів об'єктів, що будуються, в один із періодів будівництва.

Щоб запобігти появу від'ємних значень абсцис і ординат при геодезичній підготовці проекту початком координат вважають пункт сітки, розміщений в південно-західному куті будмайданчика. Від нього обчислюють координати інших пунктів за прийнятими в проекті довжинами сторін сітки.

Умовна система координат будівельної сітки позначається найчастіше таким чином: вісь абсцис – літерою А; вісь ординат – літерою В.

Координати точки С (рис. 1.8): А = 2420; В = 4500.

Найбільш поширеним способом створення будівельної сітки є спосіб полігонометрії. Вимірювання сторін будівельної сітки виконується світловіддалемірами. Кути на пунктах вимірюють точними оптичними теодолітами.

Взаємне планове розташування точок будівельної сітки визначається з похибкою $\pm 10...20$ мм, а висотне ± 3 мм.

Складовою частиною проектування будівельної сітки є приблизне оцінення точності геодезичних вимірювань, необхідне при перенесенні сітки на місцевість. Середня квадратична похибка $\frac{m_d}{d}$ зв'язуючої

сторони d даного ряду (тобто сторони, спільної для двох суміжних фігур), створюваного методом полігонометрії, може бути обчислена за формулою

$$\frac{m_d}{d} = \sqrt{\left(\frac{m_a}{\alpha}\right)^2 + \left(\frac{m_\beta}{\beta}\right)^2} \left(\frac{b}{d}\right)^n, \quad (1.4)$$

де m_a – середня квадратична похибка вихідної сторони a ;

m_β – середня квадратична похибка вимірювання кутів;

b – довжина сторони, перпендикулярна до зв'язуючої, що визначається (проміжна сторона);

n – число прямокутників чи квадратів від вихідної сторони сітки (a) до зв'язуючої, що визначається.

Роль будівельної координатної сітки не обмежується забезпеченням розмічувальних робіт. В подальшому її пункти використовуються як геодезична основа для виконавчої зйомки побудованих споруд.

1.5 Будівельні допуски та розрахунки точності розмічувальних робіт

Похибки розмічувальних робіт не повинні перевищувати величин будівельних допусків.

Встановлені класи точності виготовлення елементів будівель і споруд, будівельних виробів, деталей та обладнання і установлений порядок призначення їх розмірів, що в сукупності складає єдину модульну систему (ЄМС). За ЄМС основні розміри будівель і споруд повинні бути кратними модулю $M = 100$ мм. З урахуванням цього відстані між розмічувальними осями повинні бути для будівель кратними модулю 200 мм, а для споруд кратними модулю 100 мм.

В модульній системі задаються розрахункові проектні чи номінальні розміри, тобто відстані між гранями конструкцій чи осями будівель і споруд. Внаслідок того, що при виготовленні будівельних конструкцій, при їх установленні в проектне положення, а також при розмічуванні на натурі будівельних і монтажних осей допускаються відхилення, номінальні (проектні) розміри неможливо отримати (рис. 1.9). В ЄМС вводиться поняття “дійсних розмірів”, які мають відхилення від проектних (\pm).

Допуск – зона між найбільшим і найменшим відхиленням дійсного (фактичного) розміру від проектного.

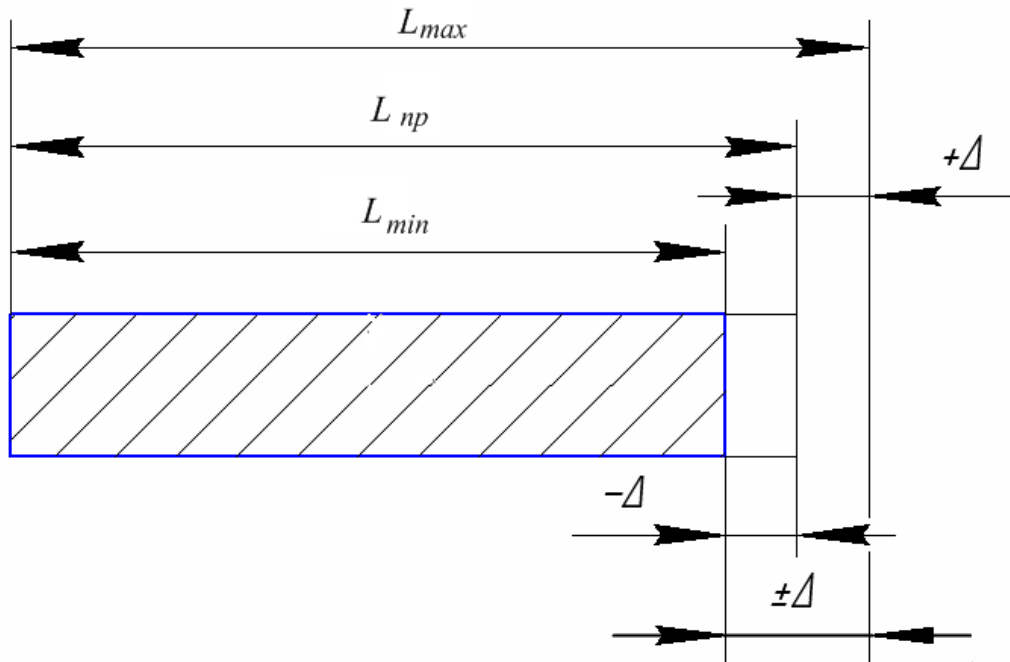


Рисунок 1.9 – Допуск при виготовленні будівельних конструкцій:
 L_{i0} – проектний розмір конструкції; L_{max} – максимально можливий розмір конструкції з урахуванням допуску; L_{min} – мінімально можливий розмір конструкції з урахуванням допуску; $\pm \Delta$ – величина допуску

Аналогічна картина спостерігається і при виконанні геодезичних розмічувальних робіт.

Залежно від допуску розраховується і точність вимірювань. Точність характеризується ступенем наближення дійсних розмірів до основних проектних розмірів. Система допусків в будівництві побудована за принципом групування за класом точності, який визначається залежно від призначення і способів виробництва будівельно-монтажних і геодезичних робіт.

Допуск залежно від класу точності і розміру виробу може бути визначений за формулою

$$\Delta(l) = c \cdot i, \quad (1.5)$$

де i – одиниця допуску;

c – коефіцієнт точності (стале число для даного класу точності).

Для конструкцій довжиною до 10000 мм одиниця допуску обчислюється за формулою:

$$i = 0,45\sqrt[3]{L} + 0,001\sqrt{L}, \quad (1.6)$$

де i – одиниця допуску виражена в міліметрах;
 L – розмір елемента, мм.

Першим членом формули (1.6) враховуються зовнішні розміри конструкції на точність виготовлення, другим членом – вплив розміру конструкції на точність вимірювання.

Якщо довжина конструкції перевищує 10000 мм, то одиниця допуску розраховується за формулою

$$i = 0,45\sqrt[3]{L} + 0,01\sqrt{L}. \quad (1.7)$$

При геодезичному обслуговуванні будівельно-монтажних робіт вимірювання виконують за трьома класами точності для будівель і споруд, що будуються зі збірних елементів (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Допуски при побудові розмічувальних осей

Розміри між осями сусідніх конструкцій, мм	Допуски при класові точності розмічування, мм		
	1-й	2-й	3-й
до 9000	2	5	6
9000-15000	3	6	8
15000-21000	4	7	10
21000-27000	4	8	12
28000-33000	5	9	14
більше 33000	$4\sqrt{i}$	$8\sqrt{i}$	$11\sqrt{i}$

n – число вимірів двадцятиметровою стрічкою.

Точність детального розмічування залежить від ряду факторів:

- точності технологічного розрахунку;
- точності будівельно-монтажних робіт;
- точності геодезичних розмічувань.

Якщо вважати похибку вказаних факторів випадковими і незалежними, то середня квадратична похибка детального розмічування $m_{\dot{A}D}$ дорівнює

$$m_{\dot{A}D} = \sqrt{m_{\dot{A}}^2 + m_{\dot{O}}^2 + m_{\dot{A}D}^2}, \quad (1.8)$$

де $m_{\dot{A}}$ – похибка геодезичних розмічувальних робіт;

$m_{\dot{O}}$ – похибка технологічних розрахунків;

m_{AD} – похибка будівельних робіт.

Будь-яка постановка геодезичних розмічувальних робіт не в змозі зменшити або змінити характер похибок m_O і m_{AD} , але вона може установити величину $m_{\tilde{A}}$ так, щоб похибка геодезичних робіт була малою й не впливала на похибку і довговічність будівлі, що зводиться.

Вважаючи, що

$$\sqrt{m_O^2 + m_{AD}^2} = \Delta_{\tilde{N}}, \quad (1.9)$$

де $\Delta_{\tilde{N}}$ – будівельний допуск, вважатимемо, що між $\Delta_{\tilde{N}}$ і $m_{\tilde{A}}$ існує статистичний зв'язок у вигляді

$$\Delta_{\tilde{N}} = \tau \cdot m_{\tilde{A}}, \quad (1.10)$$

де τ – коефіцієнт, що береться згідно з потрібною точністю розмічування.

У більшості випадків, вважаючи $\Delta_{\tilde{N}}$ граничною похибкою для геодезичних розмічувальних робіт, τ беруть рівним 3, тоді точність

$$m_{\tilde{A}} = \frac{\Delta_{\tilde{N}}}{3}. \quad (1.11)$$

Для унікальних і суцільних споруд, що потребують високої точності зведення, точність геодезичних розмічувальних робіт подвоюється

$$m_{\tilde{A}} = \frac{\Delta_{\tilde{N}}}{6}. \quad (1.12)$$

Розрахунок за формулами (1.8) – (1.12) визначає загальні принципи розрахунку точності геодезичних розмічувальних робіт за умови незначного впливу похибок геодезичних розмічувальних робіт на міцнісні характеристики споруд, що будуються.

В конкретних випадках точність розмічування обумовлюється в проекті виробництва геодезичних робіт (ПВГР).

При розгляді розрахунків точності геодезичних розмічувальних робіт в основу були покладені одновимірні співвідношення теорії похибок. Однак нові споруди, особливо висотні, є єдиним цілим, що складається зі

зв'язаних між собою ланок і елементів.

Тому при розрахунку точності геодезичних робіт для зведення споруди бажано виходити із багатомірних співвідношень теорії похибок. Саму споруду необхідно розглядати як ціль, що складається із неперервних ланок.

Таку задачу вирішує теорія розмірних ланцюгів.

Розмірним ланцюгом називається розміщена по замкнутому контуру сукупність спряжених між собою параметрів – розмірів.

Кожен із цих складових параметрів називається ланкою ланцюга.

За характером розміщення ланок розмірні ланцюги поділяються на лінійні, плоскі, просторові і кутові.

Основна властивість розмірних ланцюгів – сума ланок замкнутого ланцюга дорівнює останній, і виражається рівнянням

$$L = f(l_1; l_2; l_3 \dots l_n), \quad (1.13)$$

де L – остання ланка;

$l_1; l_2; l_3 \dots l_n$ – ланки, що складають ланцюг.

Для лінійних ланцюгів цей вираз має простий вигляд:

$$\bar{L} = \bar{l}_1 + \bar{l}_2 + \bar{l}_3 + \dots + \bar{l}_n. \quad (1.14)$$

При зведенні споруд через похибки розмічування, монтажу і виготовлення збірних елементів розміри в ланцюгу не будуть дорівнювати своєму проектному значенню.

Припускаючи, що ці зміни будуть $\Delta l_1; \Delta l_2; \Delta l_3 \dots \Delta l_n$ запишемо (1.13) і (1.14) у вигляді:

$$L + \Delta L = f(l_1 + \Delta l_1; l_2 + \Delta l_2; l_3 + \Delta l_3 \dots l_n + \Delta l_n), \quad (1.15)$$

$$\bar{L} + \Delta L = \bar{l}_1 + \Delta l_1; \bar{l}_2 + \Delta l_2; \bar{l}_3 + \Delta l_3 \dots \bar{l}_n + \Delta l_n, \quad (1.16)$$

або

$$\Delta L - \left(\frac{\partial f}{\partial l_1} \Delta l_1 + \frac{\partial f}{\partial l_2} \Delta l_2 + \frac{\partial f}{\partial l_3} \Delta l_3 + \dots + \frac{\partial f}{\partial l_n} \Delta l_n \right) = 0, \quad (1.17)$$

$$\overline{\Delta L} = (\overline{\Delta l_1} + \overline{\Delta l_2} + \overline{\Delta l_3} \dots + \overline{\Delta l_n}). \quad (1.18)$$

Рівняння (1.17, 1.18) – рівняння ланцюга похибок. За допомогою цих рівнянь розв’язують дві задачі:

- пряма; за допусками окремих ланок ланцюга знаходять допуски на загальну ланку;
- обернена; за допуском на останню ланку знаходять допуски на складові ланки.

Якщо припустити, що $\overline{\Delta l_1}; \overline{\Delta l_2}; \overline{\Delta l_3} \dots \overline{\Delta l_n}$ – випадкові похибки відповідних ланок і між собою незалежні, то від рівнянь похибок (1.17, 1.18) можна переходити до відповідних середніх квадратичних похибок за формулами:

$$m_L = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial l_1}\right)^2 m_{l_1}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial l_2}\right)^2 m_{l_2}^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial l_3}\right)^2 m_{l_3}^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial l_n}\right)^2 m_{l_n}^2}, \quad (1.19)$$

$$\overline{m_L} = \sqrt{m_{l_1}^2 + m_{l_2}^2 + m_{l_3}^2 + \dots + m_{l_n}^2}, \quad (1.20)$$

де $m_{l_1}; m_{l_2}; m_{l_3}; \dots; m_{l_n}$ – середня квадратична похибка відповідної окремої ланки, що в сукупності складають замикаючу ланку.

Як приклад наведемо рівняння розмірного ланцюга при монтажі колон та ригеля. Як останню ланку прийемо відстані між розмічувальними осями L (рис. 1.10).

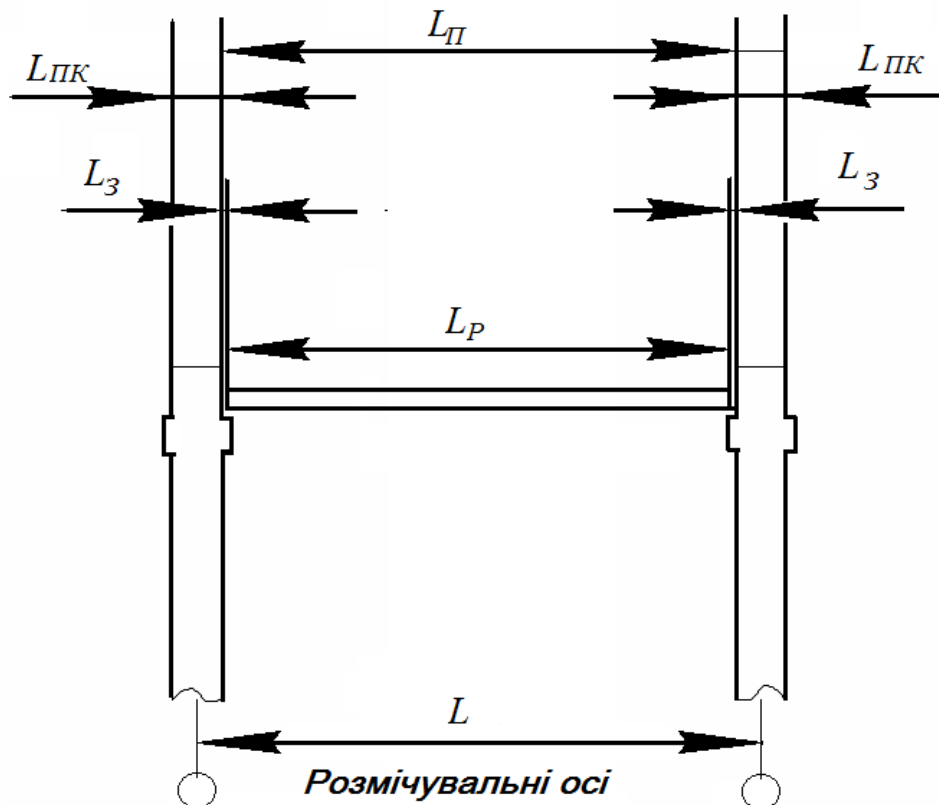


Рисунок 1.10 – Схема до складання рівняння розмірного ланцюга

$$L = L_{i\hat{E}} + L_D + 2L_C \quad (1.21)$$

або

$$L_{i\hat{E}} + L_D + 2L_C - L = 0, \quad (1.22)$$

де $L_{ПК}$ – розмір перерізу колони,

L_D – довжина ригеля,

L_C – розмір зазору.

Контрольні запитання для самоперевірки знань

1. Що називають розмічуванням споруди?
2. Як класифікують розмічувальні роботи?
3. Які матеріали необхідні для виконання розмічувальних робіт?
4. Суть графічного способу підготовки даних для розмічування споруди.
5. Суть аналітичного способу підготовки даних для розмічування

- споруди.
6. Суть графоаналітичного способу підготовки даних для розмічування споруди.
 7. Що називають геодезичної розмічувальною мережею для будівництва?
 8. Для чого слугує зовнішня та внутрішня геодезична розмічувальна мережа?
 9. Як створюють планову геодезичну розмічувальну мережу?
 10. Як створюють висотну геодезичну розмічувальну мережу?
 11. Які фактори впливають на точність геодезичних вимірювань при побудові геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика?
 12. Способи та знаки закріплення зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі на будівельному майданчику.
 13. Способи та знаки закріплення розмічувальних осей лінійних споруд.
 14. Принцип побудови будівельної координатної сітки.
 15. Оцінення точності геодезичних вимірювань, необхідне при перенесенні координатної сітки на місцевість.
 16. Будівельні допуски.
 17. Розрахунок точності розмічувальних робіт.
 18. Які задачі розв'язують за допомогою рівняння ланцюга похибок?

2 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РОЗПЛАНУВАННЯ

2.1 Аналіз методів проектування вертикального розпланування

В практиці проектування залежно від рівня інженерного обладнання та благоустрою території застосовують суцільну, вибіркочу і змішану системи вертикального розпланування.

Залежно від точності визначення проектних відміток та об'єму розрахунків проектування виконують графічним, аналітичним і графоаналітичним способами. Найбільш широко використовується графоаналітичний спосіб, який дозволяє поєднувати проектні розрахунки з мінімальними графічними побудовами.

Залежно від принципу зображення проектного рельєфу будмайданчика застосовують такі методи: профілів, проектних горизонталей, аналітичний і комбінований.

Метод проектних горизонталей полягає в зображенні проектованого рельєфу в нових горизонталях з допустимими ухилами поверхні, що дозволяє легко уявити собі майбутній рельєф території. Зміна природного рельєфу відбувається шляхом зрізання та підсипання ґрунту. Проектні горизонталі між лініями перегинів та схилів зображають прямими паралельними лініями. Звичайне рисування рельєфу виконують після вибору в місці перетину площин відміток опорних точок. Переріз для проектних горизонталей (0,1; 0,2; 0,25 і 0,5 м) вибирають залежно від характеру природного рельєфу.

Обриси проектних горизонталей залежать від форми запроєктованої поверхні (рис. 2.1). Відстані між горизонталями характеризують ухил. Злам горизонталей говорить про те, що поверхня має кілька схилів. Кут, утворений горизонталлю і спрямований убік меншої позначки, означає гребінь, убік більшої – лоток. Розриви і зміщення горизонталей біля планувальних елементів показують вертикальну стінку, висота якої дорівнює різниці позначок двох горизонталей, що примикають до стінки з різних боків. Концентрично розташовані замкнуті горизонталі з відмітками, що зменшуються від центра, означають пагорб, що збільшуються від центра – улоговину.

Відстань між суміжними проектними горизонталями на плані обчислюють за формулою, м:

$$l = h_c / iM, \quad (2.1)$$

де h_c – висота перерізу, м;

i – поздовжній проектний схил;

M – знаменник числового масштабу плану.

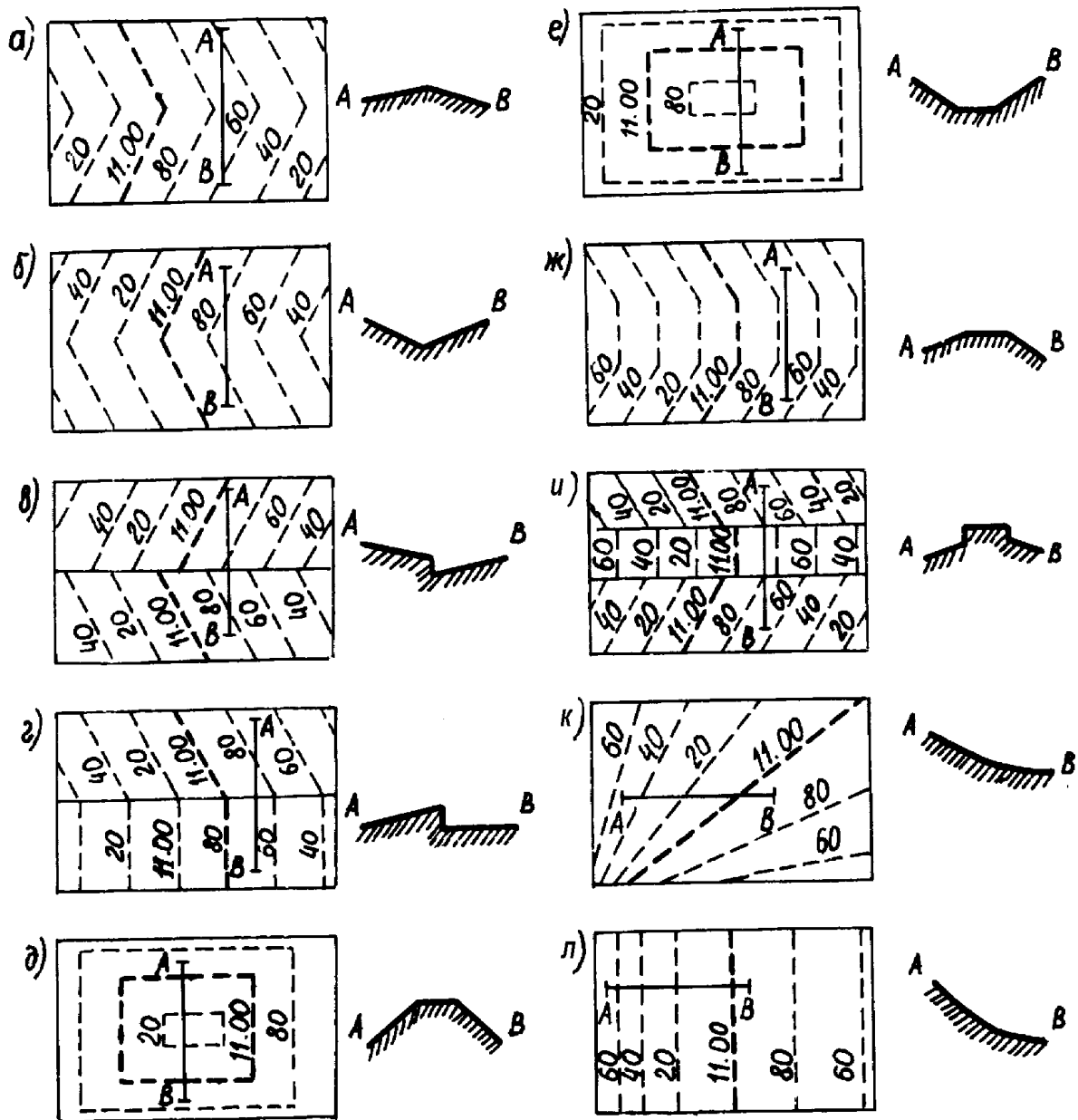


Рисунок 2.1 – Зображення проектними горизонталями планованої поверхні: а – опукла з гребенем; б – увігнута з лотком; в, г – розділення поверхонь бортовим каменем (підпірною стінкою); д – пагорб; е – котловина; ж – сполучення трьох площин; и – розділова смуга на проїжджій частині; к – помірно нахилена; л – нахилена.

На межі двох оформлювальних площин проектні горизонталі мають злам, проектні відмітки точок отримують графічно за проектними горизонталями.

Ступінь наближення ідентичних чорних і проектних горизонталей

плану характеризує величину зрізу та насипу.

Знак робочої відмітки визначають за напрямом зміщення ідентичних горизонталей відносно однієї до одної.

Об'єм земляних робіт, м³:

$$V = 0.5h_c(F_1 + 2F_2 + 2F_3 + \dots + F_n), \quad (2.2)$$

де h_c – висота перерізу рельєфу, м;

$F_1, F_2 \dots F_n$ – приведені до місцевості площі ділянок, які розташовані між ідентичними горизонталями, окремо для виїмок та насипів, м².

При використанні **методу профілів** на плані будмайданчика розбивають сітку 50 × 20 м з профільних ліній та поперечників до них за найбільш характерними контурами проекту (рис. 2.2 та 2.3). Потім наносять проектні відмітки опорних точок. Виходячи з допустимих мінімальних і максимальних схилів, намічають проектні лінії, які характеризують висотне розташування майбутніх споруд.

