

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт

з навчальної дисципліни «**Геодезія**» (**частина 1**)
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 193 «**Геодезія та землеустрій**»

Одеса – 2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт

з навчальної дисципліни «**Геодезія**» (**частина 1**)
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 193 «**Геодезія та землеустрій**»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
193 «**Геодезія та землеустрій**»
Протокол № 5
від «31» травня 2022 р.

Методичні вказівки до практичних робіт з навчальної дисципліни **«Геодезія» (частина 1)** для студентів 2-го року денної форми навчання та 3-го року заочної форми навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», рівень вищої освіти бакалавр / канд. геогр. наук, доц. Гриб О. М., ас. Гращенко Т. В. Одеса: ОДЕКУ, 2022. 84 с.

ЗМІСТ

	<i>Стор.</i>
ВСТУП	6
1 Практична робота № 1.	
Обробка лінійних вимірювань, виконаних землемірною стрічкою.....	7
1.1 Теоретична частина до практичної роботи № 1	7
1.2 Практична частина до практичної роботи № 1	14
1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 1	14
2 Практична робота № 2.	
Опосередковані визначення відстаней між двома точками місцевості – недоступної відстані та при відсутності прямої видимості	15
2.1 Теоретична частина до практичної роботи № 2	15
2.2 Практична частина до практичної роботи № 2	25
2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 2	25
3 Практична робота № 3.	
Обробка журнал-схеми нівелювання поверхні місцевості за квадратами.....	26
3.1 Теоретична частина до практичної роботи № 3	26
3.1.1 Нівелювання поверхні місцевості способом за квадратами	26
3.1.2 Камеральна обробка результатів нівелювання поверхні місцевості способом за квадратами.....	29
3.2 Практична частина до практичної роботи № 3	31
3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 3	31
4 Практична робота № 4.	
Розрахунок виносу в натуру проектної позначки	32
4.1 Теоретична частина до практичної роботи № 4	32
4.2 Практична частина до практичної роботи № 4	35
4.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 4	35

5 Практична робота № 5.

Передача позначки на дно котловану та на монтажний горизонт	36
5.1 Теоретична частина до практичної роботи № 5	36
5.2 Практична частина до практичної роботи № 5	38
5.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 5	39

6 Практична робота № 6.

Розбивка на місцевості проектної похилої лінії.....	40
6.1 Теоретична частина до практичної роботи № 6	40
6.2 Практична частина до практичної роботи № 6	41
6.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 6	42

7 Практична робота № 7.

Розрахунок виносу в натуру геодезичного об'єкта	43
7.1 Теоретична частина до практичної роботи № 7	43
7.2 Практична частина до практичної роботи № 7	53
7.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 7	53

8 Практична робота № 8.

Розрахунок виносу на місцевість кутової точки будівельної сітки	54
8.1 Теоретична частина до практичної роботи № 8	54
8.2 Практична частина до практичної роботи № 8	57
8.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 8	57

9 Практична робота № 9.

Обробка результатів нівелювання III та IV класів на прикладі вирівнювання одиночного нівелірного ходу та системи ходів прив'язки вузлового (контрольного) реперу до державної нівелірної мережі.....	58
9.1 Теоретична частина до практичної роботи № 9	59
9.2 Практична частина до практичної роботи № 9	64
9.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 9	64

10 Практична робота № 10.

Передача висотної позначки через водні перешкоди шириною понад 100 м.....	65
10.1 Теоретична частина до практичної роботи № 10	65
10.2 Практична частина до практичної роботи № 10	68
10.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 10.....	68

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 69

Додаток А. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 1	70
Додаток Б. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 2.....	71
Додаток В. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 3.....	72
Додаток Г. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 4.....	73
Додаток Д. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 5.....	74
Додаток Е. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 6.....	75
Додаток Ж. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 7	76
Додаток И. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 8	77
Додаток К. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 9	78
Додаток Л. Вихідні дані до виконання практичної роботи № 10	83

ВСТУП

Методичні вказівки розроблені для виконання практичних робіт змістовного модуля практичного «*Прикладні інженерно-геодезичні розрахунки*» (ЗМ-П1) навчальної дисципліни «**Геодезія (частина 1)**» для студентів 2-го року денної форми навчання та 3-го року заочної форми навчання (включно з іноземцями) за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр») першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Дані методичні вказівки створені з метою забезпечення студентів потрібною навчально-методичною літературою для самостійної підготовки та виконання практичних робіт № 1-10, а також закріплення теоретичних знань отриманих під час лекційних занять. Для поглибленого вивчення матеріалу наприкінці даних методичних вказівок є список рекомендованої літератури [1-6]. Методичні вказівки складені відповідно до силлабусу навчальної дисципліни [7].

У методичних вказівках наведені рекомендації до виконання та оформлення практичних робіт № 1-10 (розділи 1-10) і вихідні дані до них (**Додатки А-Л**). Перед виконанням практичної роботи слід ознайомитися з теоретичним матеріалом, викладеним у відповідному розділі методичних вказівок, а також дати відповіді на запитання для самоперевірки. Потім виконати завдання практичної частини практичної роботи.

Для оцінювання практичних робіт № 1-10 їх потрібно оформити та захистити. Відповідно до силлабусу навчальної дисципліни оцінювання практичних робіт здійснюється наступним чином:

– перевірка виконання розрахункових частин практичних робіт (по 6 балів);

– захист (у вигляді усного опитування) практичних робіт (по 4 бали).

Отже, кожна практична робота оцінюється максимально в 10 балів, а опрацювання матеріалу ЗМ-П1 оцінюється максимально в **100 балів**.

1 Практична робота № 1.

Обробка лінійних вимірювань, виконаних землемірною стрічкою

1.1 Теоретична частина до практичної роботи № 1

При вимірюванні дожини лінії стрічкою землемірною або рулеткою використовують 6 чи 11 металевих шпильок. Лінію вимірюють два вимірника (робітника) у послідовності, описаній нижче.

Передній бере 5 (10) шпильок і витягує стрічку вздовж вимірюваної лінії. Задній вимірник утримує початковий штрих стрічки над початком лінії і спрямовує переднього так, щоб той вкладав стрічку вздовж створу лінії.

Передній вимірник, за сигналом заднього, створює натяг стрічки із силою 10 кг та через виріз-гачок у стрічці вставляє шпильку в землю.

Далі, задній вимірник висмикує шпильку, а передній – протягує стрічку вперед.

Задній вимірник зачіплює проріз стрічки в залишену переднім шпильку, а передній – знову натягує стрічку і вставляє шпильку.

Потім задній вимірник висмикує шпильку та підходить до наступної, в той час як передній знову протягує стрічку вперед і т. д.

За кількістю шпильок у заднього мірника, визначають кількість повних вкладень мірної стрічки. Якщо у заднього робітника опиняться всі 6 чи 11 шпильок, а віддаль ще не виміряна до кінця, то він передає другому робітникові 5 чи 10 шпильок і після цього вимірювання лінії продовжують. Кожну передачу шпильок фіксують (записують) у журналі вимірювань.

Довжину залишку (доміру) від останньої шпильки до кінця лінії, меншу від довжини стрічки, встановлюють з точністю до 1 см.

При вимірюванні ліній необхідно дотримуватись наступних вимог:

- 1) лінія має бути розчищена і ретельно підготовлена до вимірювання;
- 2) відхилення переднього закінчення стрічки від створу не повинно бути більшим 12 см;
- 3) шпильки повинні бути прямі, встромлювати їх у землю потрібно вертикально на достатню глибину, щоб при створенні натягу стрічки шпилька не нахилилась і не зрушувалась з місця;
- 4) при вимірюваннях з точністю до 1:2000 натяг стрічки можна виконувати рукою без динамометра, а температуру не враховують;

5) при вимірюваннях кутів нахилу ліній, які мають переломи, потрібно їх розбивати на ділянки з однаковим ухилом і визначати нахил лінії та довжину кожної ділянки окремо;

6) при кутах нахилу менших $1,5^\circ$, поправка за нахил є незначна, тому її можна не вводити;

7) відлік на стрічці слід знімати уважно і не допускати прорахунків;

8) для контролю виконують вимірювання у прямому і зворотному напрямках.

Для контролю лінію вимірюють у прямому і зворотному напрямках. Загальна довжина лінії, обчислена за номінальною довжиною стрічки (або рулетки), визначається за формулою:

$$D_{np} = n_{np} \cdot l_0 + r_{np} \quad \text{та} \quad D_{зв} = n_{зв} \cdot l_0 + r_{зв}, \quad (1.1)$$

де D_{np} , $D_{зв}$ – загальна довжина лінії, відповідно, у прямому і зворотному напрямках, м;

n_{np} , $n_{зв}$ – число цілих відкладень стрічки (або рулетки) у виміряній лінії, відповідно, у прямому і зворотному напрямках;

r_{np} , $r_{зв}$ – величина доміру (залишку), відповідно, у прямому і зворотному напрямках, м;

l_0 – номінальна довжина мірної стрічки (або рулетки), м.

За кінцевий результат приймають середнє значення її довжини у прямому і зворотному напрямках:

$$D_{сер} = (D_{np} + D_{зв}) / 2. \quad (1.2)$$

де $D_{сер}$ – середня довжина лінії, м;

D_{np} – довжина лінії, виміряна в прямому напрямку, м;

$D_{зв}$ – довжина лінії, виміряна в зворотному напрямку, м.