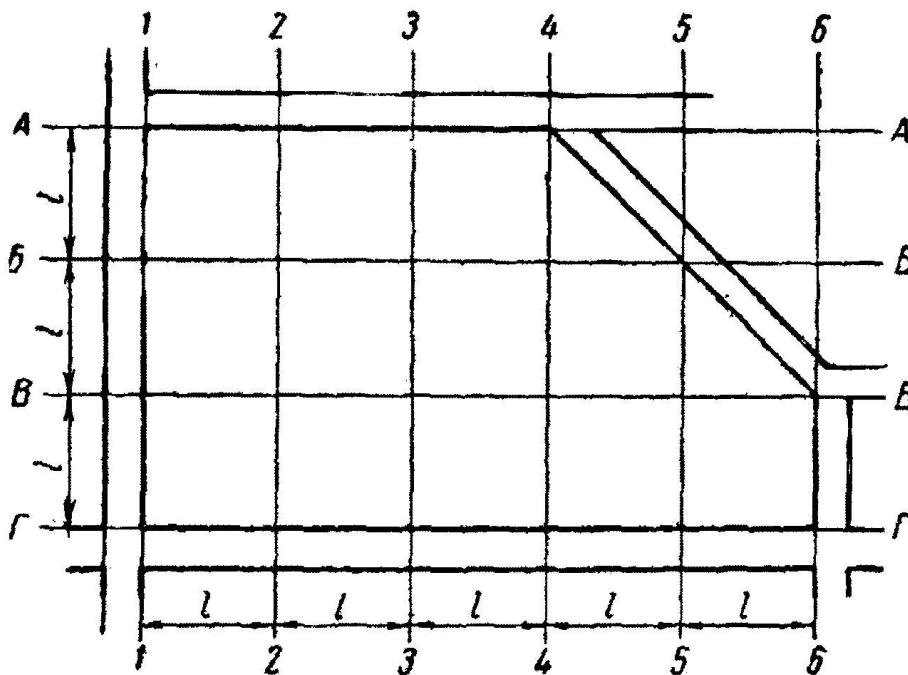


Рисунок 2.2 – Сітка профілів на ділянці проектування

За різницею проектних та фактичних відміток профілю визначають робочі відмітки, а за ними – площу виїмок і насипів. Визначають окремо об'єми виїмки і насипу в кожній секції між профілями, м³:

$$V = 0,5l(F_1 + F_2), \quad (2.3)$$

де l – відстань між паралельними профілями, м;

F_1, F_2 – приведені до місцевості площі виїмок або насипів на сусідніх профілях, м².

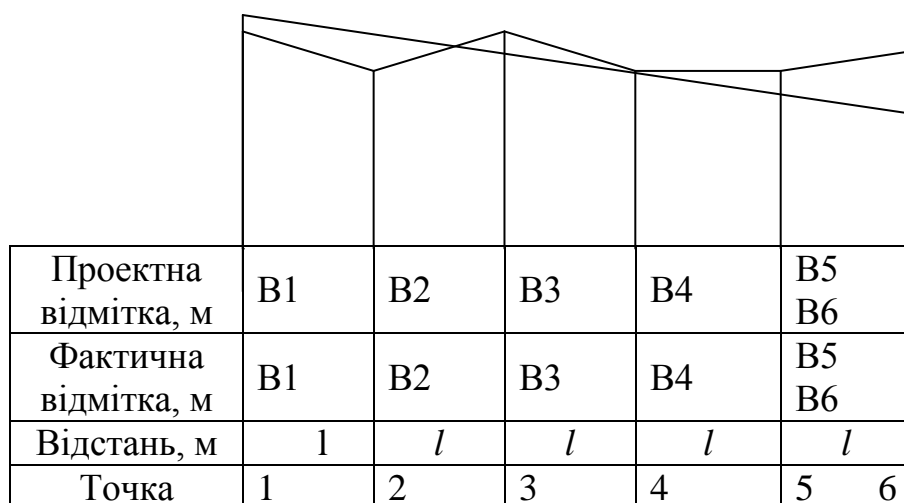


Рисунок 2.3 – Поздовжній профіль напрямку В-В

Сумарний об'єм земляних робіт за рівновіддаленими профілями, м³:

$$\sum V = 0.5L(F_1 + 2F_2 + 2F_3 + \dots + F_n), \quad (2.4)$$

де $F_1, F_2 \dots F_n$ – площа насипу та виїмки, м²;

L – відстань між початковим та кінцевим перерізом профілів, м,

$$L = \sum_{i=1}^n l_i, \quad (2.5)$$

де i – номер перерізу.

Метод профілів не забезпечує належної наочності загального рішення та високої точності підрахунку об'ємів земляних робіт при складному рельєфі.

При **аналітичному методі** проектування вертикального розпланування за основу прийнято принцип знаходження оптимального значення функції при заданій системі обмежень. Метод найменших квадратів забезпечує мінімум суми квадратів робочих відміток

$$[h]^2 = [(H - H_n)^2] = \min, \quad (2.6)$$

де h – робоча відмітка;

H, H_n – відповідно, фактична і проектна відмітка.

Проектування виконується на топографічному плані будмайданчика, який розбивають на квадрати з сторонами 10... 100 м.

При проектуванні похилого майданчика за методом найменших

квадратів для отримання мінімуму робіт з нульовим балансом з системи рівнянь:

$$[P] \cdot H_0 + [PX] \cdot i_x + [PY] \cdot i_y - [Ph_0] = 0; \quad (2.7)$$

$$[PX] \cdot H_0 + [PX^2] \cdot i_x + [PXY] \cdot i_y - [PXh_0] = 0; \quad (2.8)$$

$$[PY] \cdot H_0 + [PXY] \cdot i_x + [PY^2] \cdot i_y - [PYh_0] = 0 \quad (2.9)$$

визначають проектну відмітку H_0 початку координат і уклони i_x та i_y вздовж осей координат.

Якщо початок координат розміщено в центрі ваги будмайданчика, то

$$H_0 = [Ph_0] / [P]; \quad (2.10)$$

$$i_x = [PXh_0] / [PX^2]; \quad (2.11)$$

$$i_y = [PYh_0] / [PY^2], \quad (2.12)$$

де P – вага вершин сітки квадратів, які належать одному, двом, трьом та чотирьом квадратам;

h_0 – умовна фактична відмітка, м;

X, Y – координати вершин квадратів відносно центра ваги будмайданчика.

Контроль розв'язання

$$[Ph] = 0; \quad [PXh] = 0; \quad [PYh] = 0. \quad (2.13)$$

В практиці проектування відмітка центра ваги оформлювальної площини обчислюється за формулою, м:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (2.14)$$

де $\sum H_1, \sum H_2, \sum H_3, \sum H_4$, – сума відміток вершин, які належать відповідно одному, двом, трьом і чотирьом квадратам, м;

n – кількість квадратів сітки.

Проектні відмітки окремих вершин квадратів, м:

$$H_n = H_0 \pm X \cdot \frac{i_x}{2} \pm Y \cdot \frac{i_y}{2}. \quad (2.15)$$

Об'єми земляних робіт визначають за робочими відмітками вершин квадратів h_1, h_2, h_3, h_4 . При цьому можливе різноманітне поєднання знаків робочих відміток як з плюсом, так і з мінусом (рис. 2.4).

Формули для визначення об'ємів земляних робіт при різноманітних

комбінаціях знаків робочих відміток, м³:

а) при однакових знаках (рис. 2.4, а)

$$V_H = 0,125d^2(h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \quad (2.16)$$

де d – розмір сторони квадрата, м;

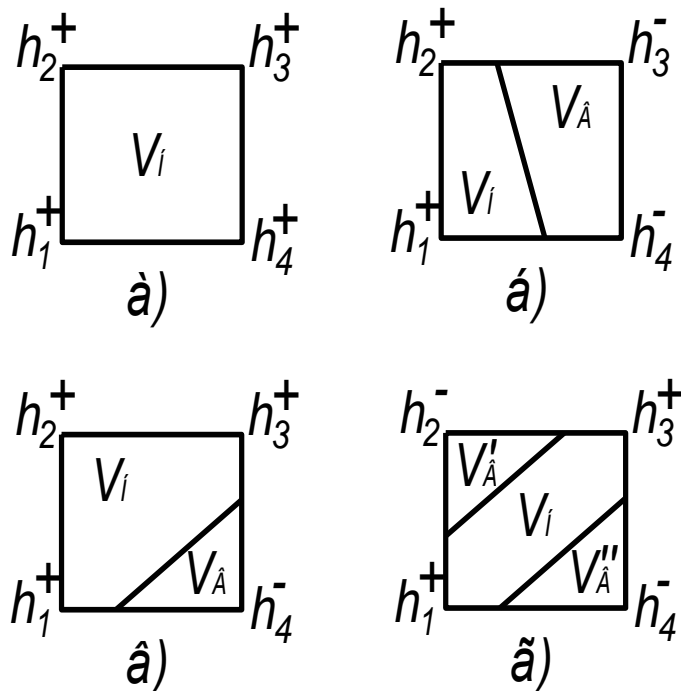


Рисунок 2.4 – Поєднання різних комбінацій знаків робочих відміток

б) при попарно різних знаках (рис. 2.4, б)

$$V_H = 0,125d^2(h_1 + h_2) \left(\frac{h_1}{h_1 - h_2} - \frac{h_2}{h_2 - h_3} \right); \quad (2.17)$$

$$V_B = 0,125d^2(h_3 + h_4) \left(\frac{h_4}{h_4 - h_1} + \frac{h_2}{h_3 - h_2} \right); \quad (2.18)$$

в) при одній з протилежним знаком (рис. 2.4, в)

$$V_H = 0,125 \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) - V_B; \quad (2.19)$$

$$V_B = 0,167 \cdot d^2 \cdot h_4^3 / (h_4 - h_1)(h_4 - h_3); \quad (2.20)$$

г) при діагонально симетричних знаках (рис. 2.4, г)

$$V_H = 0,125 \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_3) \cdot \left[2 - \left(\frac{h_2^2}{(h_2 - h_1) \cdot (h_2 - h_3)} - \frac{h_4^2}{(h_4 - h_1) \cdot (h_4 - h_3)} \right) \right]; \quad (2.21)$$

$$V_B = 0,167 \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_3) \cdot \left[2 - \left(\frac{h_2^3}{(h_2 - h_1) \cdot (h_2 - h_3)} - \frac{h_4^3}{(h_4 - h_1) \cdot (h_4 - h_3)} \right) \right]. \quad (2.22)$$

Обчислені за (2.16) – (2.22) об'єми земляних робіт вписують в кожний квадрат сітки на картограмі. В неповні квадрати вписують окремо об'єми насипів та виїмок. Визначають сумарні об'єми виїмок та насипів, а також складають баланс земляних робіт для будмайданчика в цілому.

2.2 Складання плану будівельного майданчика

Вихідні дані для складання плану: результати нівелювання поверхні по квадратах (рис. 2.5).

Відмітки вершин квадратів при геометричному нівелюванні способом “вперед” обчислюють через горизонт приладу за формулами

$$H_x = \tilde{A}I_x - \tilde{N}_x; \quad (2.23)$$

$$H_{\ddot{a}\ddot{d}} = \tilde{A}I_{\ddot{a}\ddot{d}} - \tilde{N}_{\ddot{a}\ddot{d}}, \quad (2.24)$$

де H_x , $H_{чер}$ – відмітка вершин квадратів, яка визначається через відлік, відповідно, за чорною C_x та червоною $C_{чер}$ стороною рейки, м;

$ГП_x$, $ГП_{чер}$ – горизонт приладу, визначається відповідно для чорної і червоної сторони рейки.

$$\tilde{A}I_x = \dot{I}_R + \dot{a}_x; \quad (2.25)$$

$$\tilde{A}I_{\ddot{a}\ddot{d}} = \dot{I}_R + \dot{a}_{\ddot{a}\ddot{d}}, \quad (2.26)$$

де a_x , $a_{чер}$ – відліки відповідно за чорною та червоною стороною рейки, яка встановлена на репері, м;

H_R – позначка репера, у прикладі $H_R = 150,947$ м:

$$ГП_x = 150,947 + 2,069 = 153,016 \text{ м};$$

$$ГП_{чер} = 150,947 + 6,852 = 157,799 \text{ м}.$$

Всі розрахунки наведено у табл. 2.1. Різниця відміток вершин квадратів, знайдених за відліками чорної і червоної сторони рейок, не повинна перевищувати 8 мм. Отримані значення відміток вершин квадратів визначають до 0,01 м і записують в графу $H_{0,01}$ (табл. 2.1).

За результатами визначення відміток вершин квадратів складають топографічний план будівельного майданчика.

Побудова топографічного плану будмайданчика складається з

нанесення на аркуш паперу в масштабі 1:500 сітки квадратів, проведення горизонталей з висотою перерізу рельєфу через 0,25 м та нанесення існуючих контурів ситуації. Поблизу кожної вершини квадрата виписують її відмітки з табл. 2.1, округлені до 0,01 м.

Рельєф місцевості зображують горизонталями. Їх виконують графічною інтерполяцією між точками, які знаходяться на одній відстані, тобто, визначають на плані точки, висоти яких кратні прийнятій висоті перерізу 0,25 м. Інтерполяцію виконують аналітичним і графічним способами.

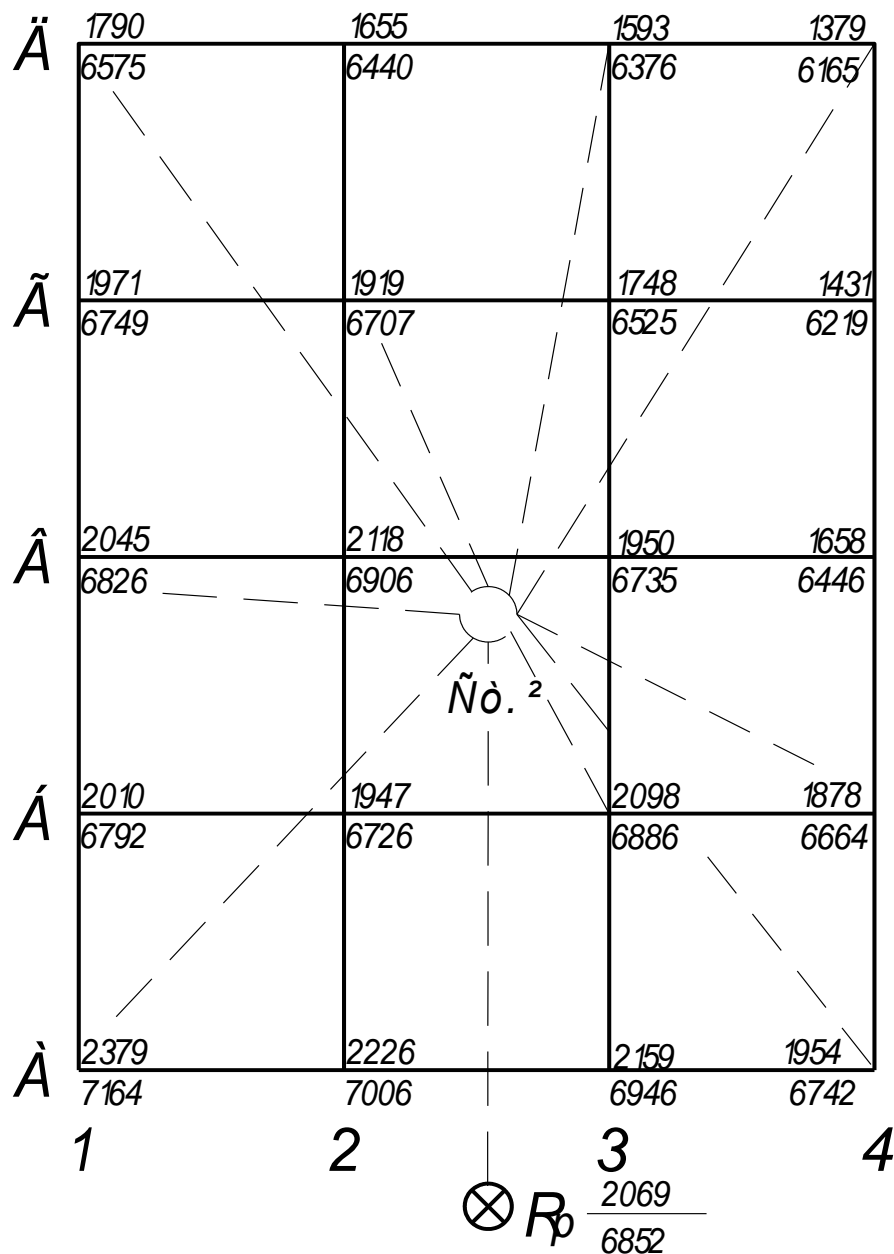


Рисунок 2.5 – Схема нівелювання поверхні по квадратах зі стороною 20 м

Таблиця 2.1 – Відомість визначення відміток вершин квадратів

Координати вершин	Горизонт приладу, м		Відмітки вершин, м		
	$ГП_ч$	$ГП_{чер}$	$H_ч$	$H_{чер}$	$H_{0,01}$
А-1	153,016	157,799	150,637	150,635	150,64
А-2			150,790	150,793	150,79
А-3			150,857	150,853	150,86
А-4			151,062	151,057	151,06
Б-1			151,000	151,002	151,01
Б-2			151,070	151,063	151,07
Б-3			150,918	150,913	150,92
Б-4			151,138	151,135	151,14
В-1			150,971	150,973	150,97
В-2			150,906	150,893	150,90
В-3			151,066	151,064	151,07
В-4			151,358	151,353	151,36
Г-1			151,042	151,050	151,05
Г-2			151,097	151,092	151,09
Г-3			151,268	151,264	151,27
Г-4			151,585	151,580	151,58
Д-1			151,226	151,224	151,22
Д-2			151,361	151,359	151,36
Д-3			151,423	151,423	151,42
Д-4			151,637	151,634	151,64

Аналітичний спосіб полягає в тому, що за відомими відмітками вершин квадратів на плані визначають розташування точок з відмітками, які кратні висоті перерізу, за допомогою розв'язання подібних трикутників (рис. 2.6).

Місце розташування горизонталі $H = 151,00$ від вершини Б/1, м:

$$d_1 = \frac{\Delta h_1}{H_{A/1} - H_{B/1}} \cdot d, \quad (2.27)$$

де Δh_1 – різниця між відміткою вершини $H_{B/1}$ та горизонталлю $H = 151,00$ м;

d – сторона квадрата, дорівнює 20 м;

$H_{B/1}$, $H_{A/1}$ – відмітка відповідно вершини Б/1 та А/1, м.

$$d_1 = \frac{151,01 - 151,00}{151,01 - 150,64} \cdot 20 = 5,4 \text{ м.}$$

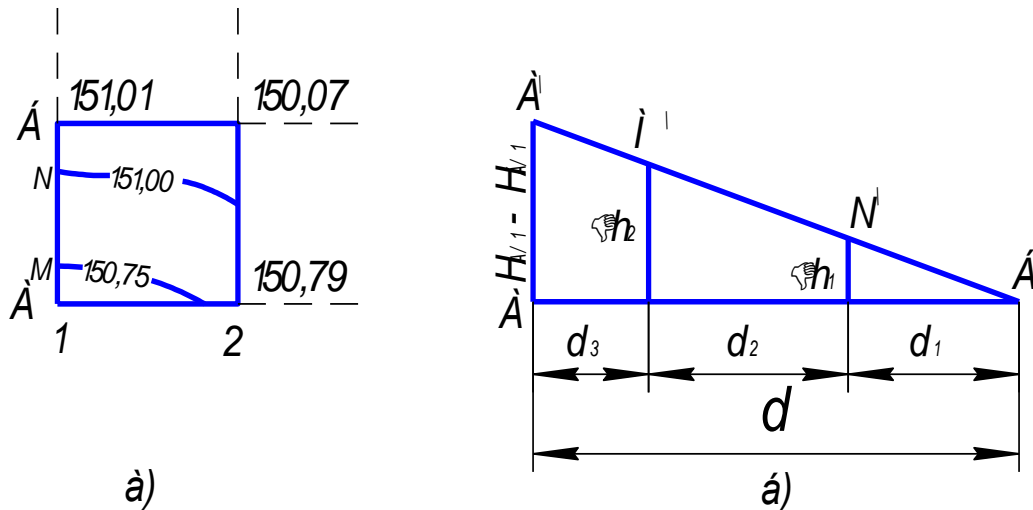


Рисунок 2.6 – Аналітичний спосіб інтерполяції:
 а – інтерполяція за всіма сторонами квадрата і діагоналі А/1 – Б/2; б – визначення на стороні А/1 – Б/1 розташування точок, які кратні прийнятій висоті перерізу

Точка N розташована на відстані $d_1 = 5,4$ м від вершини квадрата Б/1. Місце розташування горизонталі $H = 150,75$ від вершини Б/1, м:

$$d_1 + d_2 = \frac{\Delta h_2}{H_{A/1} - H_{B/1}} \cdot d, \quad (2.28)$$

де Δh_2 – різниця між відміткою вершини Б/1 та горизонталлю $H = 150,75$ м:

$$d_1 + d_2 = \frac{151,01 - 150,75}{151,01 - 150,64} \cdot 20 = 14,05 \text{ м.}$$

Точка М розташована на відстані $(d_1 + d_2) = 14,05$ м від вершини квадрата Б/1.

Відстані d_1 та $(d_1 + d_2)$ відкладають в масштабі 1:500 від вершини квадрата Б/1. Внаслідок цього отримують відповідно місце розташування на стороні квадрата горизонталей $H = 151,00$ м та $H = 150,75$ м.

Аналогічно інтерполюють по інших сторонах всіх квадратів та їх діагоналей. Через точки з однаковими висотами проводять однойменні горизонталі. В розриві між горизонталлями фіксують висоту горизонталі у напрямку вершини.

Графічний спосіб інтерполяції заснований на формулах (2.27) та (2.28) пропорційності елементів подібних трикутників. Для інтерполяції використовують палетку, яка виконана на міліметровці або восківці.

Палетку виготовляють так: на аркуші кальки проводять на довільних, але рівних між собою відстанях, паралельні лінії (рис. 2.7) і підписують їх відмітками, кратними висоті перерізу рельєфу 0,25 м, від найменшої до найбільшої.

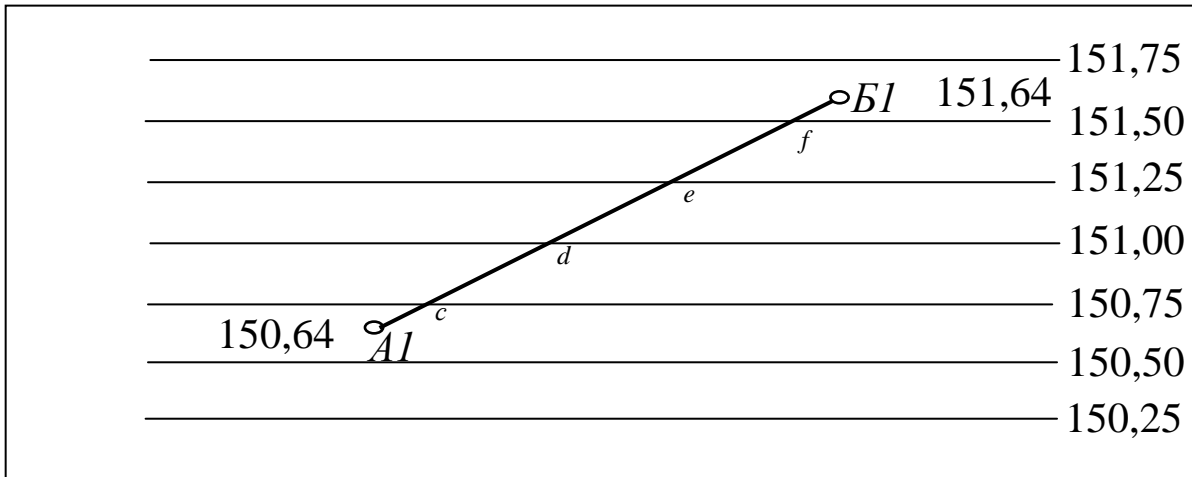


Рисунок 2.7 – Графічний спосіб інтерполяції

Для інтерполяції по стороні квадрата АБ палетку накладають на сітку квадратів так, щоб точка А зайняла положення, яке відповідає власній відмітці $H_{A/I} = 150,64$ м.

Обережно проколюють восківку в позначеній точці. Тримаючи голку вимірювача в цій точці, повертають восківку навколо голки до тих пір, поки точка Б, яку видно через восківку, займе положення, яке відповідатиме відмітці $H_{B/I} = 151,64$ м. Закріплюють палетку в цьому положенні. Голкою вимірювача переносять на план точки c , d , e та f , перетин паралельних ліній восківки з стороною квадрата АБ і підписують їх відмітки $H_c = 150,75$ м, $H_d = 151,00$ м, $H_e = 151,25$ м, та $H_f = 151,50$ м.

Аналогічно за допомогою палетки виконують графічну інтерполяцію по всіх інших сторонах квадрата будівельного майданчика. Плавними кривими лініями з'єднують отримані інтерполюванням точки з однаковими відмітками і в результаті складають топографічний план будмайданчика з горизонталями перерізом 0,25 м.

2.3 Проектування оформлювальної площини

Геодезичні розрахунки при проектуванні вертикального розпланування полягають у визначенні параметрів, які характеризують умови створення оформлювальної площини з необхідним поперечним і поздовжнім схилами.