Відносну похибку вимірювання лінії ($f_{відн}$) визначають за величиною абсолютної похибки ($f_{абс}$) та середньої довжини лінії ($D_{сер}$) за формулою:

$$f_{відн} = f_{абс} / D_{сер} = (D_{np} - D_{зв}) / D_{сер} \leq 1/2000 \quad (\text{або} \leq 0,0005). \quad (1.3)$$

Щоб отримати фактичну довжину лінії (D , м), необхідно у виміряну довжину лінії ($D_{сер}$, м) увести поправки за компарування мірного приладу ($\Delta D_{ком}$, м) і температуру (ΔD_t , м).

Поправка за компарування $\Delta D_{ком}$ визначається наступним чином:

$$\Delta D_{ком} = D_{сер} \cdot (\Delta l_{ком} / l_0), \quad (1.4)$$

де $\Delta l_{ком}$ – різниця довжин робочої та взірцевої стрічки (компаратора), м;
 l_0 – номінальна довжина стрічки, м.

При підвищенні (зниженні) температури металеві й інші (наприклад, фіберглассові) мірні прилади змінюють свою довжину, тому під час вимірювань враховують поправку за температуру ΔD_t :

$$\Delta D_t = a \cdot (t_{вим} - t_{ком}) \cdot D_{сер}, \quad (1.5)$$

де a – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу мірного приладу (для сталі він дорівнює $1,25 \cdot 10^{-5}$, а для фіберглассу – $1,26 \cdot 10^{-5}$);

$t_{вим}$ – температура мірного приладу (повітря) під час вимірювання, °С;

$t_{ком}$ – температура мірного приладу (повітря) під час компарування, °С.

Поправка за температуру мірного приладу (повітря) ΔD_t може бути як додатною, так і від'ємною. Якщо $t_{вим} > t_{ком}$, то поправка буде додатною, а при $t_{вим} < t_{ком}$ – від'ємною.

Якщо вимірювання довжини лінії виконують з відносною похибкою в межах 1/1000-1/5000, то при різниці температур $(t_{вим} - t_{ком})$ менше абсолютної величини 8° , поправку за температуру ΔD_t не вводять, тому що вона має дуже мале значення.

В остаточному вигляді фактичне значення довжини лінії (D , м) буде дорівнювати:

$$D = D_{сер} + \Delta D_{ком} + \Delta D_t. \quad (1.6)$$

Однак, складання планів, карт і проектних креслень здійснюється на горизонтальній площині, тому є необхідність переходу від виміряних на місцевості похилих віддалей $AB = D$ (рис. 1.1) до їх проєкцій $AC = d$ (горизонтальних прокладань) на горизонтальну площину. Для цього в результати вимірювань довжини вводять поправку на нахил лінії (ΔD_h , м) до горизонту (рис. 1.1).

З метою отримання горизонтальної проєкції d лінії AB довжиною D необхідно знати кут нахилу ν або відстань BC – перевищення h точки B над точкою A (рис. 1.1).

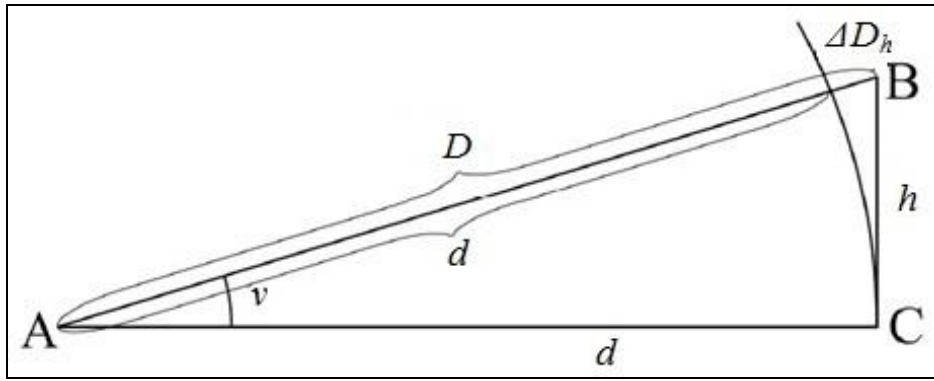


Рис. 1.1 – Схема визначення поправки за нахил лінії до горизонту

З рис. 1.1 видно, що:

$$\Delta D_h = D - d. \quad (1.7)$$

Враховуючи, що

$$d = D \cdot \cos v, \quad (1.8)$$

одержимо:

$$\Delta D_h = D - D \cdot \cos v. \quad (1.9)$$

Тоді

$$\Delta D_h = D \cdot (1 - \cos v). \quad (1.10)$$

Оскільки

$$1 - \cos v = 2 \cdot \sin^2(v/2), \quad (1.11)$$

то

$$\Delta D_h = 2 \cdot D_{\text{сеп}} \cdot \sin^2(v/2). \quad (1.12)$$

Поправку за нахил поверхні можна обчислити також, якщо відоме перевищення h .

З теореми Піфагора маємо:

$$h^2 = D^2 - d^2 \quad \text{та} \quad h = (D^2 - d^2)^{0,5} \quad (1.13)$$

або

$$h^2 = (D - d) \cdot (D + d) = \Delta D_h \cdot (D + d). \quad (1.14)$$

Звідки

$$\Delta D_h = h^2 / (D + d). \quad (1.15)$$

Якщо врахувати, що h^2 набагато менша від D , то можна прийняти:

$$D + d \approx 2 \cdot D. \quad (1.16)$$

Остаточного отримаємо:

$$\Delta D_h = h^2 / (2 \cdot D). \quad (1.17)$$

В остаточному вигляді *горизонтальне прокладання лінії* (d , м) повинне враховувати поправки за компарування, температуру та нахил поверхні (поправка за нахил поверхні завжди від'ємна або дорівнює нулю):

$$d = (D_{\text{сер}} + \Delta D_{\text{ком}} + \Delta D_t) - \Delta D_h = D - \Delta D_h. \quad (1.18)$$

Якщо вимірювана лінія має відрізки з різними кутами нахилу, то вимірюють довжину і кут нахилу кожного відрізка та кожний з них приводять до горизонту, а загальне горизонтальне прокладення лінії, що вимірюється, одержують, як суму горизонтальних прокладень окремих відрізків. Кути нахилу ліній до горизонту більше 6° зазвичай вимірюють теодолітом, а при кутах нахилу окремих відрізків лінії до 6° – екліметром.

Екліметр – спрощений ручний геодезичний прилад для вимірювання кутів нахилу ліній з точністю від $0,25^\circ$ до $0,5^\circ$.

Якщо кути нахилу вимірюваних ліній не перевищують $1,5^\circ$ ($1^\circ 30'$), то поправку за нахил із-за її малого значення не враховують.

Результати вимірювань і обчислень заносять у журнал визначення відстаней, виміряних стрічкою землемірною (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Журнал визначення відстаней, вимірних стрічкою землемірною ЛЗ-20

Лінія	Результати вимірювань											Результати обчислень				
	Прямий напрям			Зворотній напрям			Середні	Абсолютна похибка, $f_{абс} = D_{np} - D_{зв}$, м	Відносна похибка, $f_{відн} = f_{абс} / D_{сер} \leq 1/2000 (\leq 0,0005)$	Кут нахилу лінії, ν , °'	Температура, $t_{вим}$, °С	Поправка за компарування, $\Delta D_{ком} = D_{сер} \cdot (\Delta l_{ком} / l_0)$, м	Поправка за температуру, $\Delta D_t = a \cdot (t_{вим} - t_{ком}) \cdot D_{сер}$, м	Фактична довжина лінії, $D = D_{сер} + \Delta D_{ком} + \Delta D_t$, м	Поправка за нахил лінії, $\Delta D_h = D \cdot (1 - \cos \nu) = h^2 / (2 \cdot D)$, м	Горизонтальне прокладання, $d = D - \Delta D_h$, м
	Число цілих відкладень стрічки, n_{np}	Величина доміру (залишку), r_{np} , м	Довжина, за номінальною довжиною стрічки (l_0 , м), $D_{np} = n_{np} \cdot l_0 + r_{np}$, м	Число цілих відкладень стрічки, $n_{зв}$	Величина доміру (залишку), $r_{зв}$, м	Довжина, за номінальною довжиною стрічки (l_0 , м), $D_{зв} = n_{зв} \cdot l_0 + r_{зв}$, м	Середнє значення довжини лінії, $D_{сер} = (D_{np} + D_{зв}) / 2$, м									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1-2	11	14,640	234,640	11	14,690	234,690	234,665	-0,050	-0,00021	2° 26'	+25,0	-0,023	+0,010	234,652	0,212	234,440
2-3	12	14,540	254,540	12	14,520	254,500	254,520	0,040	0,00016	5,10 м	+10,5	-0,025	-0,035	254,460	0,051	254,409
3-4	16	12,106	332,106	16	12,109	332,112	332,109	-0,006	-0,00002	3° 06'	+5,5	-0,033	-0,067	332,009	0,485	331,524
4-5	7	15,240	155,240	7	15,180	155,180	155,210	0,060	0,00039	5,40 м	-5,0	-0,016	-0,052	155,142	0,094	155,048

Примітки: $a = 1,25 \cdot 10^{-5} = 0,0000125$, $t_{ком} = 21,6$ °С, $l_0 = 20$ м, $\Delta l_{ком} = -0,002$ м.

При обробці журналів лінійних вимірів (табл. 1.1) обчислюють довжини ліній за відповідними формулами в залежності від способу їх вимірювання, знаходять горизонтальні прокладання ліній і оцінюють точність лінійних вимірів.