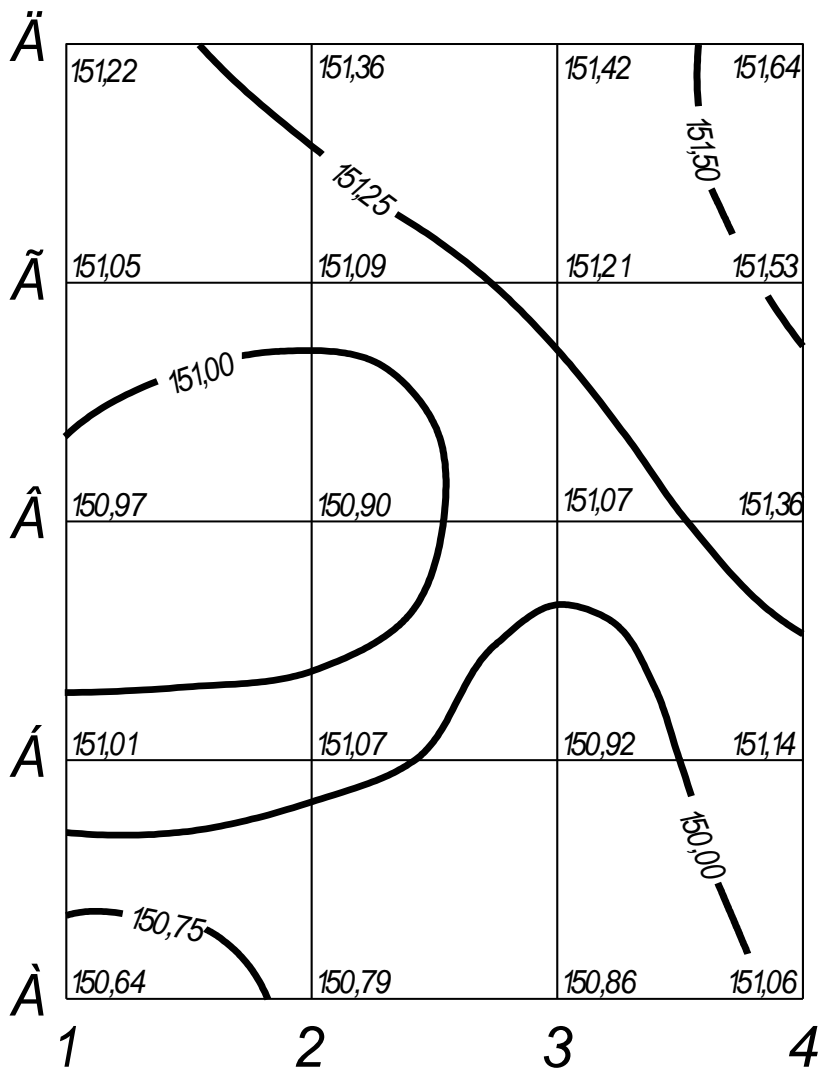


Рисунок 2.8 – Топографічний план будмайданчика в масштабі 1:500, переріз горизонталей через 0,25 м

Вихідними даними для обчислення проектних відміток площини, висоти насипів та об'ємів земляних робіт є відмітки вершин квадратів (табл. 2.1 та рис. 2.8).

Проектні відмітки оформлювальної площини з заданими поперечними та поздовжніми нахилами визначають, виходячи з умови нульового балансу земляних робіт, які передбачають рівність об'ємів виїмок і насипів.

Проектна відмітка центра тяжіння оформлювальної поверхні, виходячи з умови нульового балансу земляних робіт, м,

$$H_0 = (\sum H_1 + 2 \cdot \sum H_2 + 3 \cdot \sum H_3 + 4 \cdot \sum H_4) / 4 \cdot n, \quad (2.29)$$

де $\sum H_1$ – сума відміток вершин, які входять в один квадрат, м;
 $\sum H_2$, $\sum H_3$, $\sum H_4$, – сума відміток вершин, загальних, відповідно, для двох,

трьох і чотирьох квадратів, м;
 n – число квадратів.

$$H_0 = (604,56 + 2 \cdot 1511,45 + 3 \cdot 0 + 4 \cdot 906,32) / (4 \cdot 12) = 7252,74 / 48 = 151,10 \text{ м.}$$

Проектна відмітка вершини будь-якого квадрата, розташованого відносно середньої відмітки оформлювальної площини, м,

$$H_n = H_0 \pm i_x d_x / 2 \pm i_y d_y / 2, \quad (2.30)$$

де i_x – поздовжній нахил оформлювальної площини за напрямом АД;

i_y – поперечний нахил оформлювальної площини за напрямом 4-1;

d_x, d_y – відстань, відповідно, по осі абсцис і осі ординат.

Значення нахилів встановлюють згідно з будівельними нормами і правилами залежно від класу споруд та умов будівництва. Для території, яка вільно планується, приймають поздовжній нахил $i_x = 0,003$, поперечний $i_y = 0,006$.

Визначають проектні відмітки кутових вершин квадратів будмайданчика, м:

$$H_{A/1} = H_0 + 0,5 \cdot i_x \sum d_x - 0,5 \cdot i_y \sum d_y; \quad (2.31)$$

$$H_{Д/1} = H_0 - 0,5 \cdot i_x \sum d_x - 0,5 \cdot i_y \sum d_y; \quad (2.32)$$

$$H_{A/4} = H_0 + 0,5 \cdot i_x \sum d_x + 0,5 \cdot i_y \sum d_y; \quad (2.33)$$

$$H_{Д/4} = H_0 - 0,5 \cdot i_x \sum d_x + 0,5 \cdot i_y \sum d_y, \quad (2.34)$$

де $\sum d_x, \sum d_y$ – сума сторін квадратів відповідно по осі абсцис та осі ординат, м;

$$H_{A/1} = 151,10 + \frac{0,003 \cdot 80}{2} - \frac{0,006 \cdot 60}{2} = 151,04 \text{ м};$$

$$H_{Д/1} = 151,10 - \frac{0,003 \cdot 80}{2} - \frac{0,006 \cdot 60}{2} = 150,80 \text{ м};$$

$$H_{A/4} = 151,10 + \frac{0,003 \cdot 80}{2} + \frac{0,006 \cdot 60}{2} = 151,40 \text{ м};$$

$$H_{Д/4} = 151,10 - \frac{0,003 \cdot 80}{2} + \frac{0,006 \cdot 60}{2} = 151,16 \text{ м.}$$

Проектні відмітки усіх інших вершин квадратів визначають, виходячи з умов:

$$H_{nxi} = H_{A/1} - i_x \cdot d; \quad (2.35)$$

$$H_{nyy} = H_{A/1} - i_y \cdot d; \quad (2.36)$$

$$Hn_{Б/І} = 151,04 - 0,003 \cdot 20 = 150,98 \text{ м};$$

$$Hn_{А/І} = 151,04 + 0,006 \cdot 20 = 151,16 \text{ м}.$$

Робочі відмітки (глибину виїмки і висоту насипу) в кожній вершині квадрата визначають за формулою, м:

$$h = H_{\phi} - H_n, \quad (2.37)$$

де H_{ϕ} – фактична відмітка поверхні землі, м;

H_n – проектна відмітка, яка визначається за залежностями (2.35 – 2.36), м.

Якщо $H_{\phi} > H_n$, необхідна виїмка h_B , якщо $H_{\phi} < H_n$ – насип h_H .

Всі розрахунки наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Відомість визначення проектних відміток

Координати вершини	Відмітка поверхні землі, м		Робоча відмітка, м	
	фактична H_{ϕ}	проектна H_n	виїмки h_B	насипу h_H
1	2	3	4	5
А-1	150,64	151,04	-	0,40
А-2	150,79	151,16	-	0,37
А-3	150,86	151,28	-	0,42
А-4	150,06	151,40	-	0,34
Б-1	151,01	150,93	0,03	-
Б-2	151,07	151,10	-	0,08
Б-3	150,92	151,22	-	0,30
Б-4	151,14	151,34	-	0,20
В-1	150,97	150,92	0,05	-
В-2	150,90	151,04	-	0,14
В-3	151,07	151,16	-	0,09
В-4	151,96	151,28	0,08	-
Г-1	151,05	150,36	0,19	-
Г-2	151,09	150,98	0,11	-
Г-3	151,27	151,10	0,17	-
Г-4	151,53	151,22	0,21	-
Д-1	151,22	150,80	0,42	-
Д-2	151,36	150,92	0,44	-
Д-3	151,42	151,04	0,38	-
Д-4	151,64	151,16	0,48	-

Картограма – це креслення (2.10) у вигляді сітки квадратів зі стороною 20 м в масштабі 1:500, на якій зображено величини виїмок та насипів ґрунта для отримання проектного рельєфу, а також лінію нульових робіт. В кутах кожного квадрата підписують відмітки природного рельєфу, проектні і робочі відмітки з відповідним знаком. Глибина виїмки вказується знаком

" - ", а висота насипу – знаком " + ". Значення всіх відміток беруть з табл. 2.2.

Розташування лінії нульових робіт, тобто переріз проектної площини з природним рельєфом будмайданчика, визначають в такій послідовності.

Спочатку знаходять сторони квадратів з точками нульових робіт, в яких вершини мають відмітки з протилежними знаками (рис. 2.9).

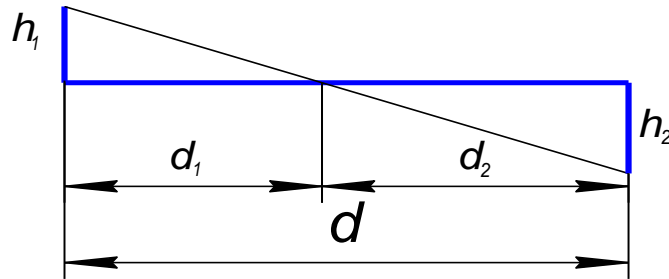


Рисунок 2.9 – Схема до визначення лінії нульових робіт

Відстань точок нульових робіт на кожній зі сторін квадрата від його найближчих вершин знаходять за формулами:

$$d_1 = \frac{|h_1|}{|h_1| + |h_2|} \cdot d; \quad (2.38)$$

$$d_2 = \frac{|h_2|}{|h_1| + |h_2|} \cdot d, \quad (2.39)$$

де $|h_1|$, $|h_2|$ – абсолютне значення робочих відміток двох сусідніх вершин квадрата, м;

d – довжина сторони квадрата, дорівнює 20 м.

Для контролю правильності визначення розташування по стороні квадрата лінії нульових робіт використовується рівність $d_1 + d_2 = d$.

Розташування лінії нульових робіт на стороні А/1-Б/1:

$$d_1 = \frac{0,03}{0,03 + 0,04} \cdot 20 = 1,40 \text{ м};$$

$$d_2 = \frac{0,04}{0,03 + 0,04} \cdot 20 = 18,60 \text{ м}.$$

Контроль: $d_1 + d_2 = 1,40 + 18,60 = 20 \text{ м}$.

Всі розрахунки із визначення місцеположення лінії нульових робіт зводять у таблицю 2.3. Точки розташування ліній нульових робіт на всіх сторонах квадратів з'єднують між собою. В результаті отримують на картограмі місце розташування лінії нульових робіт.

Зразок оформлення картограми земляних робіт наведений на рис. 2.7.

Таблиця 2.3 – Місце розташування лінії нульових робіт

Сторона квадрата	d_1 , м	d_2 , м	Контроль d_1+d_2 , м
А/1 – Б/1	18,60	1,40	20,00
Б/1 – Б/2	10,00	10,00	20,00
В/1 – В/2	5,26	10,74	20,00
2/В – 2/Г	11,20	8,80	20,00
3/В – 3/Г	6,92	13,08	20,00
В/3 – В/4	10,59	9,41	20,00
4/Б – 4/В	14,29	5,71	20,00

Об'єми земляних робіт підраховують по кожному квадрату окремо для насипу та виїмки, м³:

$$V = S \cdot h_{CP}, \quad (2.40)$$

де S – площа фігури, м²;

h_{CP} – середня робоча відмітка фігури, м.

В квадратах, які не перетинає лінія нульових робіт, об'єм земляних робіт визначається за формулою:

$$V = S \cdot h_{CP} = 0,25 \cdot d^2 \cdot \sum h_i, \quad (2.41)$$

де d – сторона квадрата, дорівнює 20 м;

$\sum h_i$ – сума абсолютного значення робочих відміток в вершинах квадрата (рис. 2.10), м.

Квадрати, які перетинає лінія нульових робіт, розділяють на трикутники.

Об'єм земляної призми, основою якої є трикутник, визначають за формулою, м³:

$$V = S \cdot h_{CP} = 0,167 \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \sum h_i, \quad (2.42)$$

де d_1, d_2 – відстань від вершини квадрата до лінії нульових робіт, які визначаються із залежностей (2.38) – (2.39), м;

$\sum h_i$ – сума абсолютного значення робочих відміток в вершинах трикутника (рис. 2.10), м.

Всі розрахунки до визначення об'ємів земляних робіт наведено в табл. 2.4.

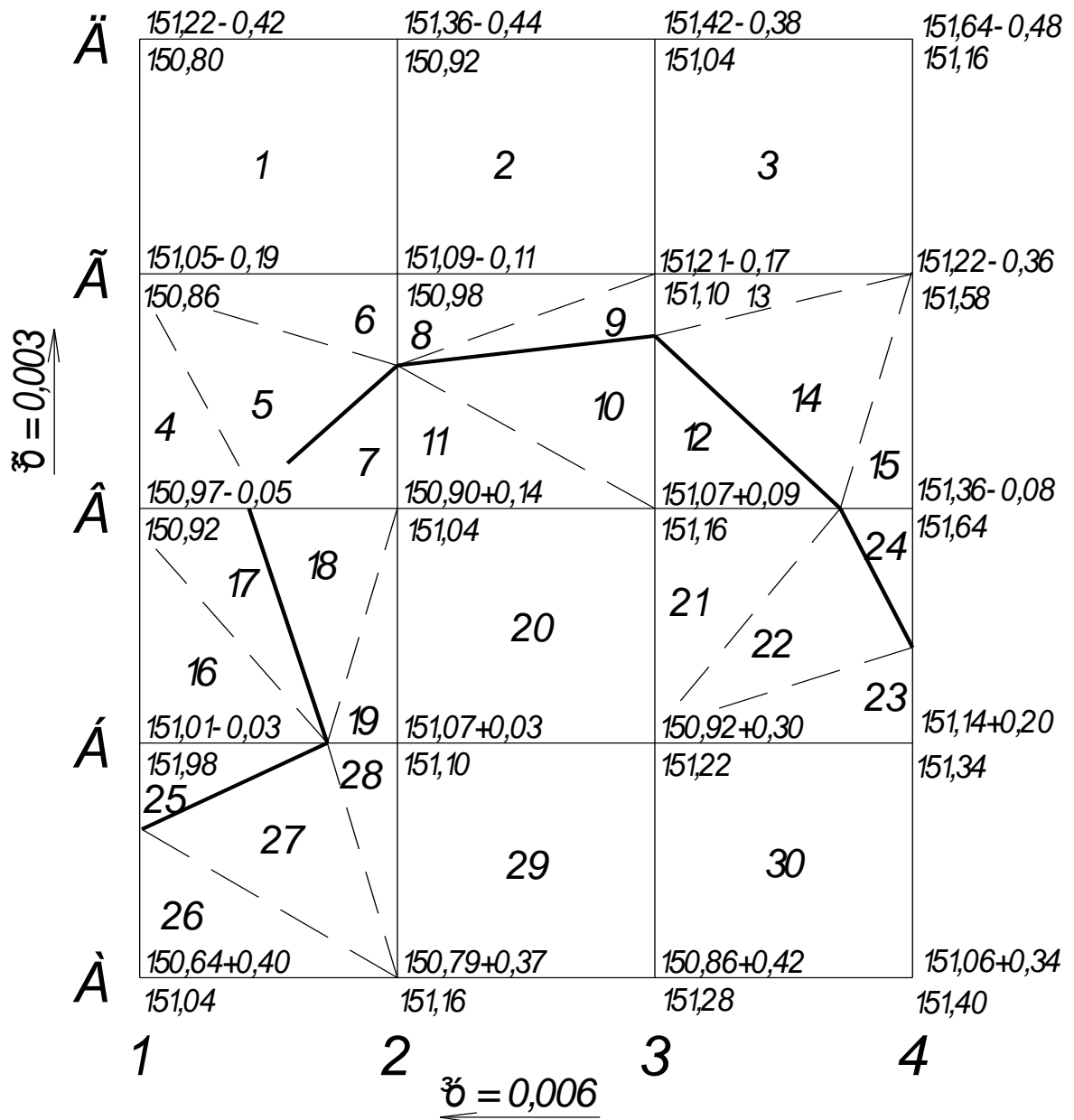


Рисунок 2.10 - Картограма земельних робіт, масштаб 1:500

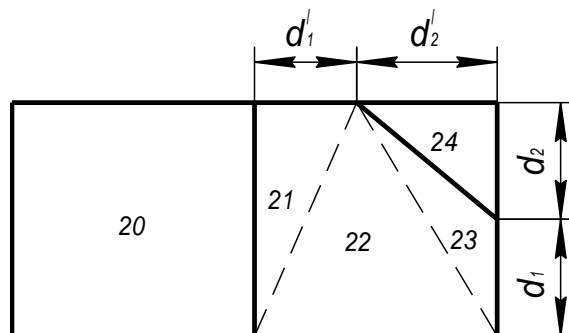


Рисунок 2.11 – Схема до визначення площ фігур в квадратах

Таблиця 2.4 – Відомість визначення об'ємів земляних робіт

Номер фігури	Площа фігури, м ²	Абсолютні значення робочих відміток, м					Об'єм, м ³
		h_1	h_2	h_3	h_4	h_{CP}	
1	2	3	4	5	6	7	8
Виймка							
1	400	0,42	0,44	0,11	0,19	0,29	109
2	400	0,44	0,37	0,17	0,11	0,27	104
3	400	0,37	0,48	0,36	0,17	0,35	124
4	51,6	0,19	0	0,05	-	0,08	4,2
5	176,5	0,19	0	0	-	0,10	20
6	88,4	0,11	0	0,19	-	0,04	2,4
8	88,4	0,11	0,17	0	-	0,09	8,2
9	72,4	0,17	0	0	-	0,06	7,4
13	72,4	0,17	0	0	-	0,06	3,9
14	228,6	0	0,36	0	-	0,13	25,4
15	87	0,36	0,08	0	-	0,10	9,1
16	91	0,05	0	0,03	-	0,03	2,7
17	51,6	0,05	0	0	-	0,02	0,9
24	24,8	0,08	0	0	-	0,03	0,7
25	5,3	0,03	0	0	-	0,01	0,1
$\sum S_B = 2286,2$				$\sum V_B = 422$			
Насип							
7	82,5	0	0	0,14	-	0,05	3,8
10	69,2	0	0	0,09	-	0,03	2,1
11	112	0	0,09	0,14	-	0,08	8,6
12	36,6	0	0	0,09	-	0,03	1,1
18	147,4	0	0	0,14	-	0,05	6,9
19	100	0,14	0,30	0	-	0,06	5,7
20	400	0,14	0,09	0,30	0,03	0,16	56
21	105,9	0,09	0	0,30	-	0,13	13,8
22	200	0	0,20	0,30	-	0,17	33,3
23	17,2	0	0	0,20	-	0,07	4,5
26	93	0	0	0,40	-	0,13	10,0
27	200	0	0,37	0,40	-	0,26	51,3
28	100	0	0,03	0,37	-	0,13	13,3
29	400	0,03	0,30	0,42	0,37	0,28	112
30	400	0,30	0,20	0,34	0,42	0,41	126
$\sum S_H = 2513,8$				$\sum V_H = 448,4$			

Для контролю правильності обчислень використовують рівність суми площ всіх фігур загальній площі будмайданчика, м²:

$$\sum S_B + \sum S_H = n \cdot d^2 = 2286,2 + 2513,8 = 12 \cdot 20^2 = 4800.$$

де $\sum S_B$, $\sum S_H$ – сума площ фігур, де передбачаються, відповідно, виїмки та насип, м²;

n – кількість квадратів;

d – довжина сторони квадрата, м.

Об'єм насипу повинен відповідати об'єму виїмки, м³:

$$\sum V_B = \sum V_H. \quad (2.43)$$

Відносна похибка визначення об'ємів земляних робіт

$$\Delta V = (\sum V_H - \sum V_B) / (\sum V_H + \sum V_B) \cdot 100\%. \quad (2.44)$$

Вона не повинна перевищувати 5% від загального об'єму земляних робіт,

$$\Delta V = (448,4 - 422,0) / (448,2 + 422,0) \cdot 100\% = 1,06\% < 5\%.$$

2.4 Точність визначення об'ємів земляних робіт

Об'єм земляних робіт в межах квадрата визначається з певною похибкою, оскільки топографічну поверхню можна замінити площиною тільки при дуже малій стороні квадрата. При цьому із збільшенням сторони квадрата збільшується похибка визначення об'єму планувальних робіт.

Середню квадратичну похибку обчислення об'ємів земляних робіт визначають із залежності, м³:

$$m_V = 100 \cdot d \cdot V \cdot (m_H^2 + 5 \cdot 10^5 \cdot d) \cdot P \cdot \left[1 + 4 \cdot r_H \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) \right]; \quad (2.45)$$

де d – розмір сторони квадрата, м;

m_H – середня квадратична похибка визначення відміток точок за планом, м;

n – число квадратів визначеної площі, пропорційне площі P , га, насипу та виїмки;

r_H – коефіцієнт кореляції висот точок.

Значення коефіцієнта кореляції висот точок H_1 і H_2 залежить від відношення відстані між точками l_m до максимальної відстані між пікетами l_m (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Значення коефіцієнта кореляції

Відношення S/l_m	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	10
коефіцієнт кореляції r_n	1,0	0,70	0,50	0,35	0,25	0,20	0

Максимальна відстань між пікетами залежить від масштабу зйомок і висоти перерізу рельєфу (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Максимальна відстань між пікетами при тахеометричній зйомці

Масштаб зйомки	Висота перерізу рельєфу, м	Максимальна відстань між пікетами l_m , м
1:500	0,5	15
	1,0	40
1: 1000	0,5	20
	1,0	50
1 :2000	0,5	40
	1,0	60
1 :5000	0,5	60
	1,0	80

Середньоквадратичну похибку визначення відміток точок знаходять залежно від масштабу зйомки і висоти перерізу (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Значення середньоквадратичної похибки визначення відміток

Масштаб зйомки	Висота перерізу рельєфу, м	Максимальна відстань між пікетами m_H , м
1 :5000	1,0	0,15
1 :2000	1,0	0,10
	0,5	0,13
1 : 1000	1,0	0,06
	0,5	0,08
1:500	0,5	0,04
	0,25	0,05

Гранична відносна похибка визначення об'ємів земляних робіт

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{2 \cdot m_H}{V} \cdot 100\%, \quad (2.46)$$

де m_H – середня квадратична похибка визначення об'ємів земляних робіт, м³;

V – об'єм земляних робіт в межах насипу або виїмки, м³.

Гранична відносна похибка визначення об'ємів земляних робіт не повинна перевищувати допустимого значення

Контрольні запитання для самоперевірки знань

1. Порядок проектування вертикального розпланування методом проектних горизонталей.
2. Суть проектування вертикального розпланування методом профілів.
3. Аналітичний метод проектування вертикального розпланування.
4. Обчислення фактичних відміток вершин квадратів.
5. Способи побудови топографічного плану будівельного майданчика.
6. Визначення проектної відмітки центра тяжіння оформлювальної поверхні, виходячи з умови нульового балансу земляних робіт.
7. Визначення проектної відмітки вершини будь-якого квадрата.
8. Обчислення робочих відміток.
9. Визначення місцеположення лінії нульових робіт.
10. Розрахунок об'ємів земляних робіт.
11. Побудова картограми земляних робіт.
12. Точність визначення об'ємів земляних робіт.

3 ГЕОДЕЗИЧНЕ ТРАСУВАННЯ ЛІНІЙНИХ СПОРУД

3.1 Польові роботи при геодезичному трасуванні

Інженерні споруди поділяють на основні види:

1. **Цивільні споруди:** житлові будинки, будинки громадського призначення;
2. **Промислові споруди:** заводи, фабрики, атомні станції, металургійні комбінати, шахти і т. д.;
3. **Гідротехнічні споруди:** гідроелектростанції (ГЕС), канали, порти і т. д.;
4. **Лінійні споруди:** залізничні та автомобільні шляхи, трубопроводи (нафтові, газові, сірководні і т. ін.), лінії електропередач.

Трасою лінійної споруди називають проектну вісь лінійної споруди, визначену на топографічній карті та на місцевості.

У плані траса складається із прямих ділянок, сполучених між собою *горизонтальними кривими*. У поздовжньому профілі траса складається із ліній різного ухилу, сполучених між собою *вертикальними кривими*.

Комплекс інженерно-геодезичних робіт із вибору найбільш оптимальної, економічно обґрунтованої траси називають *трасуванням*.

Проектування траси лінійної споруди по топографічних картах і планах називають *камеральним трасуванням*. Вибір траси безпосередньо на місцевості називають *польовим трасуванням*.

При трасуванні дотримуються таких вимог:

1. Трасу прокладають за змоги по прямій лінії між суміжними перешкодами.
Вершини кутів повороту вибирають по середині перешкоди (рис. 3.1), виходячи із дотримання граничного нахилу траси;
2. При проектуванні за граничним нахилом ($i_{гр.}$) дотримуються лінії нульових робіт, коли об'єм виїмки приблизно дорівнює об'єму насипу;
3. Водні перешкоди та існуючі автомобільні та залізничні шляхи перетинають під кутом 90° .

В процесі вишукувань виконують:

1. Вибір оптимального економічно обґрунтованого варіанта траси при дотриманні мінімальних затрат на зведення і експлуатацію споруди;
2. Збір топографо-геодезичних, інженерно-геологічних, гідрологічних та інших матеріалів і характеристик, необхідних для розробки проекту траси і споруд на ній.