Під час попереднього опрацювання даних лінійних вимірювань у мережах згущення та великомасштабних топографічних і кадастрових знімачь для отримання проекції лінії S на рівні моря та редукування цієї ж лінії на площину проекції Гаусса-Крюгера в отримані горизонтальні прокладання ліній d уводять поправки за приведення до рівня моря Δd_H і за редукування лінії на площину проекції Гаусса-Крюгера Δd_G :

$$S = d + \Delta d_H + \Delta d_G. \quad (1.19)$$

Поправку за приведення до рівня моря Δd_H визначають за формулою

$$\Delta d_H = -d \cdot H_{сер} / R_m, \quad (1.20)$$

де $H_{сер}$ – середня висота вимірюваної лінії над рівнем моря, м;

R_m – середній радіус кривизни поверхні еліпсоїда, $R_m = 6371230$ м.

Поправку за редукування лінії на площину проекції Гаусса-Крюгера Δd_G визначають за формулою

$$\Delta d_G = d \cdot y_{сер}^2 / (2 \cdot R_m^2), \quad (1.21)$$

де $y_{сер}$ – середнє значення ординат кінців вимірюваної лінії, м.

При обчисленні поправок Δd_H і Δd_G величини $y_{сер}$ і $H_{сер}$ беруть з карти району робіт. Наприклад, якщо середня висота лінії над рівнем моря дорівнює $H_{сер} = 200$ м, а горизонтальне прокладання складає $d = 500$ м, то:

$$\Delta d_H = -500 \cdot 200 / 6371230 = -100000 / 6371230 \approx -0,016 \text{ м.}$$

Чим більше середня висота вимірюваної лінії над рівнем моря, тим більше абсолютне значення поправки за приведення до рівня моря Δd_H .

Величина поправки за перехід від вимірюваної відстані на площину в проекції Гаусса-Крюгера Δd_G залежить від місцезнаходження вимірюваної відстані відносно осьового меридіану. Чим більше ця відстань, тим більше значення поправки.

Наприклад, при віддалені вимірної лінії довжиною 500 м від осьового меридіану $y_{сер} = 250$ км (або $y_{сер} = 250000$ м), маємо:

$$\Delta d_T = 500 \cdot 250000^2 / (2 \cdot 6371230^2) \approx 0,385 \text{ м.}$$

Зазначені поправки необхідно враховувати при обробці результатів геодезичних вимірів ліній у мережах згущення 4 класу, 1 та 2 розрядів і при вирівнюванні планової знімальної основи (наприклад, теодолітних ходів) великомасштабних топографічних та кадастрових зніманих. Також, ці поправки необхідно враховувати при використанні великомасштабних планів масштабу 1:500 для переносу (виносу) в натуру проектів відводів меж земельних ділянок та інженерних споруд на забудованих територіях.

1.2 Практична частина до практичної роботи № 1

Завдання 1. Виконати обробку результатів лінійних вимірювань, виконаних землемірною стрічкою (за формою табл. 1.1) згідно з своїм варіантом (Додаток А).

Завдання 2. Обчислити поправки за приведення до рівня моря Δd_H і за редукування ліній на площину проекції Гаусса-Крюгера Δd_T згідно з своїм варіантом (Додаток А).

Завдання 3. Оформити пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 1.

1.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 1

1. Яких вимог необхідно дотримуватися при вимірюванні довжин ліній сталеною землемірною стрічкою?
2. Які поправки вводяться у виміряні віддалі для приведення довжин ліній до горизонту?
3. Як вводиться поправка за нахил лінії?
4. Як вводяться поправки за температуру і компарування?
5. В яких випадках в отримані горизонтальні прокладання ліній вводяться поправки за редукування ліній на площину проекції Гаусса-Крюгера?

2 Практична робота № 2.

Опосередковані визначення відстаней між двома точками місцевості – недоступної відстані та при відсутності прямої видимості

2.1 Теоретична частина до практичної роботи № 2

Існує декілька способів вимірювання ліній, що перетинають такі перепони як каньйони, річки, яри, озера, болота, котловани, широкі траншеї (недоступні відстані) або в створі ліній наявні будівлі чи точки знаходяться на значній висоті (при відсутності прямої видимості) і які безпосередньо виміряти стрічкою, рулеткою чи дротом неможливо. Основними з них є наступні: паралактичним способом, за теоремою синусів, за теоремою косинусів та за спрощеними формулами Юнга.

1. Паралактичний спосіб визначення недоступної відстані.

Паралактичний спосіб визначення довжини d лінії AB (рис. 2.1) полягає в тому, що в точці B перпендикулярно до лінії AB і симетрично відносно неї відкладають базис b , а в точці A теодолітом вимірюють паралактичний кут β .

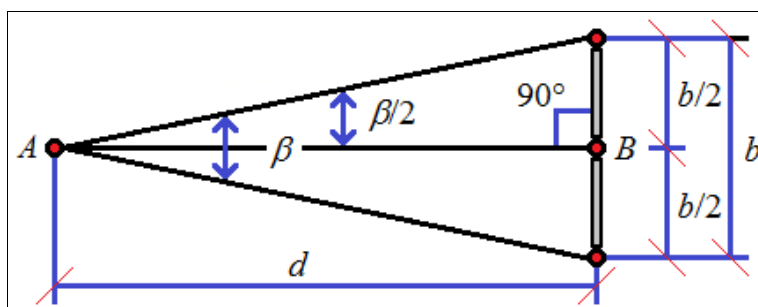


Рис. 2.1 – Схема паралактичного трикутника

Довжину d лінії AB (її горизонтальне прокладання) визначають за формулою:

$$d = \operatorname{ctg}(\beta/2) \cdot b/2 = \operatorname{tg}(90^\circ - \beta/2) \cdot b/2. \quad (2.1)$$

Відносну похибку визначення довжини обчислюють за формулою:

$$(m_d/d)^2 = (m_b/b)^2 + (m_\beta/\beta)^2, \quad (2.2)$$

де m_d , m_b та m_β – відповідно середні квадратичні похибки визначення довжини лінії d , вимірювання базису b та паралактичного кута β .

В якості базису зазвичай приймають віддаль, яка кратна довжині мірної стрічки, рулетки чи інварного дроту. Тобто, шукана віддаль d має бути в декілька разів більша за довжину базису b . В цілому відношення довжини базису до віддалі, що визначається, залежить від необхідної точності визначення довжини лінії AB і похибок вимірювання базису та паралактичного кута і в середньому складає: $b/d \approx 1/10$. Враховуючи мале значення паралактичного кута β можна прийняти, що $\sin\beta \approx b/d$, тоді кут β , при $b/d \approx 1/10$, буде дорівнювати: $\beta \approx 5^\circ 44'$.

Формулу (2.2) використовують як для оцінки точності результатів визначення довжин ліній, так і для попереднього розрахунку необхідної точності вимірювань базису b і паралактичного кута β для отримання заздалегідь заданої точності визначення довжини лінії AB . Нижче наведені декілька прикладів практичного застосування формули (2.2).

Приклад 1. Обчислити відносну похибку m_d/d визначення довжини d лінії паралактичним способом, якщо відносна похибка вимірювання базису $m_b/b = 1/5000$ і середня квадратична похибка вимірювання паралактичного кута $m_\beta = 5''$, кут $\beta = 6^\circ = 21600''$. З формули (2.2) отримаємо:

$$m_d/d = [(m_b/b)^2 + (m_\beta/\beta)^2]^{0.5} = [(1/5000)^2 + (5/21600)^2]^{0.5} \approx 30,59145 \cdot 10^{-5} \approx 1/3269.$$

Приклад 2. Відносна похибка вимірювання базису $m_b/b = 1/15000$. З якою точністю m_β необхідно виміряти паралактичний кут $\beta = 6^\circ = 21600''$, щоб відносна похибка визначення довжини лінії становила $m_d/d = 1/5000$ та який теодоліт можна використати для вимірювання кута з цією точністю?

Розв'язуючи рівняння (2.2) відносно m_β , отримаємо:

$$m_\beta = \beta \cdot [(m_d/d)^2 - (m_b/b)^2]^{0.5} = 21600 \cdot [(1/5000)^2 - (1/15000)^2]^{0.5} \approx 4''.$$

Таким чином, вимірювання кута можна виконати теодолітом Т2 або Т5 (двома прийомами).

Приклад 3. Паралактичний кут $\beta = 6^\circ = 21600''$ виміряний теодолітом Т2 з середньою квадратичною похибкою $m_\beta = 2''$. З якою точністю необхідно виміряти базис b , щоб відносна похибка визначення довжини лінії становила $m_b/b = 1/10000$?

Розв'язуючи рівняння (2.2) відносно m_b/b , отримаємо:

$$m_b/b = [(m_d/d)^2 - (m_\beta/\beta)^2]^{0.5} = [(1/10000)^2 - (2/21600)^2]^{0.5} \approx 3,77705 \cdot 10^{-5} \approx 1/26476.$$

У розглянутих прикладах паралактичний кут β був постійним і дорівнював 6° . Однак, як впливає з формули (2.2), за інших рівнозначних умов, відносна похибка визначення довжини лінії залежить також від величини кута β . Тому, задаючи необхідну точність вимірювання базису b і паралактичного кута β , за формулою (2.2) можна обчислити оптимальну величину паралактичного кута β , яка забезпечить визначення довжини лінії d з заданою точністю. Розглянемо це на наступному прикладі.

Приклад 4. Нехай відносна похибка вимірювання базису b складає $m_b/b = 1/15000$, середня квадратична похибка вимірювання кута β складає $m_\beta = 2''$. Треба обчислити оптимальну величину паралактичного кута β і відношення b/d , які забезпечать визначення ліній довжиною d з відносною похибкою $m_d/d = 1/10000$.

Розв'язуючи рівняння (2.2) відносно кута β , отримаємо:

$$\beta = m_\beta / [(m_d/d)^2 - (m_b/b)^2]^{0.5} = 2'' / [(1/10000)^2 - (1/15000)^2]^{0.5} \approx 26833'' \approx 447' \approx 7,45^\circ.$$

Відношення базису b до шуканої довжини d складає:

$$b/d = \sin \beta = \sin 7,45^\circ \approx 0,12966 \approx 1/7,7.$$

Отримане відношення $b/d \approx 1/7,7$ означає, що при заданих $m_\beta = 2''$, $m_b/b = 1/15000$ і довжині базису, наприклад, $b = 20$ м, можна з відносною похибкою $m_d/d = 1:10000$ визначати лінії довжиною до:

$$d \approx 7,7 \cdot b \approx 7,7 \cdot 20 \approx 154 \text{ м.}$$

2. Визначення недоступної відстані за теоремою синусів.

Потрібно визначити довжину d лінії AB (рис. 2.2), яка перетинає річку, якщо точка B є неприступною для встановлення на ній теодоліта.

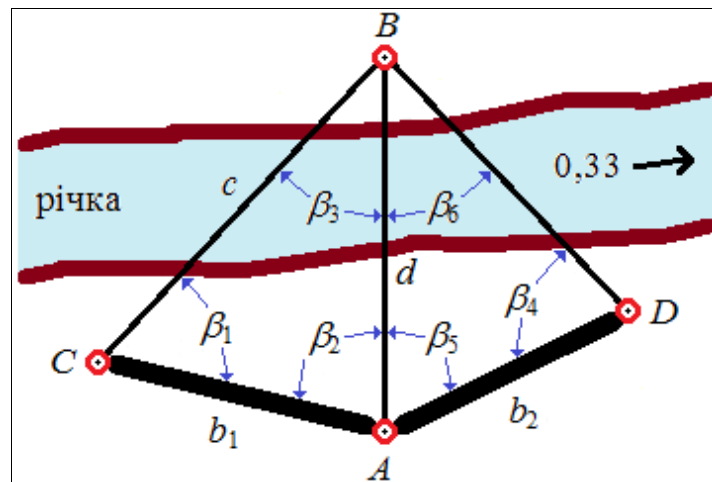


Рис. 2.2 – Визначення недоступної відстані за теоремою синусів

Задачу вирішують таким чином. Від точки в протилежні сторони A вимірюють довжину двох базисів $b_1 = AC$ і $b_2 = AD$. Теодолітом вимірюють кути $\beta_1, \beta_2, \beta_5$ та β_4 . Кути β_3 та β_6 при точці B обчислюють за формулою:

$$\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2) \quad \text{та} \quad \beta_6 = 180^\circ - (\beta_4 + \beta_5). \quad (2.3)$$

Горизонтальне прокладання d лінії AB обчислюють для контролю з двох трикутників ACB і ADB за теоремою синусів:

$$d_1 = b_1 \cdot \sin \beta_1 / \sin(\beta_1 + \beta_2) \quad \text{та} \quad d_2 = b_2 \cdot \sin \beta_4 / \sin(\beta_4 + \beta_5). \quad (2.4)$$

Різниця $\Delta d = d_1 - d_2$ повинна задовольняти наступній умові:

$$\Delta d / d_{\text{сер}} = (d_1 - d_2) / [0,5 \cdot (d_1 + d_2)] \leq 1 / (N \cdot 2^{0,5}), \quad (2.5)$$

де $d_{\text{сер}} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2)$ – середнє арифметичне значення шуканої довжини;

N – знаменник відносної нормативної похибки, наприклад, 3000, 2000, 1000.

Якщо умова (2.5) не виконується, то проводять повторні більш точні вимірювання, а при виконанні цієї умови за остаточне значення шуканої довжини приймають її середнє значення $d_{\text{сер}}$:

$$d_{\text{сер}} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2). \quad (2.6)$$

Точність визначення неприступної віддалі залежить від точності вимірювання базисів (b_1, b_2), кутів ($\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$) і форми трикутників ACB і ADB . Найкращими з цієї точки зору вважаються рівнобічні трикутники, як, наприклад, на рис. 2.2. Нижче показаний приклад визначення недоступної відстані d за теоремою синусів і розрахунку відносної середньої квадратичної похибки визначення цієї відстані m_d/d .

Приклад 5. При визначенні неприступної віддалі d (див. рис. 2.2) отримані такі результати вимірювань:

– для трикутника ACB : $b_1 = 150,48$ м, $\beta_1 = 62^\circ 40'$, $\beta_2 = 66^\circ 23'$;

– для трикутника ADB : $b_2 = 150,66$ м, $\beta_4 = 61^\circ 28'$, $\beta_5 = 68^\circ 14'$.

Треба обчислити віддаль d та оцінити точність її визначення m_d/d .

1. Згідно з формулою (2.4) маємо:

$$d_1 = b_1 \cdot \sin \beta_1 / \sin(\beta_1 + \beta_2) = 150,48 \cdot \sin 62^\circ 40' / \sin(62^\circ 40' + 66^\circ 23') = 172,13 \text{ м};$$

$$d_2 = b_2 \cdot \sin \beta_4 / \sin(\beta_4 + \beta_5) = 150,66 \cdot \sin 61^\circ 28' / \sin(61^\circ 28' + 68^\circ 14') = 172,03 \text{ м};$$

2. Згідно з формулою (2.6) середнє арифметичне значення складає:

$$d_{\text{сер}} = 0,5 \cdot (d_1 + d_2) = 0,5 \cdot (172,13 + 172,03) = 172,08 \text{ м}.$$

3. Відносна похибка різниці Δd двох значень дорівнює:

$$\Delta d = d_1 - d_2 = 172,13 - 172,03 = 0,10 \text{ м}.$$

4. Відносна середня квадратична похибка m_d/d визначення віддалі d дорівнює:

$$m_d/d = \Delta d / d \cdot 2^{0,5} = 0,10 / 172,08 \cdot 2^{0,5} = 41,09175 \cdot 10^{-5} = 1/2434 < 1/2000.$$

Якщо є можливість установити теодоліт у точці B , то вимірюють тільки базис b_1 і кути трикутника ACB . Потім обчислюють кутову нев'язку f_β трикутника ACB за формулою:

$$f_\beta = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3) - 180^\circ. \quad (2.7)$$

Якщо $f_\beta \leq 2 \cdot m_\beta \cdot 3^{0,5}$, де m_β – середня квадратична похибка вимірювання кутів β_1 , β_2 та β_3 , то її розподіляють з протилежним знаком порівно на виміряні кути й отримують виправлені кути β_1' , β_2' та β_3' , сума яких повинна дорівнювати 180° .

За виправленими кутами β_1' і β_3' обчислюють віддаль d за формулою:

$$d = b_1 \cdot \sin\beta_1' / \sin\beta_3'. \quad (2.8)$$

Для контролю обчислень двічі визначають віддаль $c = BC$:

$$c = b_1 \cdot \sin\beta_2' / \sin\beta_3' \quad \text{та} \quad c = d \cdot \sin\beta_2' / \sin\beta_1'.$$

Відносну похибку m_d/d визначення віддалі d обчислюють за формулою:

$$m_d / d = \sqrt{(m_b/b_1)^2 + (m_\beta/\rho)^2 \cdot (\text{ctg}^2\beta_1' + \text{ctg}^2\beta_3')}, \quad (2.9)$$

де m_b/b_1 – середня квадратична похибка вимірювання базису b_1 ;

$m_\beta = m_{\beta_1} = m_{\beta_2} = m_{\beta_3}$ – середня квадратична похибка вимірювання одного кута;

ρ – радіан ($\rho = 206265'' = 3437,75' \approx 57,3^\circ$).

Приклад 6. При визначенні неприступної віддалі d (рис. 2.2) для трикутника ACB отримані наступні результати вимірювань: $b_1 = 150,48$ м, $\beta_1 = 62^\circ 40'$, $\beta_2 = 66^\circ 23'$, $\beta_3 = 50^\circ 58'$. Треба обчислити неприступну віддаль d та оцінити точність її визначення m_d/d , якщо відносна середня квадратична похибка вимірювання базису становить $m_b/b = 1/2000$, а середня квадратична похибка визначення кутів – $m_\beta = 30''$.

1. Згідно з формулою (2.7):

$$f_\beta = (62^\circ 40' + 66^\circ 23' + 50^\circ 58') - 180^\circ = +0^\circ 01'.$$

2. У зв'язку з тим, що умова $f_\beta \leq 2 \cdot 30'' \cdot 3^{0,5} = 104'' = 0^\circ 01,7'$ виконана ($0^\circ 01' < 0^\circ 01,7'$), далі обчислюємо виправлені кути:

$$\beta_1' = \beta_1 - f_\beta/3 = 62^\circ 40' - 0^\circ 01'/3 = 62^\circ 40' - 20'' = 62^\circ 39' 40'';$$

$$\beta_2' = \beta_2 - f_\beta/3 = 66^\circ 23' - 0^\circ 01'/3 = 66^\circ 23' - 20'' = 66^\circ 22' 40'';$$

$$\beta_3' = \beta_3 - f_\beta/3 = 50^\circ 58' - 0^\circ 01'/3 = 50^\circ 58' - 20'' = 50^\circ 57' 40''.$$

Контроль обчислень:

$$\beta_1' + \beta_2' + \beta_3' = 62^\circ 39' 40'' + 66^\circ 22' 40'' + 50^\circ 57' 40'' = 180^\circ 00' 00''.$$

3. Згідно з формулою (2.8) шукана віддаль d складає:

$$d = 150,48 \cdot \sin 62^\circ 39' 40'' / \sin 50^\circ 57' 40'' = 172,10 \text{ м.}$$

Для контролю обчислень двічі визначають віддаль c :

$$c = 150,48 \cdot \sin 66^\circ 22' 40'' / \sin 50^\circ 57' 40'' = 177,50 \text{ м;}$$

$$c = 172,10 \cdot \sin 66^\circ 22' 40'' / \sin 62^\circ 39' 40'' = 177,50 \text{ м.}$$

4. За формулою (2.9) отримаємо:

$$m_d / d = \sqrt{(1/2000)^2 + (30''/206265'')^2 \cdot (0,517^2 + 0,811^2)} = 51,91990 \cdot 10^{-5} = 1/1926,$$

де $\text{ctg } 62^\circ 39' 40'' = \text{tg } (90^\circ - 62^\circ 39' 40'') = \text{tg } 27^\circ 20' 20'' = 0,517$;

$\text{ctg } 50^\circ 57' 40'' = \text{tg } (90^\circ - 50^\circ 57' 40'') = \text{tg } 39^\circ 02' 20'' = 0,811$.