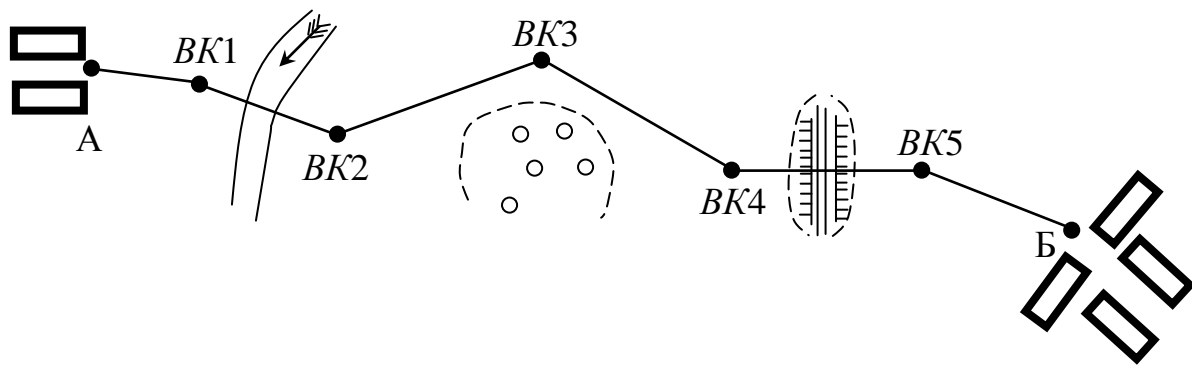


Рисунок 3.1 – Варіант вибору траси в рівнинній місцевості

Проектування магістральних трас лінійних споруд виконують в дві стадії: попередня та остаточна стадія вишукувань.

Попередні вишукування виконують, як правило, камеральним методом з використанням існуючих топографічних карт і планів, геологічних карт, матеріалів аерозйомок, супутникових зйомок та матеріалів інженерних вишукувань попередніх років.

Остаточні вишукування траси виконують польовими методами за затвердженими напрямкам комплексними вишукувальними партіями.

При польових вишукуваннях відповідно до проекту траси виконують рекогносцировку місцевості, визначають положення вершин повороту траси, виконують трасувальні роботи та крупномасштабну зйомку переходів, пересічень, примикань, місць зі складним рельєфом і т. ін.

Одночасно виконують інженерно-геологічні гідрометричні, ґрунтові та інші обстеження вповдовж траси, розвідку кар'єрів будівних матеріалів.

На основі польових вишукувань складають остаточний проект траси лінійної споруди.

Безпосередньо перед будівництвом виконують відновлення траси на місцевості.

При будівництві лінійних споруд виконують технічну документацію, яка містить поздовжні та поперечні профілі траси з проектними рішеннями.

Роботи при трасуванні лінійних споруд включають: розроблення проекту, рекогносцирування трас, розбиття пікетажу, нівелювання траси та побудова її профілю. За планами або картами намічають найімовірніші напрями трас, що відповідають всім технічним умовам. Для уточнення на місцевості обраного напрямку виконують рекогносцирування кута повороту траси, який вимірюють теодолітом. Трасу прив'язують до пунктів державної висотної опори, місцеположення марок і реперів якої виявляють заздалегідь.

Перед нівелюванням траси закріплюють її початок, кінець та кути повороту і розбивають пікетаж. Розбиття пікетажу полягає в тому, що по

осі траси відкладають відрізки, горизонтальна проекція яких дорівнює 100 м. Кінець кожного відрізка називають пікетом і позначають дерев'яним кілком, який забивають врівень із землею. Поряд з пікетним кілком забивають сторожок, на якому записують номер пікету (наприклад ПК4). Початок траси позначають “пікет-нуль” – ПК0. Характерні точки зламу рельєфу місцевості між пікетами також позначають кілками. Ці точки називають плюсовими (ПК1+80). Їх місцеположення визначається відстанню від пройденого пікету (80 м від ПК1).

В місцях, де траса повертає, передбачають горизонтальні кругові криві або перехідні криві, елементи яких визначають за допомогою спеціальних таблиць або за формулами. Вершини кутів повороту траси позначають ВК1, ВК2.

При розмічуванні пікетажу результати вимірювань заносять до пікетажного журналу, в якому вказують величини кутів повороту траси, номери всіх пікетів і плюсових точок. Трасу зображають умовно у випрямленому вигляді, а кути повороту позначають стрілками. В пікетажному журналі відмічають номери всіх реперів і їх місцеположення, а також дані, що характеризують криві.

Одночасно з розмічуванням пікетажу виконують зйомку смуги місцевості, що прилягає до траси. Для характеристики рельєфу смуги, де буде виконуватися будівництво, розбивають поперечні профілі перпендикулярно до осі траси по обидві сторони. Поперечні профілі визначають на такій відстані один від одного, щоб місцевість між ними мала однаковий нахил.

Нівелювання траси виконують способом із середини з обов'язковим виконанням умови, що відстані від пікетів до нівеліра однакові. Нівелір можна установити в створі лінії або виносити в сторону. При нівелюванні визначають перевищення кожної наступної пікетної точки над попередніми, тобто між всіма зв'язувальними точками. На кожній станції спочатку нівелюють зв'язувальні точки, для чого беруть відліки спочатку на задній, а потім на передній рейці. Перед тим, як брати відліки, контролюють положення рівнів, тобто промінь візування зорової труби нівеліра повинен бути горизонтальним. Для контролю і збільшення точності нівелювання перевищення між зв'язувальними точками визначають за другим боком рейок, якщо вони двосторонні. При роботі з односторонніми рейками змінюють висоту приладу не менше, ніж на 10 см. При нівелюванні проміжних точок беруть відліки тільки на основному боці рейки. При нівелюванні крутих схилів, коли промінь візування в одному напрямку упирається в землю, а в іншому – проходить вище рейки, роблять додаткові зв'язувальні точки (“іксові” – X1, X2). Відстань до “іксових” точок не вимірюють, але їх чітко помічають на місцевості. Як зв'язувальні точки на крутому схилі можуть бути використані плюсові. Початок і кінець траси прив'язують до найближчих реперів. Результати відліків записують в журнал нівелювання траси (табл. 3.1 графі 1 – 5).

3.2 Обробка журналу технічного нівелювання

Початковими даними для обробки журналу є результати польового трасування, що наведені в журналі технічного нівелювання (табл. 3.1, графи 3 – 5).

Перевищення між зв'язувальними точками обчислюють за формулами:

$$\begin{aligned}h' &= C_{\text{зад}} - I_{\text{зад}}; \\h'' &= C_{\text{перед}} - I_{\text{перед}},\end{aligned}\quad (3.1)$$

де h' – перевищення між зв'язувальними точками визначене по чорній стороні рейки;

h'' – перевищення між зв'язувальними точками визначене по червоній стороні рейки;

$З_{\text{чор}}$ – задній відлік по чорній стороні рейки, мм;

$З_{\text{чер}}$ – задній відлік по червоній стороні рейки, мм;

$П_{\text{чор}}$ – передній відлік по чорній стороні рейки, мм;

$П_{\text{чер}}$ – передній відлік по червоній стороні рейки, мм.

Різниця між перевищеннями, що обчислені за чорними та червоними боками рейок не повинна перевищувати ± 5 мм. Обчислені за формулами (3.1) перевищення залежно від їх знака записують в графу 6 або 7 таблиці 3.1.

Визначають середнє перевищення, мм:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h' + h''}{2}. \quad (3.2)$$

Обчислені середні перевищення за формулою (3.2) залежно від їх знака записують в графу 8 або 9 таблиці 3.1.

Контролем правильності обчислення на кожній сторінці журналу нівелювання служить рівність (3.3), мм:

$$\frac{\sum C - \sum I}{2} = \frac{\sum h}{2} = \sum h_{\text{ср}}, \quad (3.3)$$

де $\sum Z$ – сума всіх задніх відліків по чорній і червоній стороні (табл. 3.1, графа 3), мм:

$$\sum Z = \sum Z_{\text{чер}} + \sum Z_{\text{чор}}, \quad (3.4)$$

$\sum P$ – сума всіх передніх відліків по чорній і червоній стороні (табл. 3.1, графа 4), мм:

$$\sum P = \sum P_{\text{чер}} + \sum P_{\text{чор}}, \quad (3.5)$$

$\sum h$ – алгебраїчна сума обчислених перевищень (табл. 3.1, сума граф 6 і 7), мм;

$\sum h_{\text{ср}}$ – алгебраїчна сума середніх перевищень (табл. 3.1, сума граф 8 і 9), мм. Розрахунки за формулами (3.3) – (3.5) записують внизу таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Журнал нівелювання траси

Станція	Номер точки візування	Відліки по рейках			Перевищення, мм		Середнє перевищен. мм		ГП М	Відмітки, м	
		задні	передні	проміжні	+	-	+	-		H=0,001	H=0,01
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Rp№1	2840								123,123	123,12
		7523			1465		+2				
			1395		1466		1466				
	ПК 0		6057							124,591	124,59
2	ПК 0	2758								124,591	
		7441			2010		+2				
			0748		2012		2011				
	ПК 1		3429							126,604	126,60
3	ПК 1	0620								126,604	
		5304				2130		+2			
			2750			2130		2130			
	X		7434							124,476	
4	X	0809								124,476	
		5494				1756		+2			
			2565			1757		1750			
	ПК1+80		7251							122,722	122,72
5	ПК1+80	2875								122,722	
		7560			2350		+2				
			0525		2352		2351				
	ПК2		5208							125,075	125,08
6	ПК2	0125							125,200	125,075	
		4810				2825					
	ПК2+70			2015				+2		123,185	123,19
			2950			2829		2827			
	ПК3		1981							122,250	122,25

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	ПК3	2888								122,250	
		7577			2222		+2				
			0666		2220		2221				
	ПК4	5357								124,473	124,47
8	ПК4	2987							127,460	124,473	
	справа	7574									
	+20			0512	2789					126,948	126,95
	+11			0978			+2			126,482	126,48
	зліва						2790				
	+10			1654	2791					125,806	125,81
	+20			2345						125,115	125,12
			0198								
	ПК5	4783								127,265	127,26
9	ПК5	2468								127,265	
		7149			1234		+2				
			1234		1230		1232				
	ПК6	5919								128,499	128,50
10	ПК6	0662					+1			128,499	
		5347			0753		0754				
			1415		0755						
	Rp№2	6102								127,746	127,75

84807 75601

24141 14935 12071 7467

$$\frac{\sum \zeta - \sum \ddot{i}}{2} = 9206, \sum h = 9206, \sum h_{cp} = 4604, \sum h_T = 4623,$$

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_T = 4604 - 4623 = -19 \text{ мм},$$

$$f_{i.ав} = \pm 50 \text{ мм} \sqrt{L \hat{i}} = \pm 50 \sqrt{0,6} = \pm 39 \text{ мм}.$$

Нев'язка нівелірного ходу, мм, визначається за формулою:

$$f_h = \sum h_{cp} - \sum h_o, \quad (3.6)$$

де $\sum h_{cp}$ – алгебраїчна сума середніх перевищень між зв'язувальними точками нівелірного ходу, мм;

$\sum h_m$ – теоретична сума перевищень, мм:

$$\sum h_T = H_{Rp2} - H_{Rp1}, \quad (3.7)$$

де H_{Rp1}, H_{Rp2} – відмітки реперів, м.

Отримана нев'язка не повинна перевищувати граничної допустимої нев'язки ходу технічного нівелювання, яка визначається за формулою, мм:

$$f_{h.\ddot{a}\ddot{a}\ddot{a}} = 50\sqrt{L}, \quad (3.8)$$

де L – число кілометрів в ході.

Якщо кількість станцій нівелювання перевищує 25 на 1 км ходу, то допустиму нев'язку обчислюють за формулою, мм:

$$f_{h.\ddot{a}\ddot{a}\ddot{a}} = 10\sqrt{n}, \quad (3.9)$$

де n – число станцій в ході. Розрахунки за формулами (3.6) – (3.9) записують внизу таблиці 3.1.

Якщо фактична нев'язка не більша від допустимої:

$$f_h \geq f_{h.\ddot{a}\ddot{a}\ddot{a}},$$

то в середні перевищення (табл. 3.1, графи 8 і 9) вводять поправки з протилежним знаком нев'язки, які визначають за формулою (3.10), мм:

$$\delta_h = \frac{f_h}{n}. \quad (3.10)$$

Поправки розподіляють порівно на всі перевищення. Сума всіх поправок повинна дорівнювати нев'язці із протилежним знаком. Поправки записують зверху над середніми значеннями перевищень в табл. 3.1, графи 8 та 9.

Якщо фактична нев'язка більша допустимої, то в обчисленні перевищень або в польових спостереженнях допущено грубу помилку. Грубу помилку виправляють шляхом повторного виконання польових робіт.

Відмітки зв'язувальних точок обчислюють послідовно, починаючи з першої точки, керуючись правилом: відмітка наступної точки дорівнює відмітці даної точки плюс виправлене перевищення між ними, м:

$$H_1 = H_{Rp1} + h_1; \quad (3.11)$$

$$H_{n+1} = H_n + h_n, \quad (3.12)$$

де H_{Rp1} – відмітка першого репера, м;

H_1 – відмітка першої точки, м;

H_n – відмітка попередньої точки, м;

H_{n+1} – відмітка наступної точки, м;

h_1, h_n – виправлені середні перевищення, м.

Обчислені за формулами (3.11) та (3.12) відмітки зв'язувальних точок записують в графу 11 таблиці 3.1 у рядках відповідних пікетів. Контролем правильності обчислень відміток є одержана відмітка другого репера, яка повинна дорівнювати заданій H_{Rp2} .

Відмітки проміжних точок та точок поперечників обчислюють, використовуючи горизонт приладу, мм:

$$ГП = H_A + a; \quad (3.13)$$

$$H_C = ГП - c, \quad (3.14)$$

де H_A – відмітка відповідно зв'язувальної точки, м;

H_C – відмітка відповідно проміжної точки, м;

a – відлік на рейці, що встановлена на зв'язувальній точці.

c – відлік на рейці, що встановлена на проміжній точці.

Значення горизонту приладу записують в графу 10 табл. 3.1 у рядок, що відповідає зв'язувальній точці. Позначки проміжних точок та точок поперечників записують у відповідні рядки граfi 11 табл. 3.1.

3.3 Розрахунок основних елементів кривих

На трасах автомобільних доріг та залізничних колій в кутах повороту лінії траси в плані вписують кругові криві (рис. 3.2, 3.4), а в профілі – вертикальні криві (рис. 3.3) радіусами R .

Вихідними даними для визначення елементів кругових кривих є кут повороту φ і радіус R (див. рис. 3.3).

Елементи горизонтальної кругової кривої визначають за спеціальними таблицями або розраховують за формулами (3.15) – (3.18).

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi^\circ}{2}, \quad (3.15)$$

$$K = \frac{\pi R \varphi^\circ}{180^\circ}, \quad (3.16)$$

$$\ddot{A} = 2\dot{O} - \dot{E}, \quad (3.17)$$

$$\dot{A} = R \left(\sec \frac{\varphi}{2} - 1 \right), \quad (3.18)$$

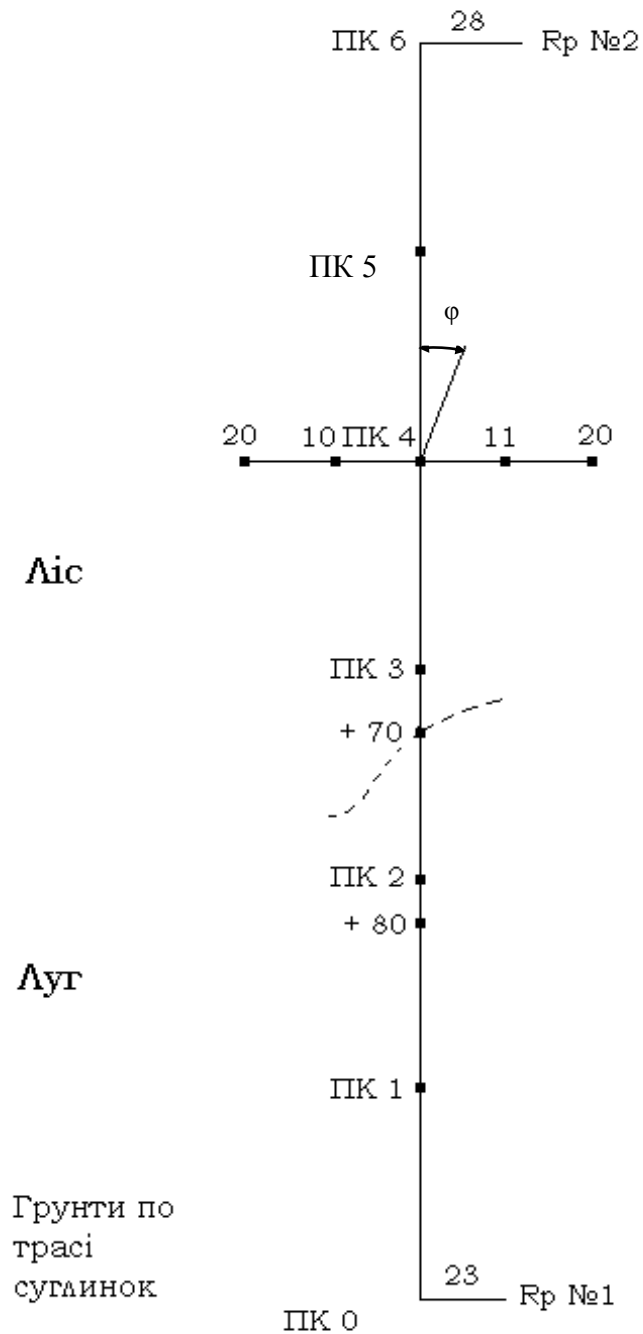
де T – довжина тангенса, м;

K – довжина кривої, м;

D – домір, м;

B – бісектриса, м;

R – радіус повороту, м.



Кут № 1 = $57^{\circ}45'$
 $R = 100 \text{ м}$
 $T = 34,19$
 $K = 65,89$
 $B = 5,68$
 $D = 2,49$

Кут №1.ПК 4+0,00
 $\frac{-T \quad 34,19}{\text{ПК} \dots \text{ПК}3+65,81}$
 $\frac{+ K.. \quad 65,89}{\text{KK} \quad \text{ПК}4+31,70}$

Контроль
Кут №1.ПК 4+0,00
 $\frac{+ T \quad 34,19}{\text{ПК} 4+34,19}$
 $\frac{- D \quad 2,49}{\text{KK} \quad \text{ПК}4+31,70}$

Побудова проектної лінії:

1. На ПК 0 висоту насипу взяти 1 м.
2. Від ПК 0 до ПК 2 уклон $i = - 0,006$.
3. Від ПК 2 до ПК 4 уклон $i = 0,00$.
4. Від ПК 4 до ПК 6 уклон $i = + 0,015$.

Рисунок 3.2 – Пікетажна книжка

Початок і кінець кривої визначають за залежністю:

$$ПК = BK - T; \quad (3.19)$$

$$КК = BK + T - Д, \quad (3.20)$$

де $ПК$ – початок кривої,

$КК$ – кінець кривої,

BK – відстань від початку траси до кута повороту, м.

Результати розрахунку основних елементів кривих записують у певному порядку на полях пікетажної книжки. Як приклад, взято кут повороту $\varphi = 57^\circ 45'$ і радіус $R = 100$ м, результати розрахунків за формулами (3.15) – (3.20) зображено на рис. 3.2.

За дирекційним кутом, кутом першого відрізка та кутом повороту траси обчислюють дирекційні кути і румби таких ділянок траси:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \varphi_{\text{пр}}; \quad (3.21)$$

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n - \varphi_{\text{лів}}, \quad (3.22)$$

де α_n – дирекційний кут попередньої лінії;

α_{n+1} – дирекційний кут наступної лінії;

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

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

Під час розрахунку елементів вертикальної кривої (рис. 3.3) кут відхилення α в радіанній мірі обчислюють за формулою:

$$\alpha = i_1 - i_2 = \Delta i. \quad (3.23)$$

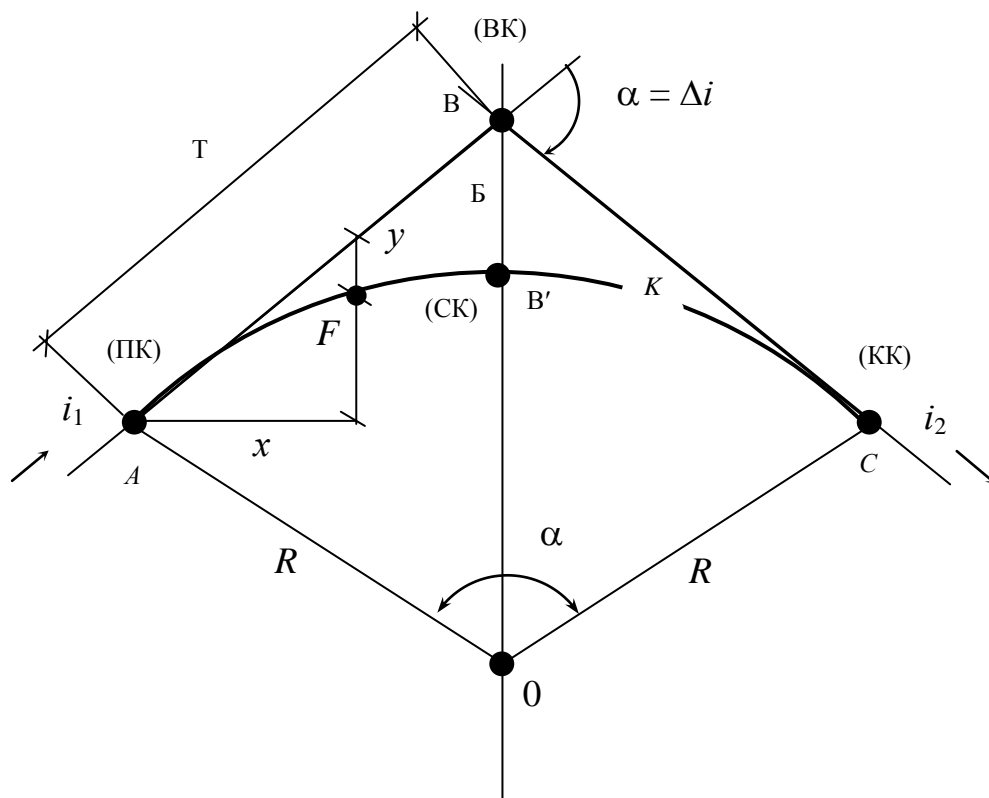


Рисунок 3.3 – Вертикальна кругова крива

Елементи T , K , B обчислюють за наближеними формулами:

$$\dot{\sigma} = \frac{R\Delta i}{2}; \quad (3.24)$$

$$K = R\Delta i; \quad (3.25)$$

$$A = \frac{\dot{\sigma}^2}{2R} = \frac{K^2}{8R}. \quad (3.26)$$

При проектуванні проектні відмітки точок на профілі зменшують на величину u на випуклій кривій і збільшують – на увігнутій кривій.

Ордината u обчислюється за формулою

$$o = \frac{\dot{\sigma}^2}{2R}. \quad (3.27)$$

На місцевості детальне розмічування горизонтальної кругової кривої виконують **способом прямокутних координат**.

За вихідними даними – місцеположенням вершини кута траси, значенням кута повороту траси $\theta = 19^\circ 19'$, кроком розмічування кривої ($l = 5$ м) та радіусом кругової кривої ($R = 100$ м), обчислюють елементи кругової кривої – тангенс T , довжину кривої K , домір D та бісектрису B , м, за формулами (3.15 – 3.18), отримані значення наведено у таблиці 3.2.

За вісь абсцис X беруть тангенс, а за вісь ординат Y – радіус кривої. Початок координат збігається з початком кривої $ПК$ (рис. 3.4).

Таблиця 3.2 – Обчислені значення елементів кругової кривої

T , м	K , м	D , м	B , м
17,02	33,70	0,34	1,44

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

$$X_1 = R \sin \varphi; \dots; X_n = R \sin n\varphi; \quad (3.28)$$

$$Y_1 = R(1 - \cos \varphi); \dots; Y_n = R(1 - \cos n\varphi), \quad (3.29)$$

де n – порядковий номер точки кривої;

$$\varphi = 180^\circ / R\pi = 180^\circ \cdot 5 / 3,14 \cdot 100 = 2^\circ 52'.$$

Крок кривої, залежно від її довжини, беруть 5 або 10 м. Результати розрахунків координат кругової кривої наведені в табл. 3.3.