3. Визначення відстані при відсутності прямої видимості за теоремою косинусів.

Якщо необхідно визначити довжину d лінії AB (рис. 2.3), але пряма видимість між точками A і B відсутня, то поступають наступним чином:

- збоку від визначуваної лінії AB і приблизно симетрично відносно точок A і B закріплюють допоміжну точку C ;
- вимірюють віддалі d_1 , d_2 і кут β ;
- за формулою косинусів обчислюють довжину d (горизонтальне прокладання):

$$d^2 = d_1^2 + d_2^2 - 2 \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \cos \beta. \quad (2.10)$$

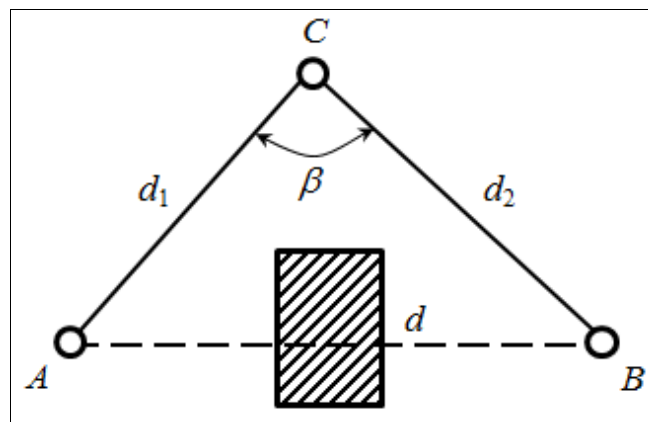


Рис. 2.3 – Схема визначення відстані при відсутності прямої видимості за теоремою косинусів

Враховуючи те, що точку C бажано розташовувати симетрично відносно точок A і B , можна прийняти, що $d_1 = d_2 = d_0$.

Тоді формула (2.10) набуде такого вигляду:

$$d = 2 \cdot d_0 \cdot \sin(\beta/2). \quad (2.11)$$

Відносну похибку m_d/d визначення віддалі d обчислюють за формулою:

$$m_d/d = \sqrt{(m_{d0}/d_0)^2 + 0,25 \cdot (m_{\beta 0}/\rho)^2 \cdot \text{ctg}^2(\beta/2)}, \quad (2.12)$$

де $m_{d0} = m_{d1} = m_{d2}$ – середня квадратична похибка вимірювання віддалей d_1, d_2 ;

m_{β} – середня квадратична похибка вимірювання кута β ;

ρ – радіан ($\rho = 206265'' = 3437,75' \approx 57,3^\circ$).

Аналіз формули (2.12) показує, що точність визначення віддалі d залежить як від точності вимірювань віддалей d_1, d_2 і кута β , так і від самої величини кута β .

Приклад 7. При визначенні неприступної віддалі d (див. рис. 2.3) отримані такі результати вимірювань: $d_1 = 182,43$ м, $d_2 = 180,87$ м, $\beta = 170^\circ$. Відносна похибка вимірювання довжин $m_{d1}/d_1 = m_{d2}/d_2 = m_{d0}/d_0 = 1/5000$, середня квадратична похибка вимірювання кута $m_{\beta} = 30''$, $\rho = 206265''$. Треба обчислити неприступну віддаль d та відносну похибку m_d/d .

1. За формулою (2.10) отримаємо:

$$d = \sqrt{182,43^2 + 180,87^2 - 2 \cdot 182,43 \cdot 180,87 \cdot \cos 170^\circ} = 361,92 \text{ м.}$$

2. Згідно з формулою (2.12) отримаємо:

$$m_d/d = \sqrt{\left(\frac{1}{5000}\right)^2 + 0,25 \cdot \left(\frac{30''}{206265''}\right)^2 \cdot \text{ctg}^2(170^\circ/2)} = 20,01012 \cdot 10^{-5} = 1/4997.$$

Приклад 8. Усі результати вимірювань, за виключенням величини кута β , візьмемо із попереднього прикладу, а кут β нехай буде дорівнювати 60° . Треба обчислити неприступну віддаль d та відносну похибку m_d/d .

1. За формулою (2.10) отримаємо:

$$d = \sqrt{182,43^2 + 180,87^2 - 2 \cdot 182,43 \cdot 180,87 \cdot \cos 60^\circ} = 181,66 \text{ м.}$$

2. Згідно з формулою (2.12) отримаємо:

$$m_d/d = \sqrt{\left(\frac{1}{5000}\right)^2 + 0,25 \cdot \left(\frac{30''}{206265''}\right)^2 \cdot \text{ctg}^2(60^\circ/2)} = 23,63588 \cdot 10^{-5} = 1/4231.$$

Як бачимо, у другому випадку (Приклад 8) відносна похибка більша, ніж у першому (Приклад 7). Отже, найбільш сприятливим є варіант, коли, за інших рівнозначних умов, кут β близький до 180° .

4. Визначення недоступної відстані (точки знаходяться на значній висоті або відсутня пряма видимість між ними) за спрощеними формулами Юнга.

Якщо потрібно визначити віддалі між точками 1 і 2 (рис. 2.4), яку неможливо безпосередньо виміряти (наприклад, точки знаходяться на значній висоті або відсутня пряма видимість між ними) мірною стрічкою або рулеткою, то поступають наступним чином:

- на деякій віддалі від вимірюваної лінії 1-2 на рівній відкритій ділянці приблизно паралельно лінії 1-2 закріплюють два пункти A та B ;
- ретельно вимірюють горизонтальне прокладання b між точками A та B , яке називається базисом;
- у пунктах A та B теодолітом вимірюють горизонтальні кути β_1 і β_3 – в пункті A , β_2 і β_4 – в пункті B ;
- розміщують початок умовної системи координат у пункті A та, спрямувавши вісь ординат уздовж базису AB , отримують:

$$x_a = y_a = x_b = 0, \quad y_b = b. \quad (2.13)$$

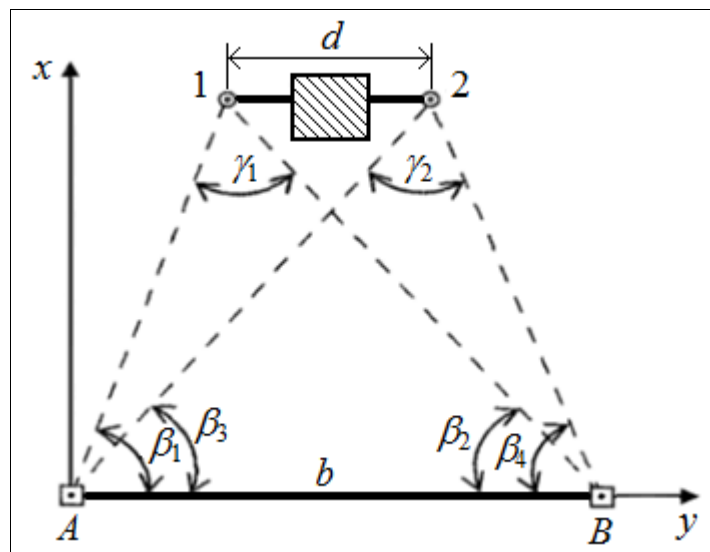


Рис. 2.4 – Схема визначення неприступної відстані за спрощеними формулами Юнга

Підставивши ці значення у формули Юнга, отримаємо координати точок 1 і 2 в умовній системі координат:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{b}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2} \\ y_1 &= \frac{b \cdot \operatorname{ctg}\beta_1}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2} \end{aligned} \right\} \text{— для точки 1,} \quad (2.14)$$

$$\left. \begin{aligned} x_2 &= \frac{b}{\operatorname{ctg}\beta_3 + \operatorname{ctg}\beta_4} \\ y_2 &= \frac{b \cdot \operatorname{ctg}\beta_3}{\operatorname{ctg}\beta_3 + \operatorname{ctg}\beta_4} \end{aligned} \right\} \text{— для точки 2,} \quad (2.15)$$

Горизонтальне прокладання d лінії 1-2 обчислюється за формулою:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}. \quad (2.16)$$

Підставивши у формулу (2.16) замість x_1, x_2, y_1, y_2 їхні значення з виразів (2.14) і (2.15), після відповідних перетворень отримаємо:

$$d = b \cdot \sqrt{\left(\frac{\sin\beta_2}{\sin\gamma_1}\right)^2 + \left(\frac{\sin\beta_4}{\sin\gamma_2}\right)^2 - 2 \cdot \frac{\sin\beta_2 \cdot \sin\beta_4 \cdot \cos(\beta_1 - \beta_3)}{\sin\gamma_1 \cdot \sin\gamma_2}}, \quad (2.17)$$

де γ_1 та γ_2 – кути засічок у точках 1 і 2, які визначаються відповідно за формулами:

$$\gamma_1 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2) \quad \text{та} \quad \gamma_2 = 180^\circ - (\beta_3 + \beta_4). \quad (2.18)$$

Середня квадратична похибка m_d визначення горизонтального прокладання d між точками 1 і 2 може бути обчислена за формулою:

$$m_d = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}, \quad (2.19)$$

де m_1 і m_2 – відповідно середні квадратичні похибки положення точок 1 і 2 в плані.

У свою чергу похибки m_1 і m_2 можна розрахувати за формулами:

$$m_1 = b \cdot \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin^2 \gamma_1} \cdot \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2},$$

$$m_2 = b \cdot \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin^2 \gamma_2} \cdot \sqrt{\sin^2 \beta_3 + \sin^2 \beta_4},$$
(2.20)

де m_β – середня квадратична похибка вимірювання кутів;

ρ – радіан ($\rho = 206265'' = 3437,75' \approx 57,3^\circ$).

Якщо базис $b = AB$ розмістити приблизно симетрично і водночас паралельно лінії 1-2 (див. рис. 2.4), то можна вважати, що: $\beta_1 + \beta_2 = \beta_3 + \beta_4$, $\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$, $m_1 = m_2 = m_d$.

Тоді формула (2.18) з урахуванням такого припущення та після підстановки до неї виразів з формули (2.20) буде мати вигляд:

$$m_d = b \cdot \frac{m_\beta}{\rho \cdot \sin^2 \gamma} \cdot \sqrt{2 \cdot (\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2)}. \quad (2.21)$$

Аналіз формули (2.21) показує, що при інших рівних умовах похибка m_d зменшується при наближенні кута засічки γ до 90° .

Приклад 9. Визначити величину горизонтального прокладання d лінії 1-2 (рис. 2.4), його абсолютну m_d і відносну m_d/d похибки визначення, якщо довжина базису $b = 300$ м, а виміряні з похибкою $m_\beta = 30''$ кути дорівнюють наступним значенням: $\beta_1 = 55^\circ$, $\beta_2 = 40^\circ$, $\beta_3 = 40^\circ$, $\beta_4 = 55^\circ$.

1. За формулою (2.17) отримаємо:

$$d = 300 \cdot \sqrt{\left(\frac{\sin 40^\circ}{\sin 85^\circ}\right)^2 + \left(\frac{\sin 55^\circ}{\sin 85^\circ}\right)^2} - 2 \cdot \frac{\sin 40^\circ \cdot \sin 55^\circ \cdot \cos 15^\circ}{\sin 85^\circ \cdot \sin 85^\circ} = 77,943 \text{ м.}$$

2. За формулою (2.21) отримаємо:

$$m_d = 300 \cdot \frac{30''}{206265'' \cdot \sin^2 85^\circ} \cdot \sqrt{2 \cdot (\sin^2 55^\circ + \sin^2 40^\circ)} \approx 0,065 \text{ м.}$$

3. Відносна похибка m_d/d визначення горизонтального прокладання d складає:

$$m_d/d = 1/(77,943 : 0,065) \approx 1/1200.$$

2.2 Практична частина до практичної роботи № 2

Завдання 1. Визначити за даними для свого варіанту (Додаток Б) недоступну відстань d (лінія перетинає річку) за теоремою синусів (див. Приклад 5) та оцінити точність її визначення m_d/d .

Завдання 2. Визначити за даними для свого варіанту (Додаток Б) недоступну відстань d (при відсутності прямої видимості) за теоремою косинусів (див. Приклад 7) та оцінити точність її визначення m_d/d .

Завдання 3. Оформити пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 2 і дати відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

2.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 2

1. Які основні способи (випадки) існують для визначення недоступних відстаней?
2. В чому полягає визначення недоступних відстаней паралактичним способом та як виглядає його схема?
3. Як здійснюється та який вигляд має схема визначення недоступних відстаней за теоремою синусів?
4. Яким чином виконується і як схематично зображується визначення недоступних відстаней за теоремою косинусів?
5. Яка схема та суть визначення недоступної відстані за спрощеними формулами Юнга?

3 Практична робота № 3.

Обробка журнал-схеми нівелювання поверхні місцевості за квадратами

3.1 Теоретична частина до практичної роботи № 3

Нівелювання поверхні є одним із видів висотного знімання, яке застосовується на відкритій або напіввідкритій місцевості з різним характером рельєфу при вишукуванні і проектуванні для будівництва населених пунктів, промислових і цивільних будівель і споруд, аеродромів, гідромеліоративних систем, землевпорядкування та ін.

Залежно від міри відкритості місцевості, складності її рельєфу та розміру ділянки застосовують такі основні способи нівелювання поверхні:

- паралельних ліній;
- полігонів;
- по квадратах.

3.1.1 Нівелювання поверхні місцевості способом за квадратами

Спосіб квадратів застосовують на відкритій місцевості із слабо вираженим рельєфом. Сутність способу полягає в тому, що на визначеній ділянці місцевості за допомогою теодоліта і рулетки або електронного тахеометра розмічають сітку квадратів.

При нівелюванні великих ділянок діють наступним чином:

- по контуру ділянки нівелювання поверхні місцевості будують великий прямокутник/квадрат (рис. 3.1), вершини $1A-1B-2B-2A$ якого закріплюють бетонними стовпами;
- великий прямокутник/квадрат $1A-1B-2B-2A$ заповнюють малими квадратами із сторонами 10 м у випадку знімань у масштабі 1:500, 20 м – у масштабі 1:1000 і 40 м – у масштабі 1:2000, а вершини цих малих квадратів закріплюють дерев'яними кілками;
- здійснюють планово-висотну прив'язку однієї або будь-яких двох вершин квадратів до пунктів державної геодезичної мережі;
- одночасно з розмічуванням малих квадратів виконують знімання ситуації відомими способами і складають абрис;
- на аркуші паперу накреслюють схему-журнал (журнал-схему), на якій показують квадрати і проставляють їх нумерацію;
- намічають послідовність обходу квадратів при нівелюванні;
- показують станції та їх номери.

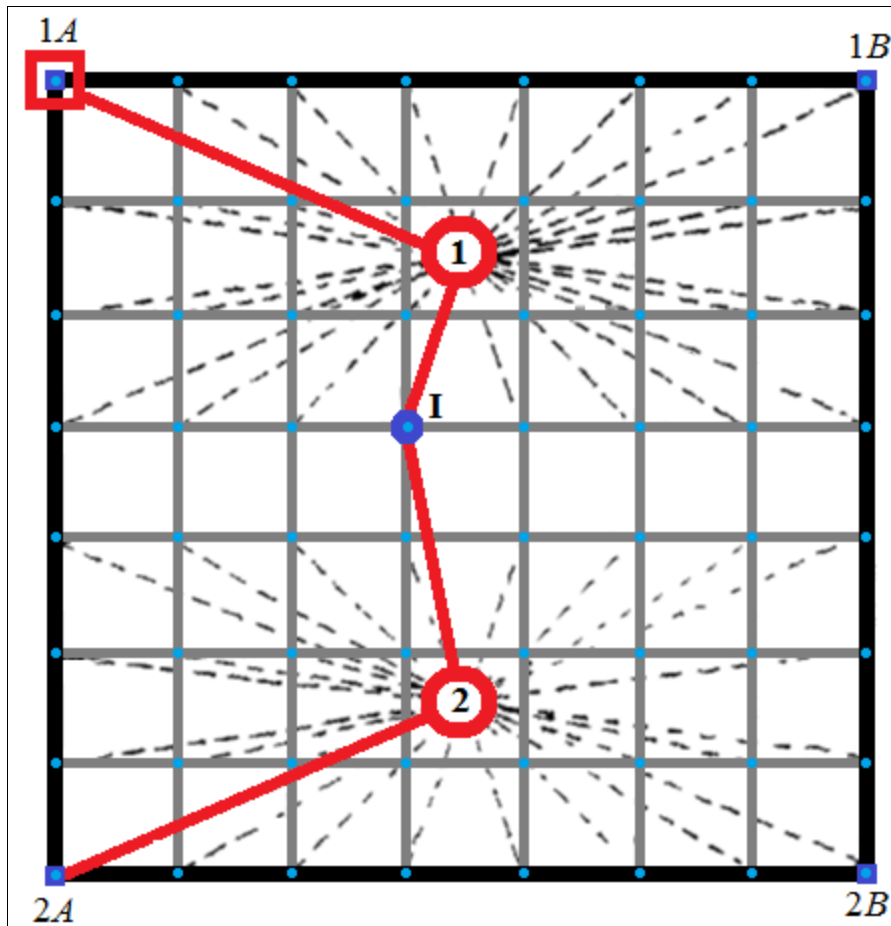


Рис. 3.1 – Схема нівелювання поверхні по квадратах
(пояснення позначень наведені нижче у тексті)

На схемі нівелювання вершин малих квадратів, розташованих у великому прямокутнику $1A-1B-2B-2A$ (рис. 3.1) суцільними лініями показаний нівелірний хід $1A-I-2A$, який опирається на точки $1A$ та $2A$, позначки яких отримані раніше за результатами висотної прив'язки до реперів державної нівелірної мережі. Точка I є зв'язуючою між станціями 1 та 2, а штрихові лінії – напрями на точки, які нівелювалися з тієї чи іншої станції.

Послідовність обробки результатів нівелювання описана нижче.

1. Обчислюють фактичну нев'язку f_h (мм) нівелірного ходу $1A-I-2A$ за формулою:

$$f_h = \sum h - (H_{2A} - H_{1A}), \quad (3.1)$$

де h – середні перевищення між зв'язуючими точками нівелірного ходу;
 H_{1A} та H_{2A} – позначки, відповідно, вершин $1A$ та $2A$, м.

2. Обчислюють граничну нев'язку f_{zp} (мм) ходу за формулою:

$$f_{zp} = 50 \cdot L^{0,5}, \quad (3.2)$$

де L – довжина нівелірного ходу 1А-І-2А, км.