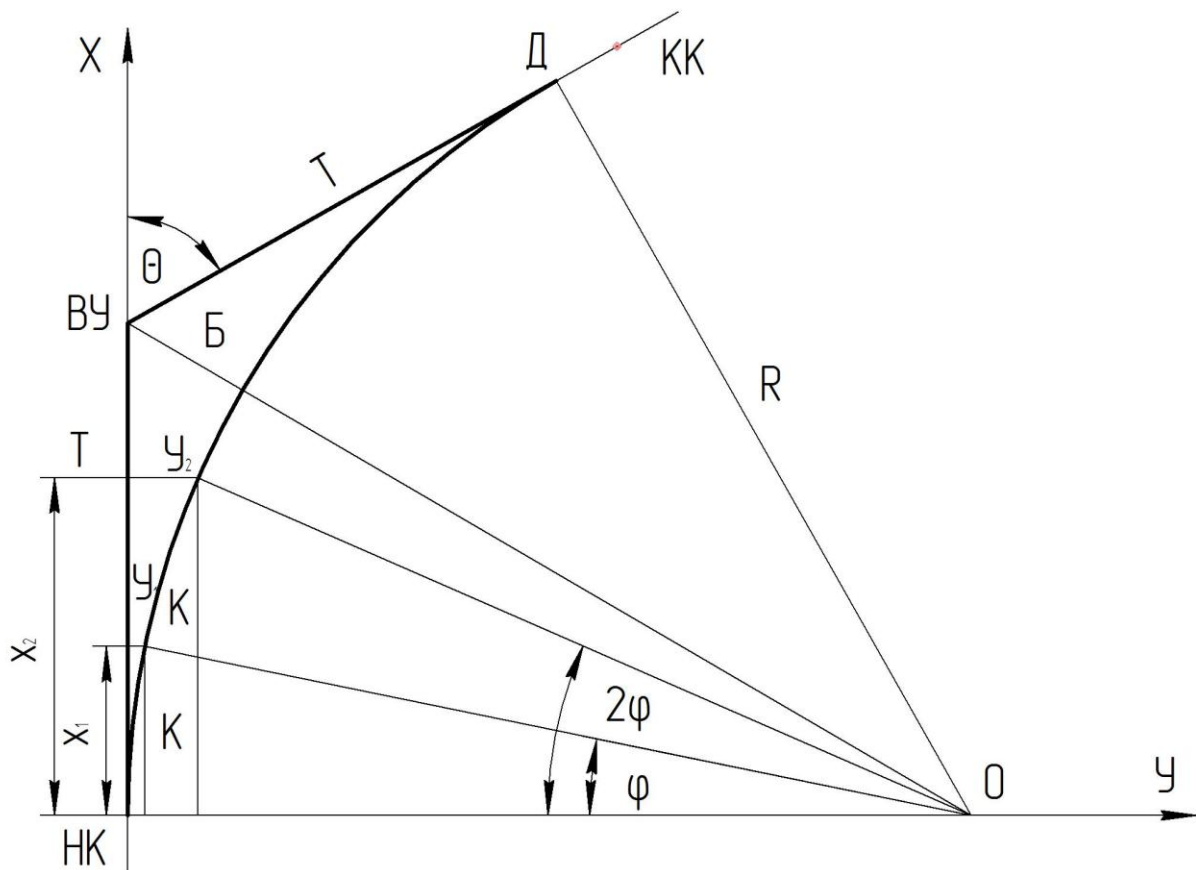


Рисунок 3.4 – Детальне розмічування кругової кривої

Таблиця 3.3 – Координати кругової кривої

Крок кривої	Кут $n \varphi$	$\sin n \varphi$	$1 - \cos n \varphi$	Координати, м	
				X	Y
5	2,87	0,05	0,00125	5,00	0,12
10	5,74	0,10	0,00501	10,00	0,50
15	8,61	0,1497	0,01127	14,97	1,13
20	11,48	0,1990	0,02001	19,90	2,00
25	14,35	0,2478	0,0312	24,78	3,12
30	17,22	0,2960	0,0448	29,60	4,48

Після обчислення координат кругової кривої (табл. 3.3), встановлюють теодоліт на початку кривої і, провівши лінію тангенсів, відкладають на ній абсциси точок X_1 (X_2, X_3, \dots, X_n). З цих точок послідовно за допомогою екера або теодоліта будують перпендикуляри, на яких відкладають відповідно ординати $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$. На координатах кілками фіксують точки кривої через інтервали, що дорівнюють кроку кривої l .

3.4 Побудова поздовжнього і поперечного профілю траси

Поздовжні і поперечні профілі, як графічні моделі рельєфу місцевості по трасі лінійної споруди, є обґрунтуванням інженерно-геодезичних розрахунків при проектуванні за профілем. Поздовжні і поперечні профілі будують за матеріалами пікетажного журналу (рис. 3.2) та журналу нівелювання (табл. 3.1).

Поздовжній профіль траси будують на міліметрівці в масштабах: горизонтальний 1:2000, вертикальний 1:200. Побудова виконується в такому порядку:

1) внизу креслять сітку профілю з графами: “грунти”, “план траси”, “уклони”, “проектні відмітки”, “фактичні відмітки”, “відстані”, “пiketи”, “план прямих та кривих”, зміст яких відповідає табл. 3.1. В заданому горизонтальному масштабі 1:2000 відкладають всі пікети і заповнюють графу відстаней. При цьому вказують тільки відстані від пікету до плюсових точок. Відстань 100 м між пікетами при відсутності плюсових точок не пишуть;

2) заповнюють графу “фактичні відмітки”, відповідно до значення із журналу нівелювання (табл. 3.1 графа 12);

3) в графі “план траси” посередині проводять вісь траси, що умовно розгорнута в пряму лінію, і умовними знаками відображають ситуацію вздовж траси;

4) в графі “грунти” вказують ґрунт вздовж траси згідно з пікетажною книжкою;

5) в графі “план прямих і кривих” позначають напрям і довжину окремих прямих ділянок траси та вказують місце розташування і параметри кривих згідно з виконаними розрахунками. Криві при поворотах праворуч позначають дужками опуклістю вверху, а при поворотах ліворуч опуклістю вниз;

6) за даними граф “фактичні відмітки” і “відстані” будують лінії профілю. Висоти точок відкладають вверху від лінії умовного горизонту $H_{ум}$, яку вибирають залежно від величини мінімальної фактичної відмітки $H_{мін}$, м:

$$H_{ум} = H_{мін} - 8. \quad (3.30)$$

Отримане значення відмітки умовного горизонту округлюють до величини, що кратна 10 м. Лінія умовного горизонту збігається з верхньою лінією профілю. На профілі зліва будують вертикальний масштаб, який полегшує побудову. Над лінією профілю показують положення реперів з їх відмітками і координатами відносно траси. Приклад побудови поздовжнього профілю зображено на рис. 3.5.

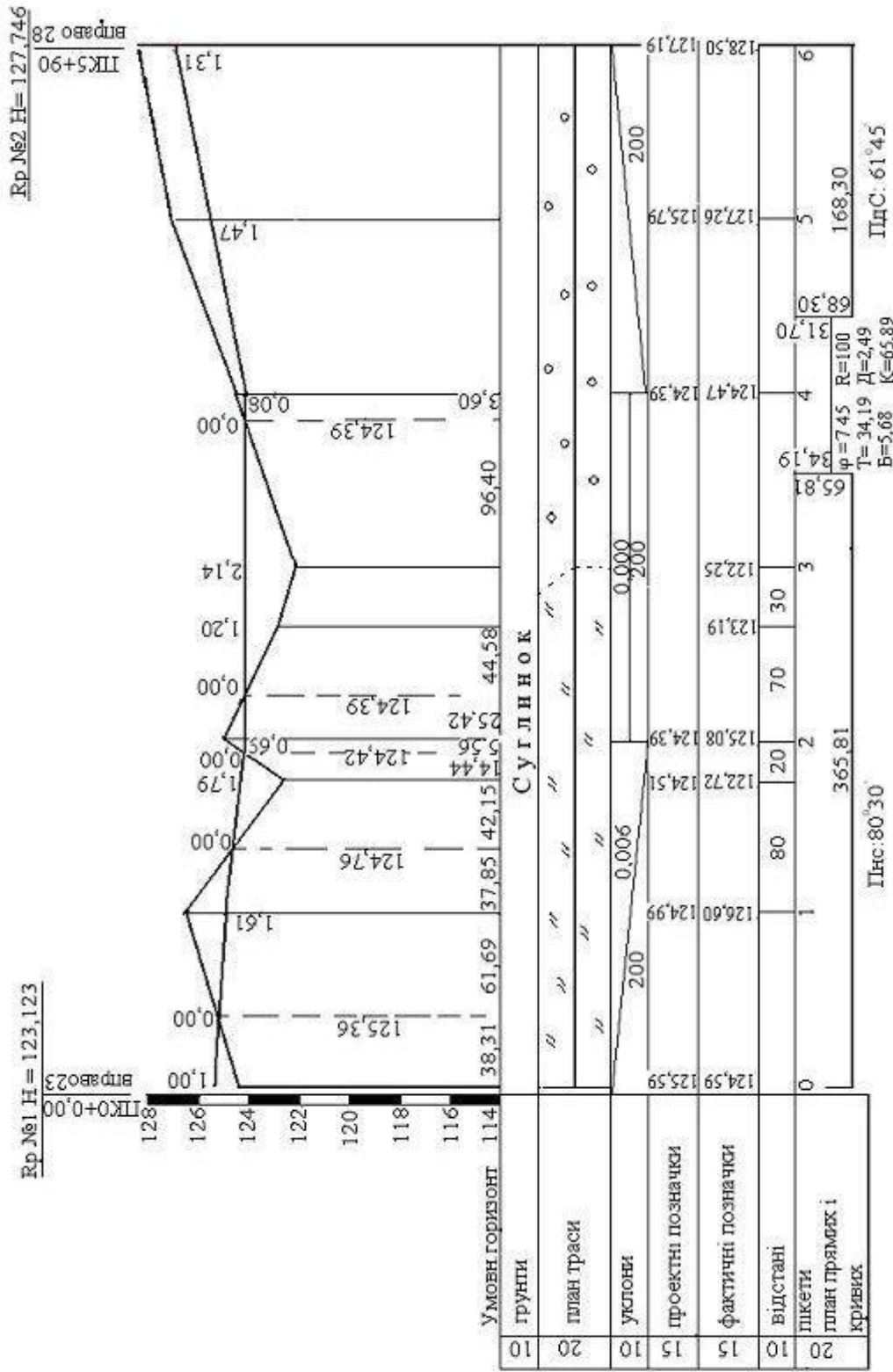
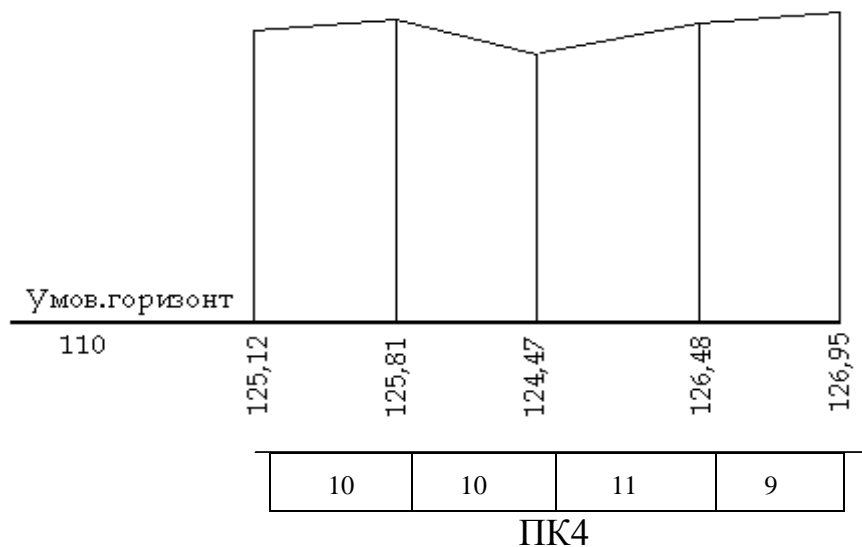


Рисунок 3.5 - Повздовжній профіль траси лінійної споруди

Поперечний профіль будують в однакових горизонтальних та вертикальних масштабах 1:500. Внизу профілю вказують фактичні позначки та відстані. Горизонтальні відстані визначають відповідно до табл. 3.1 графи 2, і відкладають зліва та справа від вертикального відрізка, що визначає вісь траси. Фактичні позначки визначають за даними із журналу нівелювання (графа 12). Лінію поверхні землі поперечного профілю будують за фактичними позначками відносно умовного горизонту, який береться таким же, як і для поздовжнього профілю. Приклад виконання поперечного профілю зображено на рис. 3.6.



Масштаби: горизонтальний 1:500
вертикальний 1:500

Рисунок 3.6 – Поперечник на ПК 4

3.5 Нанесення проектної лінії і обчислення відміток проектних точок

При нанесенні проектної лінії розглядають кілька доцільних варіантів і обирають той, який має найкращі техніко-економічні показники. При цьому необхідною умовою є дотримання рівностей об'ємів виїмок та насипу. Нахили окремих ділянок проектної лінії не повинні перевищувати допустимих.

Початковими даними для нанесення проектної лінії на поздовжньому профілі траси є нахили окремих ділянок траси і початкова проектна відмітка, яку вибирають залежно від відмітки точки примикання траси до існуючої або проектної споруди (рис. 3.2).

Нахили проектної лінії можуть бути визначені за формулою:

$$z = \frac{H_i - H_K}{d}, \quad (3.31)$$

де i – уклон проектної лінії окремої ділянки траси;

H_{Π} – відмітка початку ділянки проектної лінії, м;

H_K – відмітка кінця ділянки проектної лінії, м;

d – горизонтальна проекція між початком і кінцем ділянки траси, м.

В графі “уклони” в місцях зміни уклонів проводять вертикальну риску. На виділених ділянках у бік уклону проводиться діагональ, зверху якої вказують уклон в тисячних, а знизу – протяжність ділянки траси з даним уклоном в метрах. На ділянці траси, що має нульовий уклон по середині графі проводять горизонтальну риску.

За заданими уклонами ділянок траси, для нанесення проектної лінії на профіль, обчислюють відмітки точок, в яких змінюється уклон, м:

$$H_K = H_{\Pi} + i \cdot d. \quad (3.32)$$

За розрахованими за формулою (3.23) характерними точками наносять відмітки початку і кінця ділянок траси на профіль. З’єднавши точки між собою, одержують положення проектної лінії профілю (див. рис. 3.5).

Проектні відмітки проектної лінії визначають за правилом: проектна відмітка наступної точки дорівнює відмітці попередньої точки плюс добуток уклону проектної лінії на відстань між точками, м:

$$H_n^{i\partial} = H_{n-1}^{i\partial} + i_n \cdot d_n, \quad (3.33)$$

де $H_n^{i\partial}$ – проектна відмітка наступної точки проектної лінії, м;

$H_{n-1}^{i\partial}$ – проектна відмітка попередньої точки проектної лінії, м;

i_n – уклон даної ділянки проектної лінії;

d_n – горизонтальна проекція ділянки проектної лінії між точками, м.

Проектні відмітки визначені правильно, якщо в кінці проектної лінії з даним уклоном одержимо значення проектної відмітки, що обчислена за формулою (3.33). Обчислені за формулою (3.33) відмітки округлюють до 0,01м і записують у графу “проектні відмітки” (рис. 3.5). На горизонтальній ділянці проектної лінії проектні відмітки записують тільки на її кінцях.

Робочі позначки визначають висоту насипу або глибину виїмки на кожному пікеті та плюсовій точці. Робочі позначки обчислюють за формулою:

$$\Delta H = H_{np} - H_{фак}, \quad (3.34)$$

де ΔH – робоча позначка, м;

H_{np} – проектна відмітка, м;

$H_{фак}$ – фактична відмітка, м.

Додатні значення робочих позначок – глибину виїмки – записують над проектною лінією, а від’ємні – висоту насипу – під нею (рис. 3.5). В точках нульових робіт, де перетинається фактична лінія профілю з проектною, записують робочі позначки 0,00. Обчислення проектних та робочих позначок проводять в табличній формі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Відомість обчислення проектних відміток та робочих позначок

Пікет	Від- стань d , м	Уклон, i	Переви- щення h , м	Позначки, м		
				H_{np}	$H_{фак}$	$\Delta H =$ $H_{np} -$ $H_{фак}$
ПК0				125,59	124,59	+1,00
ПК1	100	-0,006	-0,6	124,99	126,60	-1,61
ПК1+80	80	-0,006	-0,48	124,51	122,72	+1,79
ПК2	20	-0,006	-0,12	124,39	125,08	-0,69
ПК2+70	70	0,000	0,00	124,39	123,19	+1,20
ПК3	30	0,000	0,00	124,39	122,25	+2,14
ПК4	100	0,000	0,00	124,39	124,47	-0,08
ПК5	100	0,014	+1,40	125,79	127,26	-1,47
ПК6	100	0,014	+1,40	127,19	128,50	-1,31

3.6 Визначення відстаней до точок нульових робіт

Горизонтальні відстані до точок нульових робіт обчислюють за формулами (3.35) та (3.36):

а) від найближчого заднього пікету, м:

$$X = \frac{\Delta H_{\zeta}}{\Delta H_{\zeta} + \Delta H_n} d_n, \quad (3.35)$$

б) від найближчого переднього пікету, м:

$$Y = \frac{\Delta H_i}{\Delta H_{\zeta} + \Delta H_n} d_n, \quad (3.36)$$

де ΔH_{ζ} – абсолютне значення задньої робочої позначки, м;

ΔH_n – абсолютне значення передньої робочої позначки, м;

d_n – горизонтальна проекція між задньою і передньою точками, м.

Контролем обчислення відстані до точок нульових робіт є рівність, м:

$$d_n = X + Y.$$

Позначки точок нульових робіт визначають за формулами (3.37) та (3.38), м:

$$H_0 = H_{\zeta} + i_n X; \quad (3.37)$$

$$H_0 = H_{\zeta} + i_n Y, \quad (3.38)$$

де H_{ζ} – задня проектна відмітка, м;

H_n – передня проектна відмітка, м;

H_0 – відмітка точок нульових робіт, м.

Відмітки точок нульових робіт та відстані до них записують по поздовжньому профілю над лінією умовного горизонту (рис. 3.5).

Контрольні запитання до самоконтролю знань

1. Склад польових робіт при трасуванні лінійних споруд.
2. Порядок обробки журналу технічного нівелювання.
3. Посторінковий контроль правильності обробки журналу технічного нівелювання.
4. Обчислення елементів горизонтальної та вертикальної кругової кривої.
5. Послідовність побудови поздовжнього та поперечного профілю траси.
6. Обчислення проектних відміток та робочих позначок.
7. Нанесення проектної лінії.
8. Визначення відстані до точок нульових робіт.

4 ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ВИКОНАННЯ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗАДАЧ НА МІСЦЕВОСТІ

4.1 Визначення висоти доступної споруди

Потрібно визначити висоту H доступної споруди (рис. 4.1). Відоме місце її розташування. Прилади та інструменти: теодоліт Т30, мірна стрічка ЛЗ-20, кілки та сокира.

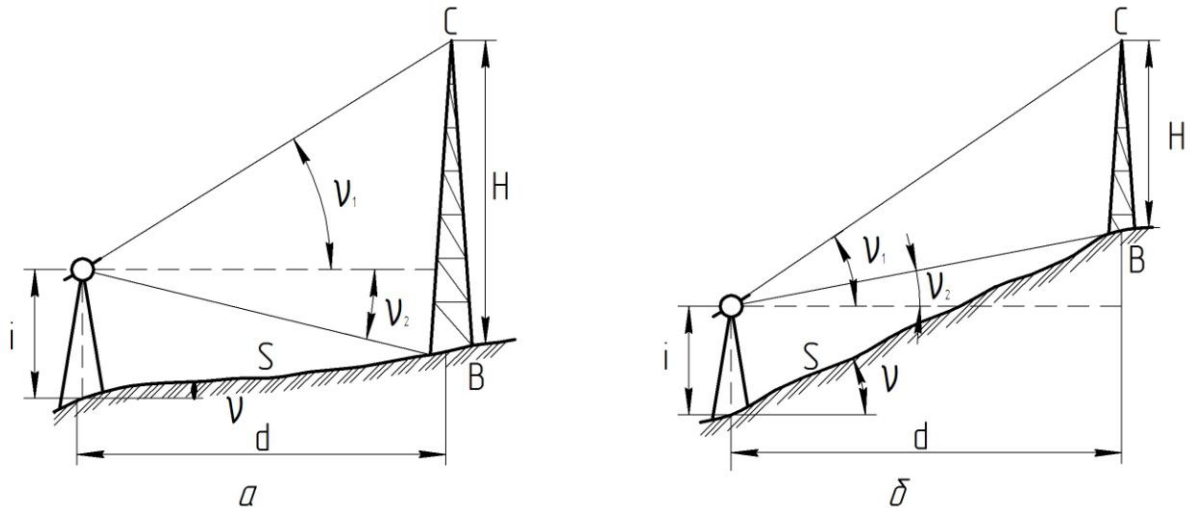


Рисунок 4.1 – Визначення висоти доступної споруди:

а – споруда, розташована на одному рівні з приладом;

б – споруда, розташована вище від рівня приладу

Порядок виконання роботи

У точці А (рис. 4.1) встановлюють теодоліт і при двох положеннях вертикального круга беруть відліки на верх (точка С) та низ (точка В) споруди. Вимірюють у прямому та зворотному напрямках відстань d від точки А до споруди та теодолітом кут її нахилу v до горизонту. Обчислюють кути нахилу за відліками:

при крузі вправо (КП)

$$v_1 = MO - R_c - 180^\circ; \quad v_2 = MO - R_b - 180^\circ; \quad (4.1)$$

при крузі вліво (КЛ)

$$v_1 = L_c - MO; \quad v_2 = L_b - MO; \quad (4.2)$$

де R_c, R_b – відліки при крузі вправо (КП), відповідно, на верх (точка С) та низ (точка В) споруди;

L_c, L_b – відліки при крузі вліво (КЛ);

MO – місце нуля, яке обчислюють за формулами:

$$\dot{M}O = \frac{R_1 + L_1 - 180^\circ}{2} = \frac{170^\circ 58' + 09^\circ 01' - 180^\circ}{2} = -30'',$$

$$\hat{h}'' = \frac{R_2 + L_2 - 180^\circ}{2} = \frac{170^\circ 43' + 09^\circ 18' - 180^\circ}{2} = 30''.$$

Висоту доступної споруди обчислюють за розрахунковими схемами, відповідно:

$$\text{рис. 1, а } H = d(\operatorname{tg} v_1 + \operatorname{tg} v_2); \quad (4.3)$$

$$\text{рис. 1, б } H = d(\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2); \quad (4.4)$$

де $d = S \cos v$ – горизонтальна проекція відстані S , м.

Результати вимірювань відстаней, відліки за вертикальним кругом, значення місць нуля наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати вимірювань

Точка наведення	Відліки по вертикальному кругу		Місце нуля MO	Відстань S , м
	Круг вправо	Круг вліво		
В	185°18'	354°43'	30"	94,79
С	170°58'	9°01'	-30"	94,71

Результати обчислень для визначення висоти доступної споруди:

v_1	v_2	S , м	v	$\cos v$	d , м	$\operatorname{tg} v_1$	$\operatorname{tg} v_2$	H , м
9°00'30"	5°17'30"	94,75	3°15'	0,998	94,60	0,158	0,093	23,76

4.2 Визначення висоти недоступної споруди

Необхідно визначити висоту H недоступної споруди (рис. 4.2). Відоме місцеположення споруди.

Прилади та інструменти: теодоліт ТЗО, мірна стрічка ЛЗ-20, кілки та сокира.

Порядок виконання роботи

На місцевості розбивають базис CO , вимірюють його довжину A в прямому та зворотному напрямках. Встановлюють теодоліт послідовно в точках D та C і знімають відліки за вертикальним кругом, при КЛ і КП на верх та низ споруди для обчислення кутів нахилу v_1, v_2, v_3, v_4 . Визначають місце нуля, а потім за формулами (4.1) та (4.2) обчислюють кути нахилу.

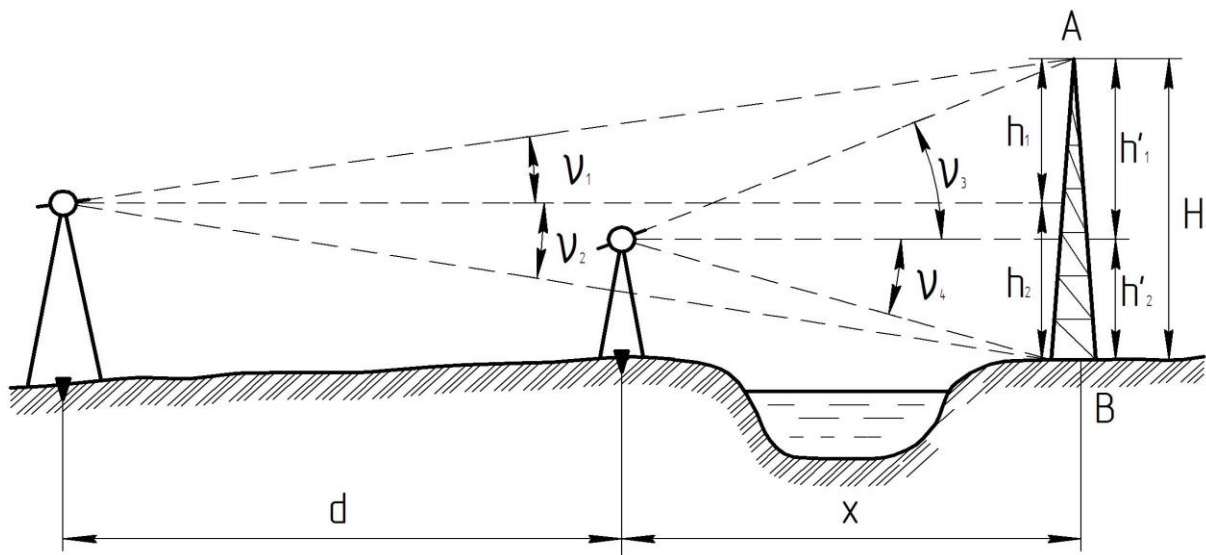


Рисунок 4.2 – Визначення висоти недоступної споруди

Висота недоступної споруди, м:

$$H = 0,5 \left[(h_1 + h_2) + (h'_1 + h'_2) \right], \quad (4.5)$$

де h_1, h_2, h_3, h_4 – висоти, м, обчислені за формулами:

$$h_1 = (d + X) \operatorname{tg} v_1; \quad h_2 = (d + X) \operatorname{tg} v_2; \quad h'_1 = X \cdot \operatorname{tg} v_3; \quad h'_2 = X \cdot \operatorname{tg} v_4. \quad (4.6)$$

Значення X , м, обчислюють за виразом:

$$X = d(\operatorname{tg} v_1 + \operatorname{tg} v_2) / (\operatorname{tg} v_3 + \operatorname{tg} v_4 - \operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} v_2). \quad (4.7)$$

Результати вимірювання відстані, відліки за вертикальним кругом та значення місць нуля наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати вимірювань

Станція	Точка наведення	Відліки по вертикальному кругу		Місце нуля, <i>МО</i>	Відстань d , м
		Круг вправо	Круг вліво		
D	A	170°56'	09°24'	0	59,95
	B	183°35'	356°25'	0	60,05
C	A	174°26'	05°24'	0	
	B	180°55'	359°05'	0	

Результати обчислень визначення висоти недоступної споруди:

v_1	v_2	v_3	v_4	$d, \text{ м}$	$X, \text{ м}$	$h_1, \text{ м}$	$h_2, \text{ м}$	$h_1', \text{ м}$	$h_2', \text{ м}$	$H, \text{ м}$
05°24'	00°55'	09°24'	03°35'	60,0	56,38	11,00	1,86	9,33	3,53	12,86

4.3 Визначення відстані до недоступної точки

Потрібно визначити відстань S від точки A до недоступної точки B (рис. 4.3). Відоме місцеположення точок A та B .

Прилади та інструменти: теодоліт ТЗО, мірна стрічка ЛЗ-20, віхи, кілки та сокира.

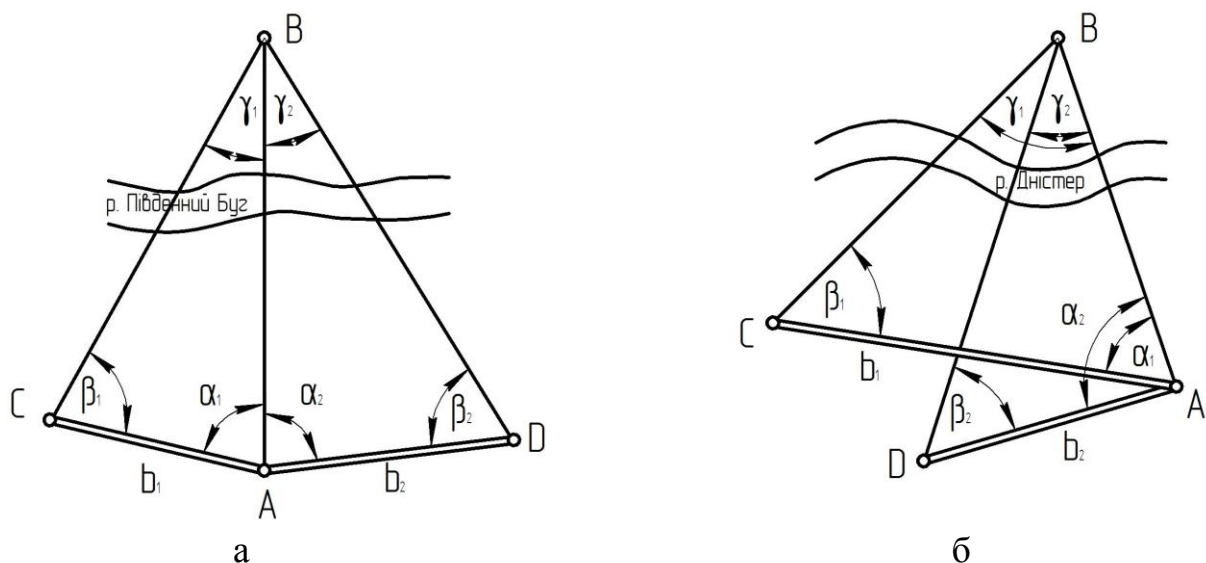


Рисунок 4.3 – Визначення відстані до недоступної точки:
 а – при розбивці базисів на дві сторони;
 б – при розбивці базисів на одну сторону

Порядок виконання роботи

Від закріпленої кілком на місцевості точки A , зручної для кутових та лінійних вимірювань, залежно від умов, в одну або в обидві сторони розбивають два базиси b_1 та b_2 . Точки C та D закріплюють кілками. При цьому обидві точки і довжини базисів b_1 та b_2 вибирають такі, щоб кути γ_1 та γ_2 при точці B , яку засікають, були не менше 30° . Кожний базис вимірюють стрічкою у прямому та зворотному напрямках. Відносна середня квадратична похибка між двома результатами вимірювань не повинна перевищувати $1 : 2000$.

Встановлюють теодоліт у точці A і вимірюють горизонтальні кути α_1 та α_2 й кути нахилу до горизонту базисів v_1 та v_2 у прямому напрямку. Встановлюють теодоліт у точці C і вимірюють горизонтальний кут β_1 та кут нахилу базису v_1' у зворотному напрямку. Встановлюють

теодоліт у точці D і вимірюють горизонтальний кут β_2 та кут нахилу базису v_1'' у зворотному напрямку.

Обчислюють горизонтальні проекції базисів, м:

$$d_1 = b_1 \cdot \cos v_1; \quad (4.8)$$

$$d_2 = b_2 \cdot \cos v_2. \quad (4.9)$$

Обчислюють горизонтальні кути при точці B, яку засікають,

$$\gamma_1 = 180^\circ - (\alpha_1 + \beta_1); \quad (4.10)$$

$$\gamma_2 = 180^\circ - (\alpha_2 + \beta_2). \quad (4.11)$$

Відстань S від точки A до недоступної точки B, м, обчислюють за теоремою синусів із трикутників ABC і ABD:

$$\Delta ABC \quad S' = d_1 \cdot \sin \beta_1 / \sin \gamma_1; \quad (4.12)$$

$$\Delta ABD \quad S'' = d_2 \cdot \sin \beta_2 / \sin \gamma_2. \quad (4.13)$$

Результати вимірювання довжини базисів, горизонтальних кутів і кутів нахилу базисів:

$b_1, \text{ м}$	$b_2, \text{ м}$	α_1	α_2	β_1	β_2	v_1	v_2
85	43	65°32'	86°27'	82°46'	72°18'	5°21'	3°43'

Результати розрахунків із визначення відстані до недоступної точки наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Відомість обчислення відстані до недоступної точки

ΔABC		ΔABD	
Елементи формул	Значення	Елементи формул	Значення
α_1	65°32'	α_2	86°27'
β_1	82°16'	β_2	72°18'
$\alpha_1 + \beta_1$	147°48'	$\alpha_2 + \beta_2$	158°45'
γ_1	32°12'	γ_2	21°15'
$\sin \beta_1$	0,991	$\sin \beta_2$	0,953
$\sin \gamma_1$	0,533	$\sin \gamma_2$	0,262
v_1	5°21'	v_2	8°43'
$d_1 = b_1 \cdot \cos v_1$	84,7	$d_2 = b_2 \cdot \cos v_2$	42,9
$d_1 \cdot \sin \beta_1$	82,9	$d_2 \cdot \sin \beta_2$	40,9
S_1	155,5	S_2	154,9

Відстань S , м, дорівнює середньому з двох обчислених значень:

$$S = 0,5(S_1 + S_2) = 0,5(155,5 + 154,9) = 155,2 \text{ м}$$

4.4 Визначення довжини лінії посереднім методом при наявності перешкод

Необхідно визначити довжину лінії S , на якій побудована споруда. Видимість між точками В та С, які визначають цю лінію, відсутня (рис. 4.4).

Прилади та інструменти: теодоліт ТЗО, мірна стрічка ЛЗ-20, віхи, кілки та сокира.

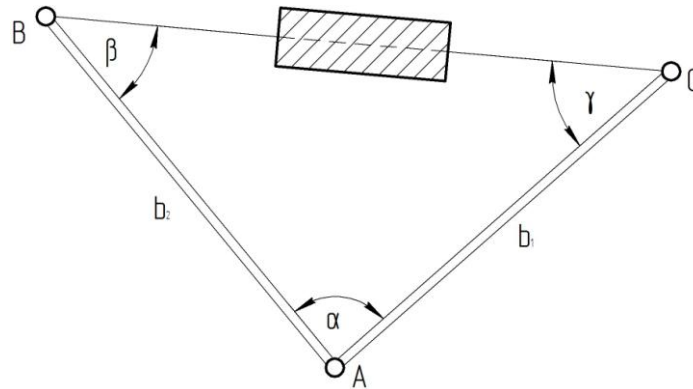


Рисунок 4.4 – Визначення довжини лінії при наявності перешкоди

Порядок виконання роботи

На місцевості вибирають та закріплюють кілками точку А так, щоб вийшов трикутник АВС, близький до рівностороннього. З точки А розбивають два базиси – b_1 та b_2 , кожний вимірюють стрічкою в прямому та зворотному напрямках.

Відносна середня квадратична похибка між результатами вимірювання не повинна перевищувати 1 : 2000. Встановлюють теодоліт в точці А і вимірюють горизонтальний кут α та кути нахилу до горизонту ν_1 та ν_2 .

За формулами (4.1) та (4.2) визначають горизонтальні проекції базисів b_1 та b_2 . Кути β та γ обчислюють за формулами тригонометрії:

$$(\beta + \gamma)/2 = 90^\circ + \alpha/2; \quad (4.14)$$

$$\operatorname{tg}(\beta - \gamma)/2 = [(b'_1 - b_2)/(b'_1 + b'_2)] \operatorname{ctg}(\alpha/2), \quad (4.15)$$

де b_1 та b_2 – горизонтальні проекції базисів, м.

Довжину лінії S від точки В до точки С, м, якої не видно, обчислюють за теоремою синусів:

$$S' = b_1 \sin \alpha / \sin \beta; \quad S'' = b_2 \sin \alpha / \sin \beta. \quad (4.16)$$

Відстань S , м, дорівнює середньому з двох обчислених значень:

$$S = 0,5(S_1 + S_2). \quad (4.17)$$

Результати вимірювань довжини базисів, горизонтального кута та кутів нахилу базисів:

$b_1, \text{ м}$	$b_2, \text{ м}$	v_1	v_2	α
92,5	87,3	6°51'	5°47'	61°38'

Результати розрахунків з визначення довжини лінії посереднім методом за наявності перешкоди:

$b'_1, \text{ м}$	$b'_2, \text{ м}$	$(\beta + \gamma)/2$	$\text{ctg } \alpha/2$	$[(b'_1 - b'_2)/(b'_1 + b'_2)]$	$\text{tg } (\beta - \gamma)/2$
91,84	86,86	59°11'	1,672	0,028	0,0466

$(\beta - \gamma)/2$	β	γ	$S_1, \text{ м}$	$S_2, \text{ м}$	$S, \text{ м}$
2°38'	61°49'	56°33'	91,68	91,60	91,64

4.5 Перенесення на натуру проектного горизонтального кута

Побудова горизонтального проектного кута

Потрібно виконати розбивку проектного горизонтального кута на місцевості. Відоме місцеположення вершини кута, напрям однієї зі сторін та кут $\beta_n = 47^\circ 00'$ (рис. 4.5).

Прилади та інструменти: теодоліт ТЗО, мірна стрічка ЛЗ-20, кілки, лінійка, шпильки.

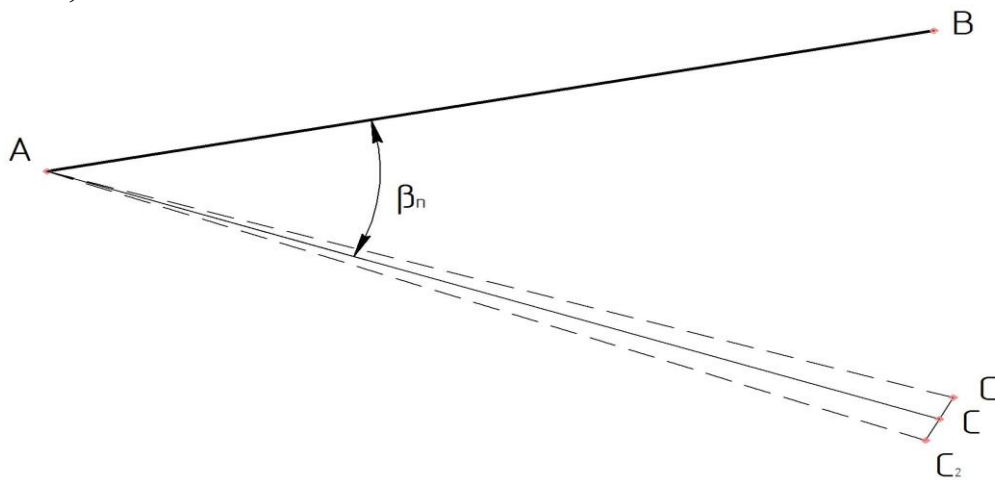


Рисунок 4.5 – Побудова проектного горизонтального кута

Порядок виконання роботи

Встановлюють в точці А теодоліт і приводять його в робоче положення. При крузі вправо візують зорову трубу на точку В і беруть відлік по горизонтальному кругу $b = 19^\circ 50'$. Лімба та аліада горизонтального круга повинні бути закріплені. Обчислюють відлік на точку С при побудові кута β_n у напрямках:

за годинниковою стрілкою

$$C = b + \beta_n = 19^\circ 50' + 47^\circ 00' = 66^\circ 50'; \quad (4.18)$$

проти годинникової стрілки

$$C = b - \beta_n = 19^\circ 50' + 360^\circ - 47^\circ 00' = 332^\circ 50'. \quad (4.19)$$

Відкріплюють алідаду горизонтального круга і повертають її праворуч або вліво на заданий кут β_n . Встановлюють відлік C і по центру сітки ниток труби фіксують шпилькою точку C_1 . Аналогічно будують кут β_n при крузі зліва і фіксують шпилькою точку C_2 . Якщо інструментальні та інші похибки відсутні, то точки C_1 та C_2 збігаються. Через похибки другий напрям може не збігтися з першим. Відстань C_1C_2 за допомогою лінійки ділять навпіл і фіксують точку C . Для контролю кут BAC вимірюють і точку C остаточно фіксують кілком.

Середня квадратична похибка перенесення на натуру проектного горизонтального кута:

$$m_\beta = \sqrt{2m_B^2 + 2m_o^2 + m_\sigma^2 + 2m_\delta^2} = 43,9'', \quad (4.20)$$

де m_σ , m_o , m_σ , m_δ – середні квадратичні похибки візування, відліку по горизонтальним кругом, центрування теодоліта, фіксування точки:

$$m_\sigma = 20''/v \cdot 20/18 = 1,1'', \quad (4.21)$$

v – збільшення зорової труби теодоліта ТЗО;

$$m_o = 0,5t = 0,5 \cdot 60 = 30'', \quad (4.22)$$

t – точність відлікового пристрою;

$$m_\sigma = (\rho \sqrt{2}/l) \sin(\beta_n/2) \sqrt{m'_\sigma} = (206265/40000)(47^\circ/2) = 4,1'', \quad (4.23)$$

ρ – число секунд у радіані (206265);

l – довжина, приблизно, однакових сторін кута, мм;

m_σ – лінійна похибка центрування, яка залежить від центрувального пристрою та висоти теодоліта над вершиною кута.

Способи та умови центрування

m'_σ , мм

Нитяний висок:

при відсутності вітру

2

при швидкості вітру до 3 м/с

3

при швидкості вітру до 5 м/с	5
Оптичний центрир при висоті приладу: до 1 м	0,3
до 1,5 м	0,5
більше 1,5 м	0,7

$$m_{\phi} = m'_{\phi} \rho / l = 2 \cdot 206265 / 40000 = 10,3'' \quad (4.24)$$

m_{ϕ} – лінійна похибка фіксування.

Спосіб закріплення точки	m'_{ϕ} , мм
Засічка на металевій пластині	0,5
Олівцем на бетоні:	
на гладенькій поверхні	0,5
на шорсткій поверхні	0,8
Закріплення шпилькою на поверхні землі	0,7
Закріплення дерев'яним кілком	2

Побудова проектного горизонтального кута з заданою точністю

Розбиваючи основні осі споруд, треба переносити кути на натуру з більшою точністю, ніж цього можна досягти наявним теодолітом.

Відомо проектний кут $\beta_{\pi} = 38^{\circ}47'20''$, необхідну точність побудови кута $m_{\beta} = 10''$ і точність теодоліта $t = 30''$. Побудову кута з заданою точністю виконують способом редукування в такій послідовності.

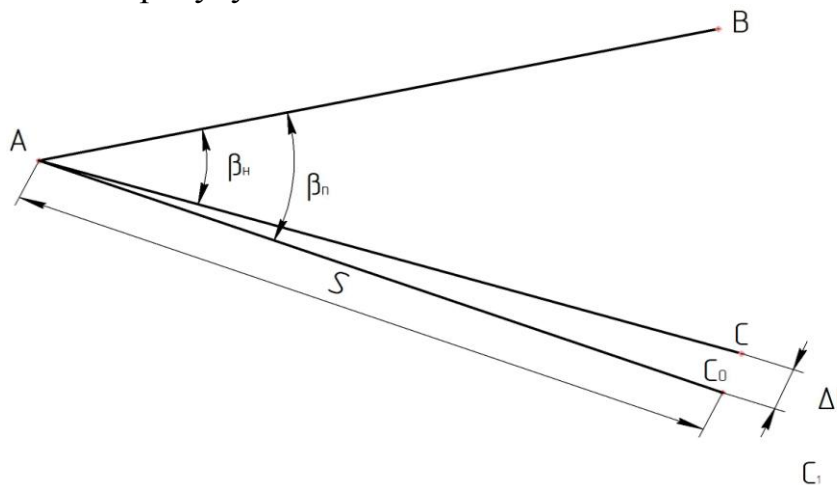


Рисунок 4.6 – Побудова кута з заданою точністю

Проектний кут $\beta_{\pi} = 38^{\circ}47'20''$ округлюють до мінут $\beta_{\pi}' = 38^{\circ}47'$. При одному положенні горизонтального круга теодоліта будують на місцевості кут β_{π}' , описаним вище способом, і відмічають точку C_0 (рис. 4.6). Далі побудований кут вимірюють з підвищеною точністю способом кругових прийомів або багаторазово необхідною кількістю прийомів:

$$n = t^2 / m_{\beta}^2 = 30^2 / 10^2 = 9 \text{ разів.} \quad (4.25)$$

За результатами вимірювань кута n прийомами обчислюють його середнє значення:

$$\beta_{BC} = (\beta_{n1}' + \beta_{n2}' + \beta_{n3}' + \dots + \beta_{nn}'). \quad (4.26)$$

Кутова поправка, внесена у значення вимірюючого кута

$$\Delta\beta = \beta_{BC} - \beta_n = 38^\circ 47' - 38^\circ 47' 20'' = -20''. \quad (4.27)$$

Вимірюють відстань $AC_0 = l = 119,47\text{м}$ і обчислюють лінійну поправку $CC_0 = \Delta l$:

$$\Delta l = l\Delta\beta/\rho = 119,47 \cdot 20/206265 = -12 \text{ мм}. \quad (4.28)$$

Далі за перпендикуляром від лінії AC_0 точку C переміщують у відповідний бік на величину Δl і визначають остаточний напрям AC . Точку C фіксують кілком.

Результати обчислень за оцінкою точності вимірювань кута наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Оцінка точності вимірювання кута

№ вимірювання	Вимірюваний кут β_i	Похибка вимірювання Δ_i , мм	Δ_i^2	Оцінка точності
1	38°48'	+1	1	$m = \sqrt{\frac{[\Delta_i^2]}{n}} = \pm 0',87$ $M = m/\sqrt{n} = \pm 0',29$
2	38°47'	0	0	
3	38°46'	-1	1	
4	38°47'	0	0	
5	38°48'	+1	1	
6	38°46'	-1	1	
7	38°48'	+1	1	
8	38°47'	0	0	
9	38°46'	-1	1	
$n = 9$	$\beta_{BC} = 38^\circ 47'$	$[\Delta_i] = 0$	$[\Delta_i^2] = 6$	

При побудові проектного кута способом редукування його середня квадратична похибка:

$$m_{\beta^3} = \sqrt{m_\beta^2 + m_{\Delta\beta}^2}, \quad (4.29)$$

де похибка побудови кута:

$$m_\beta = \sqrt{(m_A^2 + m_0^2)n + m_\epsilon^2 + m_\delta^2}, \quad (4.30)$$

а похибка визначення кутової поправки $\Delta\beta$:

$$m_{\Delta\beta} = m_i \rho / l, \quad (4.31)$$

де m_i – похибка відкладання відрізка l .

4.6 Перенесення на натуру лінії заданої довжини

Потрібно на місцевості побудувати лінію заданої довжини способом редукування. Довжина проектної лінії є горизонтальною проекцією. Тому, переносючи лінію на місцевість, у значення її довжини треба вводити поправку на ухил місцевості. Відомо початкове положення точки лінії, напрям та проектне значення її довжини (рис. 4.7).

Прилади та інструменти: мірна стрічка ЛЗ-20, теодоліт ТЗО, термометр, сокира та кілки.

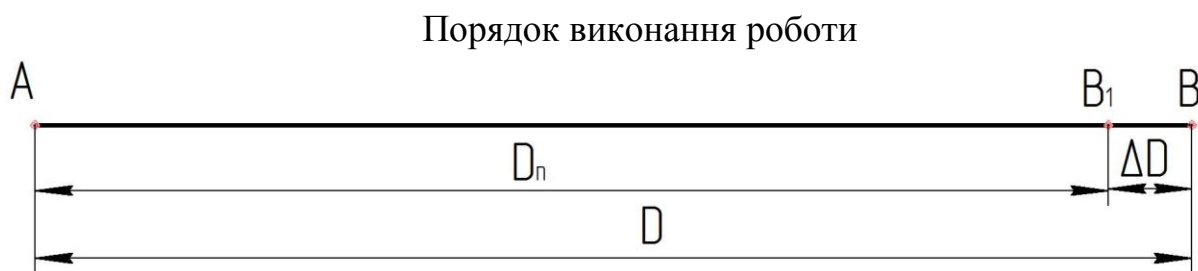


Рисунок 4.7 – Побудова проектної лінії

Від початкової точки в заданому напрямі за допомогою стрічки ЛЗ-20 відкладають наближене значення проектної відстані D_n . Тимчасово фіксують кілком точку B_1 . Теодолітом вимірюють кут нахилу між точками А та B_1 і обчислюють перевищення h . Вимірюють температуру стрічки t_B . Обчислюють поправки у відкладеній на місцевості відстані за формулами:
на компарування лінії

$$\Delta D_K = \Delta l_K D / l_0, \quad (4.32)$$

де l_0 – номінальна довжина стрічки, $l_0 = 20,00$ м;

Δl_K – похибка на компарування стрічки в довжину;
на температуру стрічки

$$\Delta D_t = \alpha_0 (t_B^0 - t_K^0) D / l_0, \quad (4.33)$$

де α_0 – коефіцієнт лінійного розширення (для сталі $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$);

t_K^0 – температура стрічки при компаруванні;
на уклон лінії

$$\Delta D_h = h^2 / 2D. \quad (4.34)$$

Якщо кут уклону не більший 1° , а точність перенесення на натуру лінії заданої довжини не перевищує $1 : 2000$, то поправку уклону лінії не враховують. Сумарну поправку на компарування, уклон лінії та температуру стрічки з оберненим знаком вносять у відстань AB_1 . Якщо сумарна поправка з мінусом, то відстань AB_1 збільшують на величину сумарної поправки і фіксують кілком точку В. Результати вимірювань та обчислення поправок у проектну довжину лінії наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Поправки на проектну довжину лінії

Проектна відстань D_n , м	Кут нахилу	Перевищення h , м	Температура t , $^\circ\text{C}$		Похибка на компарування, ΔI_K	Поправки, м			
			компарування	вимірювання		на компарування ΔD_n	на перевищення ΔD_h	на температуру ΔD_t	сумарна ΔD
194,70	$1^\circ 39'$	5,61	21	27	0,003	+0,029	+0,081	+0,014	+0,13

Середня квадратична похибка перенесення на натуру лінії заданої довжини, мм:

$$m_p = \sqrt{(m_e^2 + m_n^2)D^2 / l^2 + (m_t^2 + m_H^2 + m_h^2 + m_o^2)D / l}, \quad (4.35)$$

де m_K – похибка на компарування 20-метрової сталевий стрічки нормальним метром двома ($m_K = 0,6$ мм) та чотирма прийомами ($m_K = 0,4$ мм); похибка має імовірний характер, але в результаті побудови проектною довжини лінії вносить систематичну похибку;

m_c – похибка на укладання мірного приладу в створ, мм:

$$m_c = \varepsilon^2 / (2l), \quad (4.36)$$

ε – відхилення кінця мірного приладу від створу;

l – довжина стрічки;

m_t – похибка на температуру мірної стрічки, мм:

$$m_t = \alpha l m_t, \quad (4.37)$$

α – коефіцієнт розширення стрічки довжиною l ;

m_t , – похибка визначення температури, мм;

похибка на натяг стрічки, мм:

$$m_h = m_n \Delta \rho l / (\omega E), \quad (4.38)$$

m_n – похибка визначення натягу, мм;

$\Delta \rho$ – різниця сили натягу стрічки при компаруванні та вимірюванні, Н;

ω – площа перерізу полотна стрічки, м²;

E – модуль пружності матеріалу стрічки, МПа;

m_h – похибка на уклон стрічки, мм:

$$m_h = (h/l + h^3/(2l)^3), \quad (4.39)$$

h – перевищення між кінцями стрічки;

m_h – похибка визначення перевищення, мм.