3. Якщо $f_h \leq f_{zp}$, то, розподіливши фактичну нев'язку з протилежним знаком на середні перевищення, спочатку обчислюють виправлені перевищення, а потім – позначку зв'язуючої точки І нівелірного ходу.

4. Обчислюють горизонти приладу $ГП_j$ (м) на кожній станції (в наведеному на рис. 3.1 прикладі – це станції 1 і 2) за формулою:

$$ГП_j = H_I + a, \quad (3.3)$$

де H_I – позначка зв'язуючої точки І, м БС;

a – відлік по нівелірній рейці на точці І, м.

5. Обчислюють позначки H_i (м) вершин малих квадратів через горизонт приладу за формулою:

$$H_i = ГП_j - c_i, \quad (3.4)$$

де c_i – відлік по чорній стороні нівелірної рейки на i -й вершині, м.

6. Способом графічного чи аналітичного інтерполювання будують на плані горизонталі рельєфу.

Приклад. Розглянемо результати технічного нівелювання земельної ділянки розміром 100×80 м, на якій розмічені 20 квадратів із сторонами по 20 м (рис. 3.2). Нівелювання виконувалось нівеліром Н-10КЛ і нівелірною рейкою типу РН-10 із станцій 1 і 2. Відліки по рейці, встановленої на вихідному репері з позначкою $H_{Pn} = 37,046$ м, на станціях 1 і 2 відповідно склали: $a_1 = 2921$ мм та $a_2 = 1052$ мм. Відліки по рейці на 2-х зв'язуючих точках 10 і 22 відповідно склали: із станції 1 – 2305 мм та 3345 мм; із станції 2 – 0435 мм та 1474 мм.

Усі відліки по чорній стороні рейки (відліки по червоній стороні не знімали) нанесені на схему-журнал (рис. 3.2).

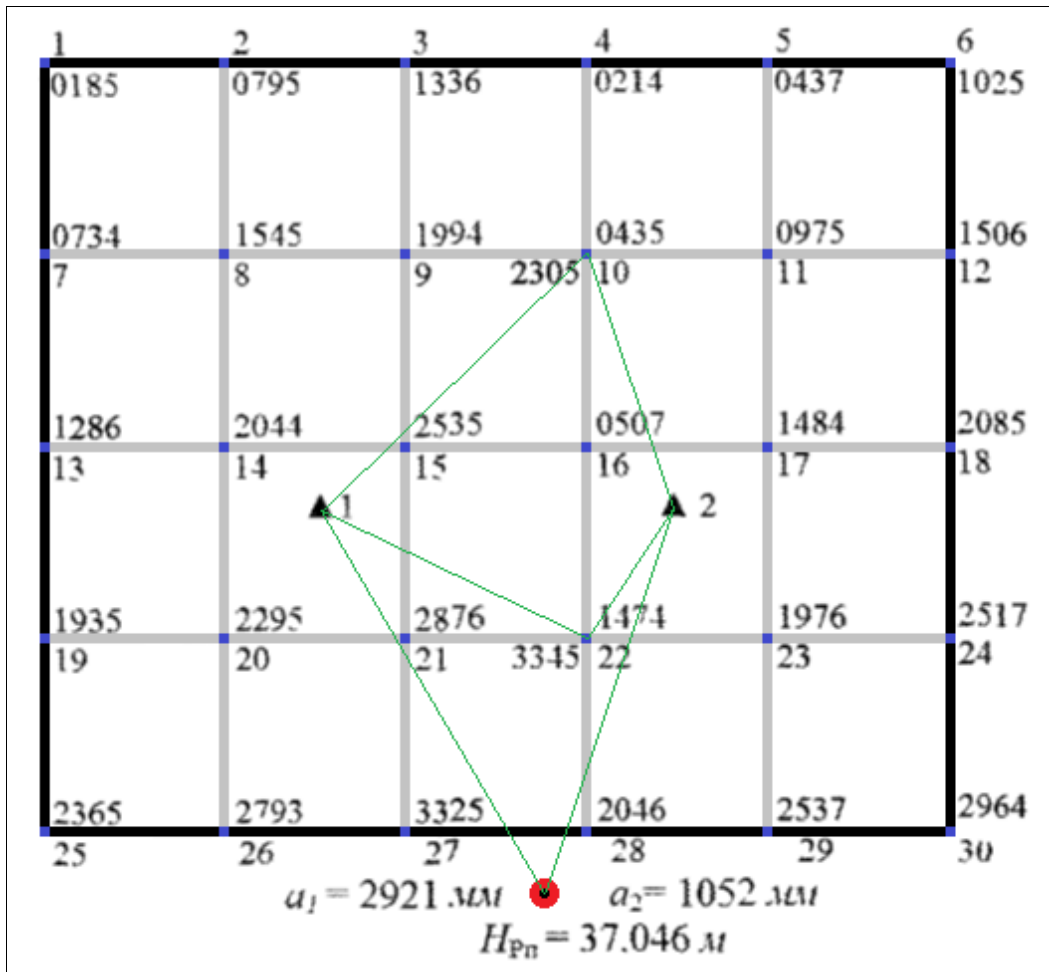


Рис. 3.2 – Схема-журнал нівелювання по квадратах

3.1.2 Камеральна обробка результатів нівелювання поверхні місцевості способом за квадратами

Камеральні роботи виконуються у послідовності, описаній нижче.

1. За формулою (3.3) обчислюють горизонт приладу $ГП_1$ на станції 1:
 $ГП_1 = 37,046 + 2,921 = 39,967 \text{ м}$.

2. Далі за формулою (3.3) обчислюють горизонт приладу $ГП_2$ на станції 2: $ГП_2 = 37,046 + 1,052 = 38,098 \text{ м}$.

3. Здійснюють контроль правильності відліків по рейках на репері та на зв'язуючих точках 10 і 22:

– спочатку знаходять різницю двох горизонтів приладів:

$$ГП_1 - ГП_2 = 39,967 - 38,098 = 1,869 \text{ м};$$

– потім знаходять різниці відліків по рейках на зв'язуючих точках:

$$2,305 - 0,435 = 1,870 \text{ м} - \text{на точці 10}; \quad 3,343 - 1,474 = 1,869 \text{ м} - \text{на точці 22};$$

– порівняння розходження різниць складає 1 мм при допуску 5 мм.

4. Обчислюють висоти вершин квадратів (табл. 3.1).

5. Виконують контроль обчислення шляхом порівняння позначок зв'язуючих точок 10 і 22, отриманих за результатами нівелювання із станцій 1 і 2. У наведеному прикладі (табл. 3.1) розходження складає відповідно 1 і 2 мм при допуску 5 мм.

Таблиця 3.1 – Обчислення позначок вершин квадратів, нівельованих із станцій 1 та 2

Станція 1			Станція 2		
$ГП_1 = 37,046 + 2,921 = 39,967$ м			$ГП_2 = 37,046 + 1,052 = 38,098$ м		
Номера	c_i , м	H_i , м	Номера	c_i , м	H_i , м
1	0,185	39,782	4	0,214	37,884
2	0,795	39,172	5	0,437	37,661
3	1,336	38,631	6	1,025	37,073
7	0,734	39,233	10	0,435	37,663
8	1,545	38,422	11	0,975	37,123
9	1,994	37,973	12	1,506	36,592
10	2,305	37,662	16	0,967	37,131
13	1,286	38,681	17	1,484	36,614
14	2,044	37,923	18	2,085	36,013
15	2,535	37,432	22	1,474	36,624
19	1,935	38,032	23	1,976	36,122
20	2,295	37,672	24	2,517	35,581
21	2,876	37,091	28	2,046	36,052
22	3,345	36,622	29	2,537	35,561
25	2,365	37,602	30	2,964	35,134
26	2,793	37,174			
27	3,325	36,642			

6. Складають топографічний план нівелювання поверхні місцевості за квадратами, на якому для зображення рельєфу місцевості наносять горизонталі та за даними абрису – ситуацію (луки, рілля тощо).

3.2 Практична частина до практичної роботи № 3

Завдання 1. Визначте за даними для свого варіанту (**Додаток В**) горизонти приладу $ГП_1$ та $ГП_2$ відповідно на станціях 1 і 2 (див. пп. 3.1.2) та здійсніть контроль правильності зняття відліків по рейках на репері й на зв'язуючих точках 10 та 22.

Завдання 2. З використанням даних схеми-журналу нівелювання по квадратах (див. **Додаток В** – рис. В.1) обчисліть висоти вершин квадратів (див. табл. 3.1) та виконайте контроль їх обчислення шляхом порівняння позначок зв'язуючих точок 10 і 22, отриманих за результатами нівелювання із станцій 1 і 2.

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 3 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

3.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 3

1. В яких випадках рекомендується застосовують спосіб нівелювання поверхні місцевості за квадратами та яка його мета?

2. Які дію виконують при нівелюванні великих ділянок способом за квадратами?

3. Яким чином виконують обробку результатів нівелювання поверхні за квадратами?

4. Що входить до складу камеральних робіт під час нівелювання поверхні місцевості за квадратами та в якій послідовності їх виконують?

5. Який вигляд має журнал-схема нівелювання поверхні місцевості за квадратами та як і для чого обчислюють висоти його вершин?

4 Практична робота № 4. Розрахунок виносу в натуру проектної позначки

4.1 Теоретична частина до практичної роботи № 4

Суть даної задачі полягає у відшукуванні на поверхні землі (під або над нею) чи на будівельних конструкціях проектної позначки будь-якої точки, положення в плані якої вже відоме. Схема виносу в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки показана на рис. 4.1.