Похибку фіксування кінцевої точки m_ϕ беруть: при фіксуванні стрічки шпильками – 1,5 мм, а при позначенні олівцем на поверхні бетону або асфальту – 1 мм.

Значення середніх квадратичних похибок перенесення на натуру лінії, мм:

m_k , мм	m_{c_2} , мм	m_{h_2} , мм	m_{t_2} , мм	m_{n_2} , мм	m_{ϕ_2} , мм	m_{p_2} , мм
0,6	0,5	0,2	0,5	0,1	1,5	9,3

Відносна середня квадратична похибка перенесення на натуру заданої лінії:

$$m_D/D = 0,0093/194,70 = 1/20935. \quad (4.40)$$

4.7 Перенесення на натуру проектних позначок

Потрібно визначити на місцевості положення проектної позначки точки. Задача вирішується при вертикальному плануванні, копанні котлованів та траншей, будівництві фундаментів споруд та трубопроводів, при встановленні колон і монтажі технологічного обладнання, винесенні на натуру проектного контуру водосховища. Відомі планове положення точки на місцевості та її проектна позначка H_n , а також місцеположення репера і його позначка H_R (рис. 4.8).

Прилади та інструменти: нівелір Н-3, рейки РН-3, сокира та кілки.

Порядок виконання роботи

Проектні позначки переносять на натуру, як правило, геометричним нівелюванням. Висотні положення репера та проектної точки можуть бути такими: репер та проектна точка нижче від горизонту приладу; репер нижче, а проектна точка вище від горизонту приладу; репер та проектна точка вище від горизонту приладу; репер вище, а проектна точка нижче від

горизонту приладу. Порядок роботи перенесення на натуру проектної точки залежить від перерахованих умов.

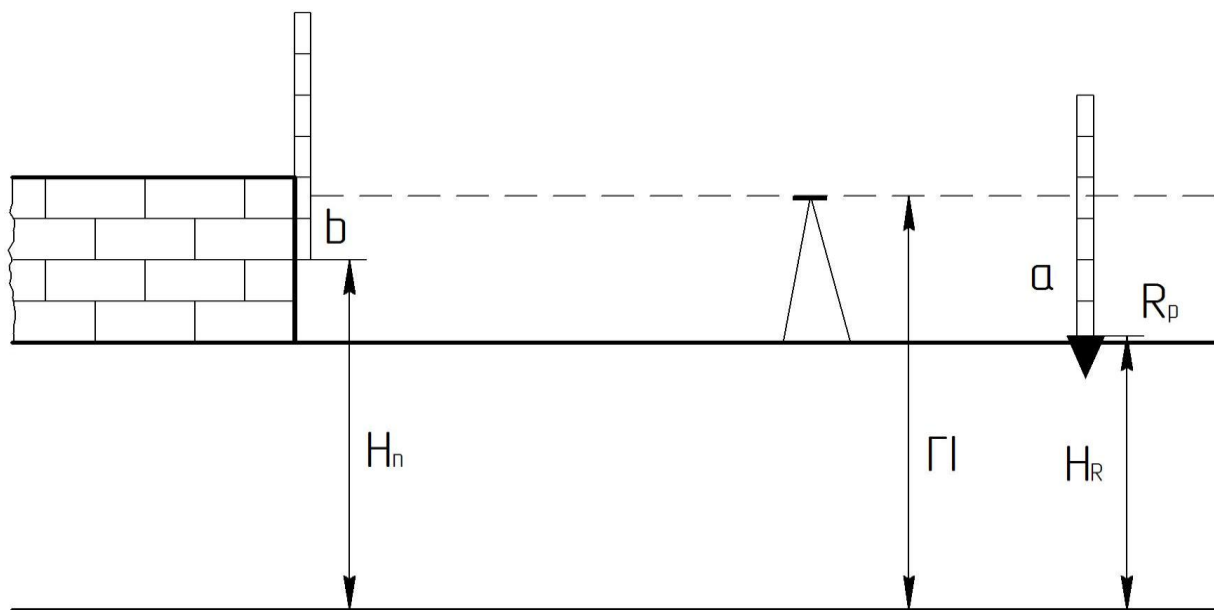


Рисунок 4.8 – Перенесення на натуру проектної позначки

Якщо репер та проектна точка нижче від горизонту приладу ($H_R < ГП > H_n$) (рис. 4.8), то нівелір встановлюють по середині між репером та місцем перенесення проектної позначки. Знімають відлік a по рейці, встановленій на репері, і обчислюють горизонт приладу, м:

$$ГП = H_R + a. \quad (4.41)$$

Обчислюють по рейці відлік b , мм, при якому задана точка розміщена на проектній позначці:

$$b = ГП - H_n. \quad (4.42)$$

Встановлюють рейку в шуканій точці і змінюють положення її по вертикалі таким чином, щоб відлік по рейці дорівнював обчисленому значенню b . Місцеположення нижньої точки рейки буде відповідати проектному положенню шуканої точки.

Для контролю перенесення на натуру проектної позначки виконують нівелювання від другого репера або за другою висотою приладу. Якщо похибка не перевищує допустимої, то проектну позначку, залежно від умов будівництва, фіксують металевим стержнем, дерев'яним кілком, олівцем на бетоні або насічкою на металевій пластині.

Якщо репер нижче, а шукана точка вище від горизонту приладу ($H_R < ГП < H_n$), то горизонт приладу обчислюють за формулою (4.41), а відлік по рейці, мм, за формулою:

$$b = H_n - ГП. \quad (4.43)$$

Якщо репер та шукана точка розміщені вище від горизонту приладу ($H_R > ГП < H_n$), то відлік по рейці, мм, обчислюють за формулою (4.43), а горизонт приладу, м, за формулою:

$$ГП = H_R - a. \quad (4.44)$$

Якщо репер розміщений вище від горизонту приладу, а шукана точка нижче ($H_R > ГП > H_n$), то горизонт приладу обчислюють за формулою (4.44), а відлік по рейці – за формулою (4.42).

Рейку, в усіх випадках, необхідно ставити п'яткою з нуля на задану точку і на репер. Результати вимірювань перенесення на натуру проектних позначок для різних положень репера та шуканої точки наведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Перенесення на натуру проектної позначки

Умови	Позначки репера H_R , м	Проектна позначка H_n , м	Відлік по рейці на репері		Горизонт приладу, мм		Відліки по рейці на проектній відмітці, мм	
			$a_{чр}$	$a_{чв}$	$ГП_{чр}$	$ГП_{чв}$	$b_{чр}$	$b_{чв}$
$H_R < ГП > H_n$	239,947	239,870	1974	6757	241,444	246,704	1574	6834
$H_R < ГП < H_n$	240,909	242,110	1083	—	241,992	—	0118	—
$H_R > ГП < H_n$	237,261	236,950	1473	—	235,788	—	1162	—
$H_R > ГП > H_n$	238,950	237,890	0643	—	238,307	—	0417	—

Середня квадратична похибка перенесення на натуру проектної позначки точки, мм:

$$m_i = \sqrt{m_R^2 + m_a^2 + m_b^2 + m_s^2 + m_o^2}, \quad (4.45)$$

де m_R – середня квадратична похибка позначки репера, яка дорівнює 0,1 мм;
 m_a , m_b – середні похибки відповідно віддіків по рейках, що встановлені на репері та проектній точці;

m_s , m_ϕ – перевищення, обумовлене непаралельністю візирної осі зорової труби нівеліра та осі циліндричного рівня;

m_ϕ – похибка фіксування проектної позначки кілком, яка дорівнює 2 мм.

Середні квадратичні похибки відліків по рейках, мм:

$$m_a = m_b = \sqrt{m_p^2 + m_{e.д.}^2 + m_n^2 + m_{з.с.}^2 + m_{\zeta.н.}^2}, \quad (4.46)$$

де m_p , $m_{e.д.}$, m_n , $m_{з.с.}$ – середні квадратичні похибки відліків, мм, відповідно, через неточне встановлення контактного рівня в нуль-пункті, неточне визначення частки поділки рейки, через похибки нанесення поділок рейки та вплив зовнішнього середовища:

$$m_p = 1,5\tau S 10^{-4}, \quad (4.47)$$

τ – ціна поділки рівня на 2 мм, яка для нівеліра Н-3 дорівнює 15";
 S – відстань від нівеліра до рейки, м; при відстані від нівеліра Н-3 до рейки $S = 50$ м.

$$m_p = 1,5 - 15 - 50 - 10^{-4} = 0,11 \text{ мм};$$

$$m_{e.д.} = 0,03t + 0,2S/v, \quad (4.48)$$

де t – найменша поділка рейки РН-3 (10 мм);
 v – збільшення зорової труби нівеліра Н-3 (30 разів);
 при відстані від нівеліра Н-3 до рейки РН-3 $S = 50$ м
 $m_{e.д.} = 0,03 \cdot 10 + 0,2 \cdot 50/30 = 0,63$ мм;
 $m_n = 0,5$ мм;

середня квадратична похибка відліків, обумовлена впливом зовнішнього середовища, може бути послаблена правильною організацією робіт.

Значення середньої квадратичної похибки на рейці, мм:

$$m_a = m_b = 0,11^2 + 0,63^2 + 0,5^2 = 0,81 \text{ мм}.$$

Середня квадратична похибка, обумовлена непаралельністю осі візування зорової труби нівеліра та його осі циліндричного рівня, мм:

$$m_i = (S_z - S_n)i/\rho, \quad (4.49)$$

де $(S_z - S_n)$ – різниця відстаней від нівеліра до заданої точки та передньої рейки, яка для технічного нівелювання не повинна перевищувати 10 м; i – кут між візирною віссю труби та віссю циліндричного рівня, який для нівеліра Н-3 не перевищує 10"; отже,

$$m_i = 10000 \cdot 10/206265 = 0,48 \text{ мм}.$$

В результаті сумісної дії всіх перерахованих незалежних похибок, сумарна середня квадратична похибка перенесення на натуру проектної позначки, мм:

$$m_i = \sqrt{0,1^2 + 0,81^2 + 0,81^2 + 0,48^2 + 2^2} = 2,36 \text{ мм}.$$

4.8 Перенесення позначок у глибокий котлован

Потрібно перенести позначку на дно глибокого котловану. Задача вирішується геометричним нівелюванням. Відомо планове положення на місцевості проектної позначки котловану (H_K) і репера (H_R) (рис. 4.9). Прилади та інструменти: один або два нівеліри Н-3, рейки РН-3, мірна стрічка ЛЗ-20 або рулетка, сокира та кілки.

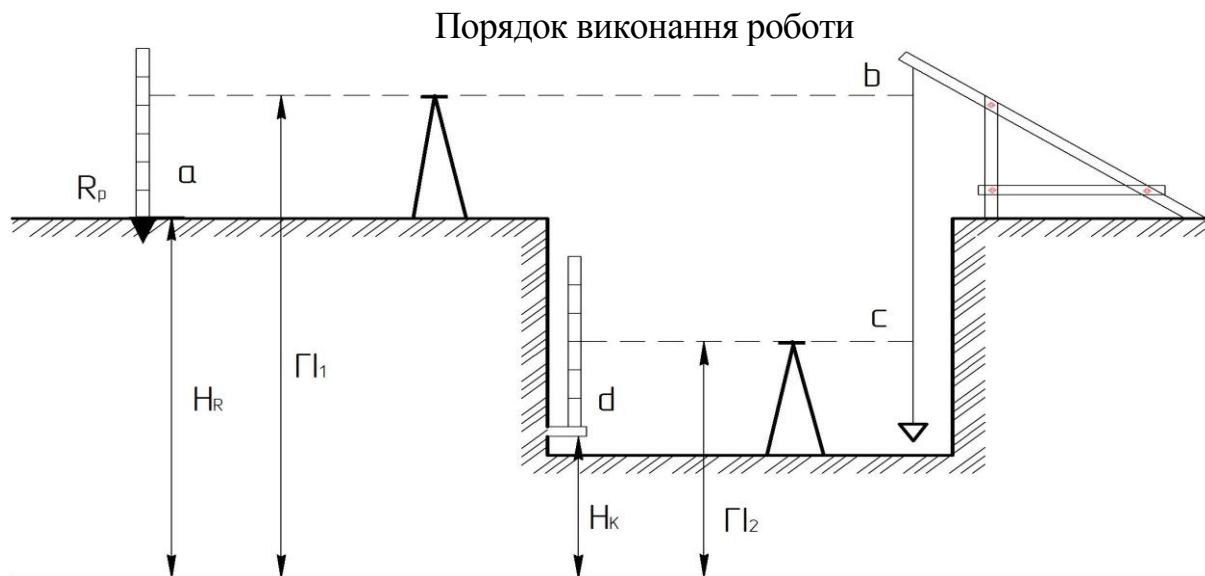


Рисунок 4.9 – Перенесення позначок у глибокий котлован

Підвішують рулетку з міліметровими поділками так, щоб нуль був угорі біля кронштейна, встановленого на краю котловану. До рулетки підвішують вантаж, маса якого дорівнює масі вантажу при компаруванні рулетки (5-10 кг), і опускають його в посудину з в'язкою рідиною. На протилежному боці котловану встановлюють перший нівелір, а другий чи той самий після зняття відліків – на дні котловану. Приводять нівелір у робоче положення і беруть відлік по рейці, встановленій на репері, і по рулетці b . Обчислюють горизонт першого нівеліра, який встановлений на поверхні землі, м:

$$ГП_1 = H_R + a. \quad (4.50)$$

Знімають відлік по рулетці c другим нівеліром, встановленим на дні котловану, і обчислюють горизонт приладу, м:

$$ГП_2 = ГП_1 - (c - b). \quad (4.51)$$

Відлік по рейці, встановленій на дні котловану, що відповідає проектній позначці котловану, мм:

$$d = ГП_2 - НК . \quad (4.52)$$

Піднімаючи або опускаючи рейку, досягають такого положення її нижньої п'ятки, при якому відлік у зоровій трубі нівеліра дорівнював би відліку d , обчисленому за формулою (4.52). Положення нижньої п'ятки рейки фіксують на дні котловану. Проектні параметри та результати вимірювань при перенесенні позначки в глибокий котлован наведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Проектні параметри та результати вимірювання при перенесенні позначки в глибокий котлован

Позначка репера, H_R , м	Проектна позначка котловану H_K , м	Відлік по рейці на репері a , мм	Відліки по рулетці, м		Горизонт приладу, м		Відлік по рейці в котловані d , мм
			b	c	$ГП_1$	$ГП_2$	
194,799	190,50	1974	0,563	5,397	196,773	191,939	1439

Середня квадратична похибка перенесення проектної позначки в глибокий котлован, мм:

$$m_t = \sqrt{m_R^2 + m_f^2 + m_1^2 + m_2^2 + m_l^2} , \quad (4.53)$$

де m_R , m_f , m_1 , m_2 , m_l – середні квадратичні похибки, мм, відповідно репера, фіксування проектної позначки на дні котловану, перенесення позначки від репера на рулетку та з рулетки на дно котловану, довжини рулетки на відстані між точками В та С:

$$m_1 = m_2 = \sqrt{m_a^2 + m_s^2 + m_{a.д.}^2} , \quad (4.54)$$

де m_a , m_s , $m_{e.p.}$ – середні квадратичні похибки, мм, відповідно відліку по рейці, яку обчислюють за формулою (4.52); перевищення, обумовленого непаралельністю візирної осі зорової труби нівеліра та осі його циліндричного рівня; відліку по рулетці, який обчислюють за формулою:

$$m_{a.д.} = \sqrt{m_{\delta}^2 + m_{a.д.}^2} , \quad (4.55)$$

де m_p , $m_{e.д.}$ – середні квадратичні похибки, мм, відповідно відліку через неточність встановлення рівня в нуль-пункті, яку обчислюють за виразом (4.47); відліку, обумовленого неточним визначенням частки поділки рейки, яку обчислюють за формулою (4.48):

$$m_l = \sqrt{(m_e^2 + m_{\Delta t}^2 + m_{\Delta \theta}^2 + m_{\Delta \vartheta}^2)}(c-b)/l, \quad (4.56)$$

де l – довжина рулетки, м,

$(c - b)$ – довжина ділянки рулетки між точками С та В, м;

m_{κ} , $m_{\Delta b}$, $m_{\Delta p}$, m_{np} – середні квадратичні похибки відповідно компарування рулетки (0,6 мм), температури рулетки, яку обчислюють за формулою (4.37); натягу рулетки та похибка обумовлена незбігом рулетки з прямовисною лінією;

$$m_{\Delta p} = m_{n.p} l/\omega E, \quad (4.57)$$

де $m_{n.p}$ – середня квадратична похибка визначення сили натягу рулетки, м;

ω – площа поперечного перерізу рулетки, м²;

E – модуль пружності; для сталі $3 \cdot 10^4$ МПа; для обчислення середньої квадратичної похибки через незбіг рулетки з прямовисною лінією, мм, використовують вираз:

$$m_{np} = K^2/(2l), \quad (4.58)$$

де K – горизонтальна відстань між нижнім кінцем і прямовисною лінією, що проходить через верхній кінець рулетки, м.

4.9 Перенесення позначок на монтажний горизонт

Потрібно перенести позначку на монтажний горизонт. Задача вирішується геометричним нівелюванням. Відомі планове положення та проектна позначка монтажного горизонту H_m , а також місцеположення та позначка репера H_R (рис. 4.10).

Прилади та інструменти: один або два нівеліри Н-3, дві рейки РН-3, мірна стрічка ЛЗ-20 або рулетка.

Порядок виконання роботи

До кронштейна, встановленого на монтажному горизонті, підвішують рулетку або стрічку з міліметровими поділками нулем вверху. До рулетки підвішують вантаж масою 5 – 10 кг і опускають його у відро з рідиною. Один нівелір встановлюють на поверхні землі, а другий – на монтажному горизонті. Знімають відліки по рейці a_1 , встановленій на репері a_2 , та по рулетці b_1 .

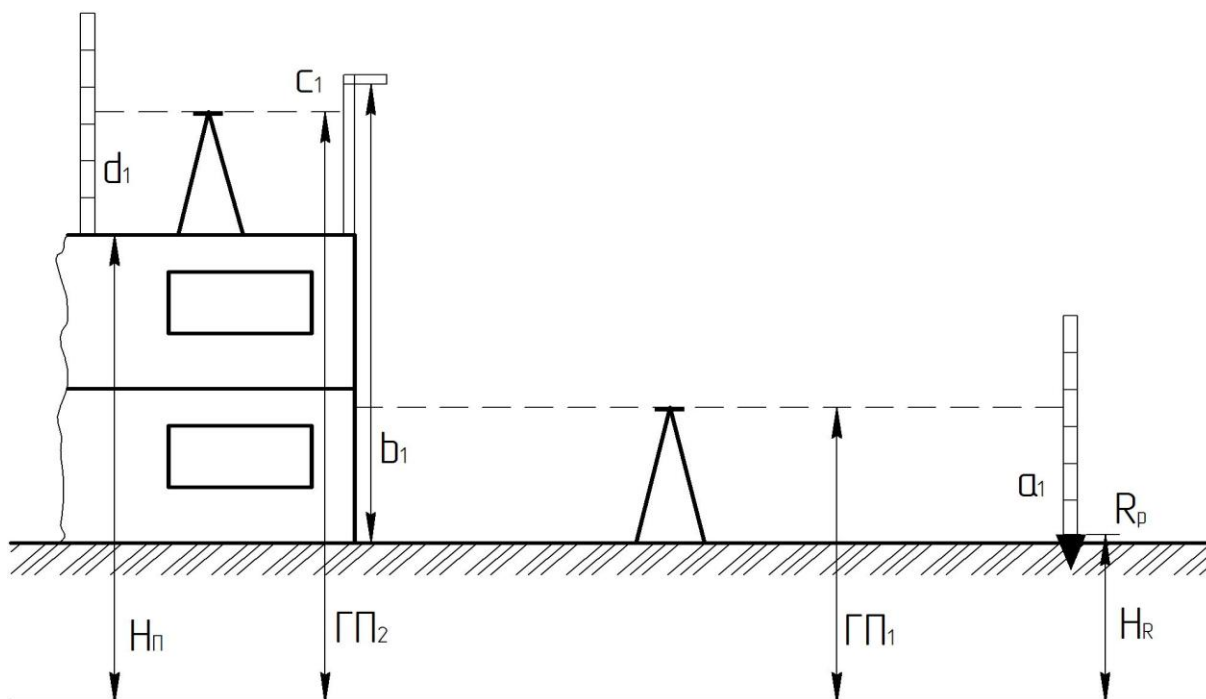


Рисунок 4.10 – Перенесення позначок на монтажний горизонт

Обчислюють горизонт приладу першого нівеліра, м:

$$\Gamma\Pi_1 = H_R + a_1. \quad (4.59)$$

Знімають відлік другим нівеліром, встановленим на монтажному горизонті, та по рулетці c_1 , і обчислюють горизонт приладу, м:

$$\Gamma\Pi_2 = \Gamma\Pi_1 + (b_1 - c_1). \quad (4.60)$$

Відлік по рейці, встановленій на монтажному горизонті, що відповідає проектній позначці, мм:

$$d_1 = \Gamma\Pi_2 - H_m. \quad (4.61)$$

Піднімаючи або опускаючи рейку, досягають такого положення її нижньої п'яти, при якому відлік у зоровій трубці нівеліра дорівнюватиме величині d_1 . Положення нижньої п'яти рейки фіксують на монтажному горизонті. Проектні параметри та результати вимірювань перенесення позначки на монтажний горизонт наведені у табл. 4.8.

Середню квадратичну похибку перенесення проектної позначки на монтажний горизонт обчислюють за формулою (4.53), використовуючи формули (4.54) – (4.58).

Таблиця 4.8 – Перенесення позначки на монтажний горизонт

Позначка репера, H_R , м	Проектна позначка монтажного горизонту H_K , м	Відлік по рейці на репері a_1 , мм	Відліки по рулетці, м		Горизонт приладу, м		Відлік по рейці на монтажному горизонті D_1 , мм
			b_1	c_1	$ГП_1$	$ГП_2$	
194,799	201,10	1983	0,536	6,517	196,782	202,763	1663

4.10 Перенесення на натуру лінії з заданим уклоном

Потрібно побудувати на місцевості лінію заданого уклону у відомому напрямку. Залежно від потрібної точності, задача може бути розв'язана за допомогою горизонтального або похилого променя візування нівеліра при невеликих перевищеннях, або теодолітом, при великих перевищеннях, а також за допомогою візирок. Її практична реалізація полягає у тому, щоб на місцевості у створі проектної лінії вбити ряд кілків, верхні зрізи яких були б розміщені на лінії заданого уклону.

Перенесення на місцевість лінії заданого уклону похилим променем візування в нівелір

Відомі: напрям, довжина проектної лінії L_{AB} та її уклон, місцеположення та позначка H_A однієї з точок (рис. 4.11).

Прилади та інструменти: нівелір Н-3, рейки РН-3, мірна стрічка ЛЗ-20, сокира та кілки.

Порядок виконання роботи

Спочатку переносять на місцевість проектну лінію довжиною L_{AB} з врахуванням поправки кута нахилу. Далі стрічкою розбивають лінію АВ, з заданим інтервалом d , на окремі відрізки і закріплюють їх кілками. В створі проектної лінії забивають ряд кілків, щоб їх верхні зрізи відповідали лінії заданого уклону. Лінію заданого уклону можна побудувати нівелюванням із “середини” або “вперед”.

Спосіб нівелювання з “середини”. При побудові заданого уклону нівелюванням із середини (рис. 4.11) нівелір установлюють посередині між точками А та В так, щоб лінія, яка проходить через два піднімальних гвинти нівеліра, була паралельною створу між точками. Приводячи нівелір у робоче положення, знімають відлік по рейці в точці А і обчислюють горизонт приладу, м:

$$ГП = H_A + a. \quad (4.62)$$

Обчислюють відлік b по рейці у точці В, мм:

$$b = ГП - i_{AB} L_{AB}, \quad (4.63)$$

де i_{AB} – проектний уклон;

L_{AB} – відстань між точками, м.

Знаючи відлік b , звичайним способом виносять на місцевість позначку, м:

$$H_B = H_A - i_{AB} L_{AB}, \quad (4.64)$$

де H_A – проектна позначка точки А, м.

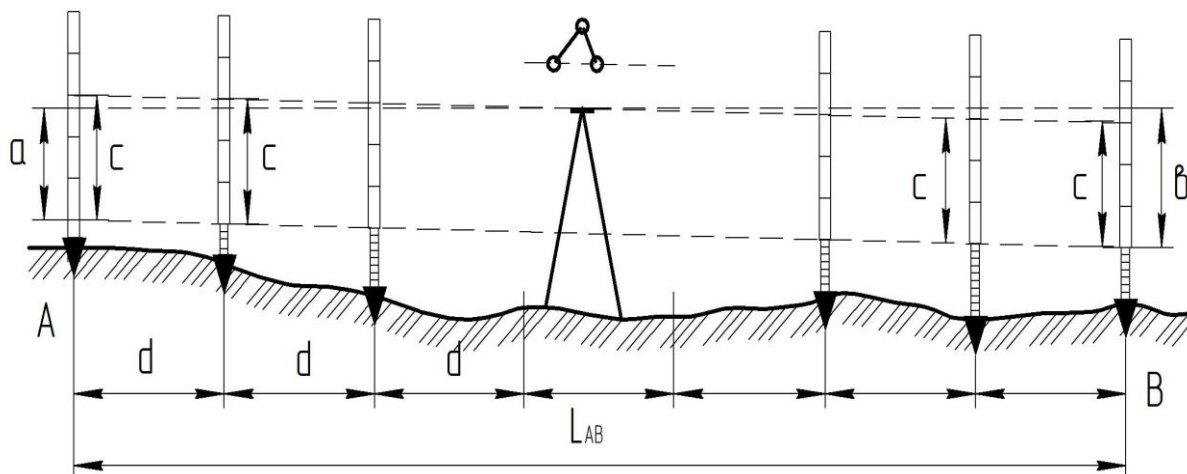


Рисунок 4.11 – Побудова лінії заданого уклону нівелюванням з середини

Методом наближення досягають однакових відліків на обох рейках, встановлених у крайніх точках. Для цього, спочатку працюючи двома піднімальними гвинтами, розміщеними в напрямі лінії візування, виводять середню нитку сітки нівеліра на відлік у точці А:

$$a'_{cp} = 0,5(a + b). \quad (4.65)$$

Далі візують зорову трубу нівеліра на рейку в точці В та обчислюють середнє з двох відліків

$$a''_{cp} = 0,5(a_{cp} + b). \quad (4.66)$$

Цей процес повторюють доти, доки відліки на двох рейках не збіжаться і не будуть дорівнювати відліку c . У даному положенні візирна вісь зорової труби нівеліра буде паралельною лінії АВ, тобто розміститься під заданим уклоном. Після цього, послідовно на відстані d встановлюють рейки і забивають кілки в землю до тих пір, поки відліки на рейках не будуть дорівнювати відлікам на крайніх точках c . Верхні зрізи кілків будуть відмічати на місцевості лінію

заданого уклону. Проектні параметри та результати вимірювань перенесення на місцевість лінії заданого уклону похилим променем візування, нівелюванням із середини наведені в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Перенесення лінії заданого уклону нівелюванням із середини

№ наближення	Позначка точки H_A , м	Уклон i_{AB}	Відстань між точками L_{AB} , м	Відстань між кілками d , м	Позначка точки H_K , м	Відлік по рейці на точці a , мм	Горизонт приладу PI , м	Відлік по рейці на точці b , мм	Середній відлік a_{cp} , мм
1	211,947	0,005	140	20	211,247	1419	213,366	1919	1669
2						1669		1729	1699
3						1699		1705	1702
4						1702		1702	1702

Спосіб нівелювання “вперед”. При побудові заданого уклону нівелюванням вперед (рис. 4.12) нівелір установлюють над точкою А. При цьому один із піднімальних гвинтів нівеліра повинен бути розміщений за напрямом лінії АВ. Пряма, що з’єднує два інших гвинти, повинна бути перпендикулярна лінії АВ. Приводять нівелір у робоче положення. Вимірюють висоту приладу I , обчислюють відлік b по рейці, мм, встановленій в точці В, який відповідає проектному уклону i_{AB} :

$$b = I + i_{AB}L_{AB}. \quad (4.67)$$

За допомогою піднімального гвинта, розміщеного на лінії АВ, нахилиють зорову трубу нівеліра на відлік по рейці b . Похилий промінь візування зорової труби нівеліра займе положення, паралельне проектному уклону i_{AB} . Піднімають рейку, встановлену в точці В, до тих пір, поки відлік за середньою ниткою сітки не буде дорівнювати висоті приладу I . У цьому випадку положення нижньої п’ятки рейки буде відповідати проектному значенню точки В. Точку В фіксують забиванням кілка до рівня нижньої п’яти рейки. Після цього, послідовно, на відстані d , установлюють рейки і забивають кілки в землю до тих пір, поки відліки по рейках не будуть дорівнювати висоті приладу I .

Верхні зрізи кілків будуть позначати на місцевості лінію заданого уклону. Проектні параметри та результати вимірювань перенесення на місцевість лінії заданого уклону похилим променем візування нівелюванням вперед наведені в табл. 4.10.

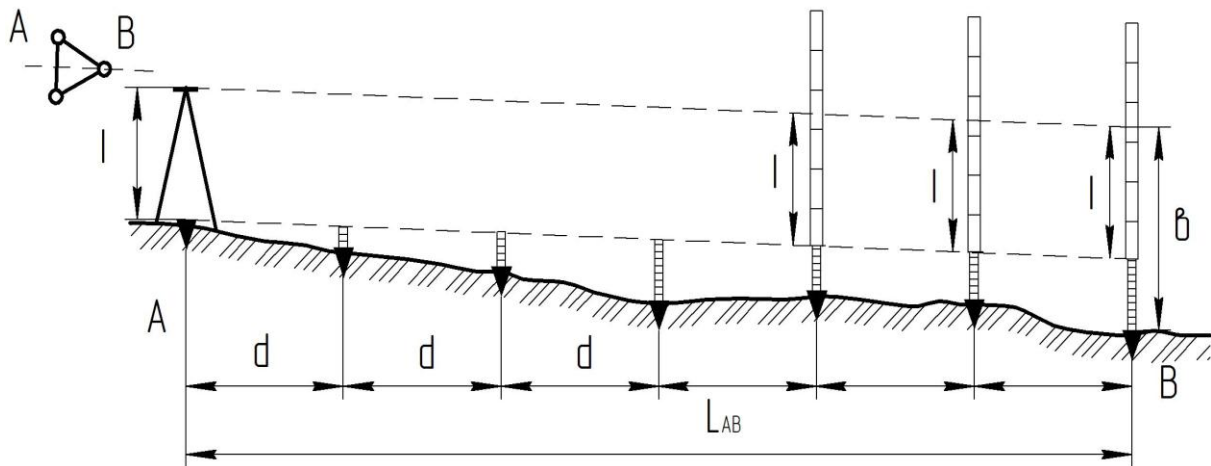


Рисунок 4.12 – Побудова лінії заданого уклону нівелюванням вперед

Таблиця 4.10 – Перенесення лінії заданого уклону нівелюванням вперед

Позначка точки А H_A , м	Уклон i_{AB}	Відстань між точками, L_{AB} , м	Відстань між кілками d , м	Позначки точки В H_B , м	Висота приладу I , м	Відлік на точці b , мм
211,922	0,005	120	20	211,322	1,479	2079

Побудова проектного уклону лінії за допомогою візирок

Відомі: напрям та довжина проектної лінії. Позначки проектних точок А та В (рис. 4.13), за допомогою яких на місцевості позначено уклон лінії, побудовані звичайним способом раніше. Методом користуються тоді, коли не потрібна висока точність, а довжина проектної лінії не перевищує 100 м.

Прилади та інструменти: три однакові за висотою візирки, сокира та кілки.

Порядок виконання роботи

Встановлюють одну візирку прямовисно на кілок у точці А, забитий на проектну висоту. Другу візирку встановлюють прямовисно на кілок в точці В, забитий також на проектну позначку. Виконуючий розбивку стає в точці А коло першої візирки і дивиться у напрямі другої візирки. Помічник з третьою ходовою візиркою переміщується від другої візирки до спостерігача. Ходова візирка опускається вниз або піднімається вверх доти, доки її верх не займе положення на лінії візування між закріпленими першою та другою візирками. У цьому випадку нижній кінець ходової візирки фіксує точки лінії заданого уклону, які закріплюють кілками.

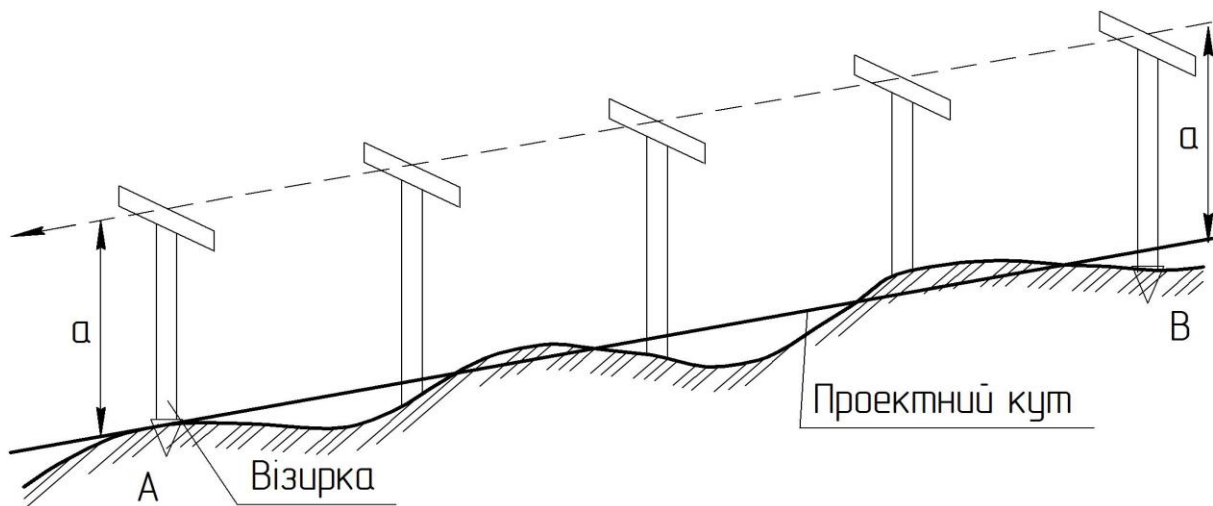


Рисунок 4.13 – Побудова проектного уклону за допомогою візирок

4.11 Побудова площини заданого уклону

Для перенесення на натуру проекту вертикального розпланування потрібно побудувати на місцевості площину з поздовжнім $i_1 = 0,005$ та поперечним $i_2 = 0,002$ уклонами. При невеликих перевищеннях задача вирішується за допомогою похилого променя візування нівеліра, а при значних перевищеннях – теодолітом (рис. 4.14).

Прилади та інструменти: нівелір Н-3, рейки РН-3, мірна стрічка ЛЗ-20, сокира та кілки.

Порядок виконання роботи

Для побудови площини заданого уклону спочатку обчислюють проектні позначки i її чотирьох кутових точок А, В, С та D та переносять їх на натуру.

Розміщують у точці А нівелір так, щоб два піднімальних гвинти розмістились за напрямом АВ, а третій – перпендикулярно до цього напрямку (рис. 4.14). Приводять нівелір у робоче положення і вимірюють висоту приладу I , за допомогою трьох піднімальних гвинтів доводять вісь візування до такого положення, при якому відліки по рейках, встановлених у точках А, В, С та D, будуть однаковими і дорівнюватимуть висоті приладу. При цьому похила площина, що проходить через вісь візування зорової труби нівеліра, буде паралельною заданій площині. Переміщують рейку в межах площини так, щоб відліки на ній весь час були однаковими і дорівнювали висоті приладу I . У результаті отримують систему необхідних точок, які будуть фіксувати проектне положення площини з заданими уклонами. Проектні параметри та результати вимірювань при побудові площини заданого уклону наведені в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Побудова площини заданого уклону

Відстань, м		Уклони		Позначки точок, м				Висота приладу I , мм
AB	AC	i_1	i_2	A	B	C	D	
80	60	0,005	0,002	211,95	211,55	211,83	211,43	1463

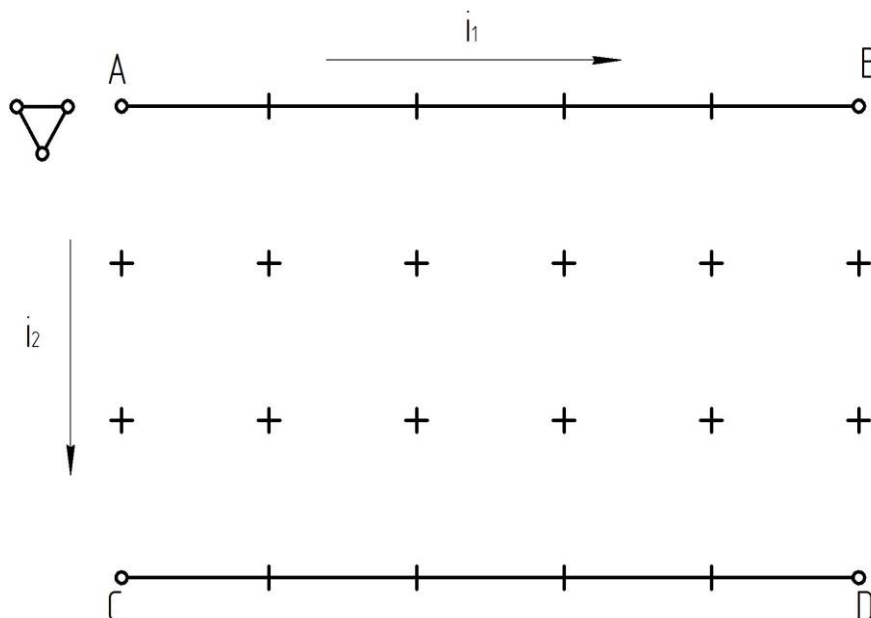


Рисунок 4.14 – Побудова площини заданого уклону

4.12 Визначення поздовжнього уклону річки

Потрібно визначити поздовжній уклон річки. Прилади та інструменти: нівелір Н-3, рейки РН-3, мірна стрічка ЛЗ-20, міліметрова лінійка, сокира та кілки.

Порядок виконання роботи

Уздовж берега річки прокладають нівелірний хід і закладають репери (рис. 4.15, а). Біля реперів у точках урізу води забивають кілки так, щоб їх вершини виступали над водою (рис. 4.15, б).

Нівелюванням визначають перевищення вершин кілків h_1 та h_2 , забитих напроти реперів біля урізів води. У встановлений момент, за звіреними годинниками, спостерігачі одночасно на обох кілках відмічають рівні води гострим ножем або олівцем. Міліметровою лінійкою вимірюють відстані від позначок рівня до вершин кілків d_1 та d_2 . Обчислюють позначки рівня води в річці, м:

у верхній за течією точці

$$H_1 = H_{R1} - h_1 - d_1 ; \quad (4.68)$$

у нижній за течією точці

$$H_2 = H_{R2} - h_2 - d_2 ; \quad (4.69)$$

де H_{R1} , H_{R2} – позначки першого та другого реперів, м.

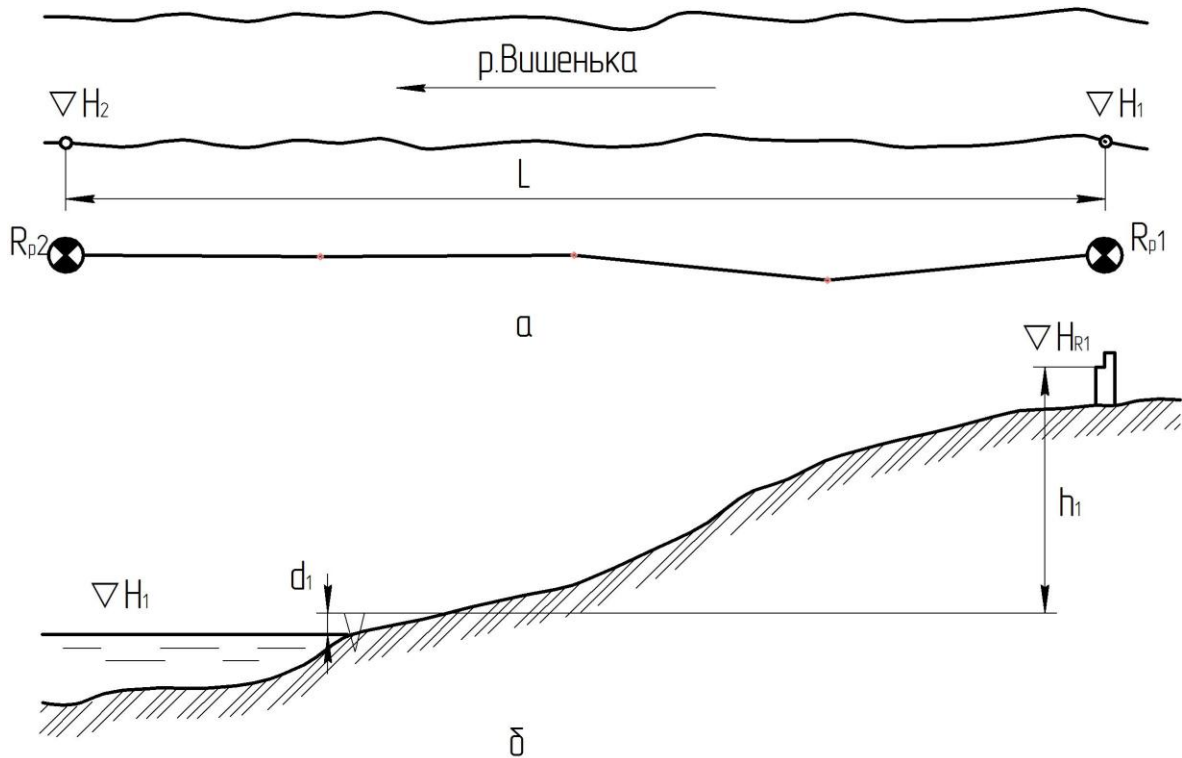


Рисунок 4.15 – Визначення поздовжнього уклону річки:
а – план річки; б – поперечний переріз річки

Уклон річки на одиницю її відстані

$$i = (H_1 - H_2)/L, \quad (4.70)$$

де L – відстань між точками, м.

Результати вимірювань з визначення поздовжнього уклону річки наведені в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Визначення поздовжнього уклону річки

Позначка репера, м		Перевищення репера над кілком, м		Відстань між кілками, м	Відстань від вершини кілка до урізу води, м		Позначки рівня води, м		Уклон
H_{R1}	H_{R2}	h_1	h_2	L	d_1	d_2	H_1	H_2	i
211,950	211,039	1,974	1,983	500	0,197	0,131	209,779	208,915	0,002

Контрольні запитання для самоперевірки знань

1. Порядок визначення висоти доступної споруди на місцевості.
2. Обчислення висоти недоступної споруди.
3. Камеральна обробка результатів вимірювань при визначенні відстані до недоступної точки.
4. Визначення довжини лінії посереднім методом при наявності перешкод.
5. Порядок побудови проектного горизонтального кута з заданою точністю.
6. Обчислення поправок у відкладеній на місцевості відстані.
7. Визначення на місцевості положення проектної позначки точки.
8. Перенесення позначок на монтажний горизонт.
9. Способи побудови на місцевості лінії заданого уклону.
10. Порядок побудови площини заданого уклону.
11. Визначення поздовжнього уклону річки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтенко С. П. Геодезичні роботи в будівництві : навчальний посібник / Войтенко С. П. – К. : ІСДО, 1993. – 144 с.
2. Инженерная геодезия / [Багратуни Г. В., Ганьшин В. Н., Данилевич Б. Д. и др.] – М. : Недра, 1984. – 344 с.
3. Кузьмін В. І. Інженерна геодезія в дорожньому будівництві / В. І. Кузьмін, О. А. Білятинський. – К. : Вища школа, 2006. – 278 с.
4. Левчук Г. П. Прикладная геодезия. Геодезические работы при изысканиях и строительстве инженерных сооружений / Левчук Г. П., Новаков В. Е., Лебедев Н. Н. – М. : Недра, 1983. – 265 с.
5. Могильний С. Г. Геодезія / С. Г. Могильний, С. П. Войтенко. – Чернігів : КП Видавництво «Чернігівські обереги», 2002. – 408 с.
6. Островський О. Л. Геодезія / О. Л. Островський та інш. – Львів, 2004. – 164 с.
7. Ратушняк Г. С. Інженерна геодезія. Практикум / Ратушняк Г. С. – К. : Вища школа, 1992. – 226 с.
8. Ратушняк Г. С. Геодезичні роботи в будівництві / Г. С. Ратушняк, О. Г. Лялюк. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 182 с.
9. Справочник по инженерной геодезии / [Баран П. И., Войтенко С. П., Полищук Ю. В. и др.]. – К. : Высшая школа, 1978. – 376 с.
10. Український тлумачний словник будівельних термінів / [Лівінський О. М., Лівінський М. О., Васильківський О. А. та інш.]. – К. : Українська академія наук (УАН), “МП Леся”, 2006. – 528 с.
11. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Геодезичні роботи у будівництві : ДБН В.1.3-2:2010 – [Чинний від 2010-01-21]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 70 с. – (Національні стандарти України).
12. Инженерная геодезия : [учебник для вузов] / Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман ; под ред. Д. Ш. Михелева. – [4-е изд., испр.] – М. : Издательский центр "Академия", 2004. – 480 с.
13. Справочник по общестроительным работам. Геодезические работы в строительстве / [Ганьшин В. Н., Коськов Б. И., Хренов Л. С. и др.]; под ред. В. Н. Ганьшина. – М. : Стройиздат, 1975. – 400 с.
14. Инженерная геодезия : учебник для вузов ж.-д. трансп. / [А. А. Визгин, В. Н. Ганьшин, В. А. Коугия и др.]; под ред. Л. С. Хренова. – [2-е изд., перераб. и доп.] – М. : Высшая школа, 1985. – 352 с.
15. Ратушняк Г. С. Інженерна геодезія / – Ратушняк Г. С. – К. : Вища школа, 1992. – 262 с.
16. Субботин Н. Е. Справочник строителя по инженерной геодезии / Н. Е. Субботин, А. С. Мазницкий. – К. : Будівельник, 1989. – 248 с.

СЛОВНИК

АБРИС (contour) – зроблений від руки схематичний план ділянки місцевості, на якому показуються контури угідь, місцеві предмети, результати вимірювань, наводяться назви та інші відомості, що необхідні для складання точного плану при теодолітній зйомці.

АЕРОФОТОЗНІМОК (airphoto) – фотографічне зображення місцевості, що отримане з літака або іншого літального апарата.

ВИСОТА ТОЧКИ (altitude) земної поверхні – це відстань до цієї точки по прямовисній лінії до рівнявої поверхні, яка прийнята в державній геодезичній мережі за вихідну (нульову). Висота відраховується від середнього рівня Балтійського моря, що визначений багаторічними спостереженнями на водомірному посту.

ВИСОТА ГЕОДЕЗИЧНА (dead lift) – висота точки земної поверхні над поверхнею референц-еліпсоїда, що відраховується по нормалі до еліпсоїда.

ВИСОТА ПЕРЕРІЗУ РЕЛЬЄФУ (vertical interval) – різниця значень висот двох послідовних основних горизонталей на карті.

ГЕОДЕЗИЧНА МРЕЖА (geodetic network) – система пунктів на земній поверхні, які закріплені на місцевості спеціальними знаками та центрами, положення яких визначено в плановому відношенні та по висоті.

ГЕОДЕЗІЯ (geodesy) – наука, що вивчає форму та розміру Землі і займається питаннями створення координатної планової та висотної основи для детального вивчення фізичної поверхні Землі засобами та методами топографії та картографії.

ГОРИЗОНТАЛІ (ІЗОГІПСИ) (contour line) – лінії на карті, що з'єднують точки земної поверхні з однаковою висотою.

ЗНАК ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ (beacon, monument) – дерев'яне або металева споруда над центром геодезичного пункту, що слугує об'єктом візування на пункт або для підйому приладу над землею при кутових або лінійних вимірюваннях на пункті.

КАРТИ (map) – зменшене, узагальнене та відтворене за певними математичними законами зображення значних ділянок земної поверхні або всієї земної поверхні на площині. На картах наочно за допомогою умовних знаків показано розміщення та зв'язки різних предметів та явищ, а також їх якісні та кількісні характеристики.

КООРДИНАТИ ГЕОГРАФІЧНІ (geographic coordinate) – кутові величини, що називаються широтою та довготою, які визначають положення точки земної поверхні відносно екватора та початкового меридіана.

МАСШТАБ (scale) ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ ЧИ ПЛАНУ – відношення довжини лінії на карті (плані) до довжини горизонтального прокладання

відповідної лінії на місцевості. Масштаб виражають в числовій або лінійній формах.

НІВЕЛЮВАННЯ (levelling) – визначення висот точок земної поверхні відносно деякої обраної точки або над рівнем моря. Нівелювання розрізняють: геодезичне, астрономічне та астроном-гравіметричне.

ПОЛІГОНОМЕТРІЯ (polygonometry) – метод побудови геодезичної мережі у формі багатокутників, в яких вимірюються всі сторони та кути.

ПРИВ'ЯЗКА ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ (associating geodetic network) – включення в створювану мережу елементів раніш прокладеної мережі в якості вихідної основи або з метою приєднання до неї.

РЕКОГНОСЦИРОВАННЯ (reconnaissance, reconnoitring) – огляд та обстеження місцевості з метою уточнення проекту проведення геодезичних робіт, уточнення місце розташування пунктів геодезичного обґрунтування, перевірки взаємної видимості між сусідніми пунктами та умов для проведення вимірювань.

ТОПОГРАФІЧНИЙ ПЛАН (topographical plan) – зменшене та подібне зображення горизонтальних проекцій контурів та форм рельєфу місцевості без урахування сферичності Землі.

ТРАСУВАННЯ (tracing) – вид інженерно-геодезичних вишукувань, що направлений на визначення кращого в технічному відношенні та економічно ефективного варіанту положення траси.

ТРИАНГУЛЯЦІЯ (triangulation) – метод побудови геодезичної мережі у вигляді суміжних трикутників, в яких вимірюються всі кути та довжину хоча б однієї сторони.

Навчальне видання

Ратушняк Георгій Сергійович

Панкевич Ольга Дмитрівна

Бікс Юрій Сергійович

Вовк Тетяна Юрївна

Геодезичне забезпечення будівництва

Частина 1

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено Т. Вовк

Підписано до друку р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк.
Наклад прим. Зам. № 2013-

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432)59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432)59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р