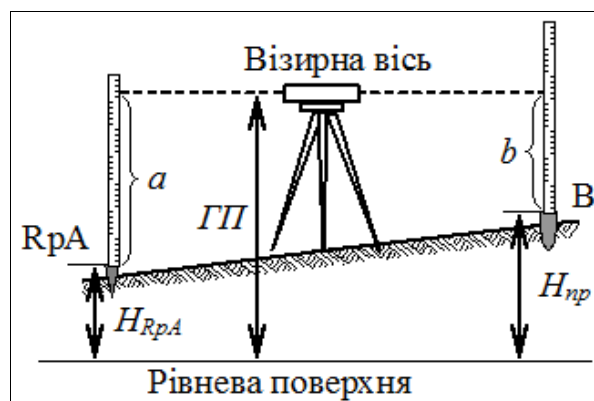


Рис. 4.1 – Схема виносу в натуру проектної позначки $H_{пр}$

Нижче надано опис умов забезпечення точності висотних вимірів і порядок дій на станції при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки.

1. Умови забезпечення точності висотних вимірів при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки.

1.1. З урахуванням характеристики об'єкту будівництва визначається середня квадратична похибка визначення перевищень на 1 км подвійного ходу (див. табл. 4.1).

1.2. З урахуванням середньої квадратичної похибки визначення перевищень на 1 км подвійного ходу визначаються умови забезпечення точності висотних вимірів (див. табл. 4.2):

- нерівність пліч на станції, м;
- висота візирного променя над перешкодою, м;
- типи нівелірів (згідно з ГОСТ 10528-76);
- типи нівелірних рейок (згідно з ГОСТ 10528-90).

Таблиця 4.1 – Умови забезпечення точності (середня квадратична похибка) висотних вимірювань при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної будівельної сітки

№ п/п	Характеристика об'єкту будівництва	Середня квадратична похибка нівелювання на 1 км подвійного ходу, мм
1	2	3
1	Підприємства і споруди на ділянках площею більше ніж 1 км ² та/або окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови понад 100 га	±3 мм
2	Підприємства і споруди на ділянках площею менше ніж 1 км ² та/або окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови від 10 га до 100 га	±5 мм
3	Окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови менше ніж 10000 м ² та/або дороги, інженерні комунікації в межах територій, що забудовуються	±10 мм
4	Дороги, інженерні комунікації територій, які не забудовуються та/або земляні споруди, а також вертикальне планування	±20 мм

Таблиця 4.2 – Умови забезпечення точності висотних вимірів

№ п/п	Умови вимірювань та типи приладів	Середня квадратична похибка визначення перевищення на станції, мм			
		1 мм	2-3 мм	5 мм	10 мм
1	2	3	4	5	6
1	Нерівність плечей на станції, м	≤4 м	≤7 м	≤10 м	≤15 м
2	Висота візирного променя над перешкодою, м	≤0,3 м	≤0,2 м		
3	Типи нівелірів	Н-05 та/або його модифікації	Н-3 та/або його модифікації	Н-10 та/або його модифікації	
4	Типи рейок нівелірних для нівелірів	РН-05	РН-3	РН-10	
5	Типи лазерних мірних приладів	–	–	ПІЛ-1 (ТУ ОДО.397.202); ЛВ-5М (ТУ 2.787.001); УКЛ-1 (ТУ ЛУ ШФ2.404.000)	
6	Типи рейок для лазерних мірних приладів	–	–	Рейка з фотоприймачем та/або рейка нівелірна РН-3 для ЛВ-5М	

2. Порядок дій на станції.

2.1. Визначають вихідні дані:

- позначку репера (геодезичного пункту), $H_{ррА}$;
- проектну позначку точки виносу, $H_{пр}$.

2.2. Беруть відлік a по чорній стороні рейки на репері A (рис. 4.1).

2.3. Обчислюють горизонт приладу, $ГП$:

$$ГП = H_{ррА} + a. \quad (4.1)$$

2.4. Обчислюють проектний відлік по рейці v на точці виносу B :

$$v = ГП - H_{np}. \quad (4.2)$$

2.5. Установлюють рейку на точці виносу B з проектним відліком v (рис. 4.1). Після цього здійснюють закріплення цієї точки геодезичної розмічувальної сітки на місцевості або на будівельних конструкціях.

4.2 Практична частина до практичної роботи № 4

Завдання 1. Визначте за даними для свого варіанту (**Додаток Г**) умови забезпечення точності висотних вимірів (середню квадратичну похибку; граничні значення нерівності пліч на станції та висоти візирного променя над перешкодами; типи нівелірів і рейок) при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки (див. табл. 4.1 та 4.2).

Завдання 2. З використанням вихідних даних (позначки репера H_{RpA} та проектної позначки точки виносу H_{np}) і значення відліку a по чорній стороні рейки на репері A (див. **Додаток Г**) обчисліть горизонт приладу $ГП$ та проектний відлік по рейці v на точці виносу B (див. рис. 4.1).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 4 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

4.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 4

1. У чому полягає суть задачі виносу в натуру проектної позначки?
2. Як виглядає схема виносу в натуру проектної позначки?
3. Які умови забезпечення точності висотних вимірів при виносі в натуру проектної позначки геодезичної розмічувальної сітки?
4. Який порядок дій на станції під час виносу в натуру проектної позначки?
5. За якою формулою обчислюють проектний відлік по рейці на точці виносу?

5 Практична робота № 5.

Передача позначки на дно котловану та на монтажний горизонт

5.1 Теоретична частина до практичної роботи № 5

При будівництві високих споруд виникає потреба передачі позначки від будівельного репера (геодезичного пункту) на монтажний горизонт (див. ліву частину схеми на рис. 5.1). Також часто виникає потреба у періодичному контролі позначки дна котловану, наприклад, у процесі проведення земляних робіт по мірі поглиблення котловану, щоб не допустити перебір (зайву виїмку) ґрунту з його дна (див. праву частину схеми на рис. 5.1).

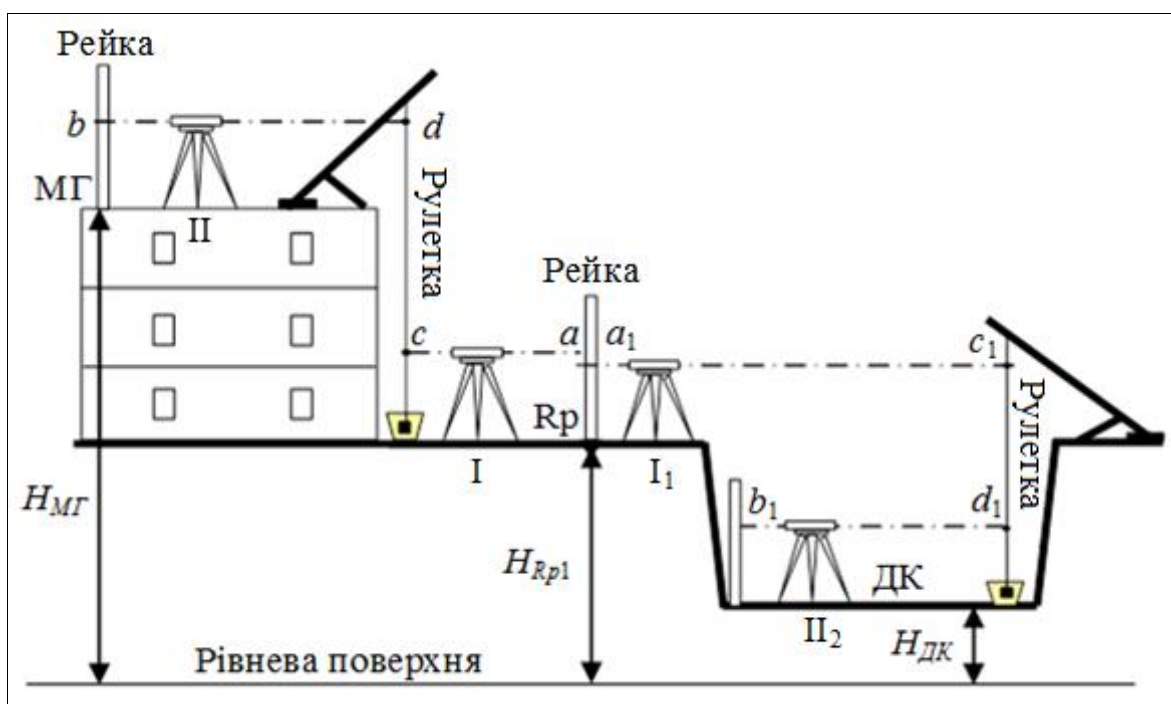


Рис. 5.1 – Схема передачі позначки на монтажний горизонт (МГ) та на дно котловану (ДК)

Нижче надано опис умов забезпечення точності передачі позначок на монтажний горизонт (на дно котловану) і порядок дій на станції.

1. Умови забезпечення точності передачі позначок (див. табл. 5.1).

1.1. Середня квадратична похибка передачі позначки на монтажний горизонт (на дно котловану) відносно вихідної позначки, м.

1.2. Висота монтажного горизонту (глибини котловану), м.

- 1.3. Допустима нерівність пліч на станції, м.
- 1.4. Допустима висота візирного променя над перешкодою, м.
- 1.5. Методика роботи (взяття відліків).
- 1.6. Типи нівелірів та рейок.
- 1.7. Типи рулеток.
- 1.8. Необхідний натяг рулеток, Н (кгс).

Таблиця 5.1 – Умови забезпечення точності передачі позначок на монтажний горизонт (на дно котловану)

№ п/п	Умови вимірювань та типи приладів	Середня квадратична похибка передачі позначки на монтажний горизонт (на дно котловану) відносно вихідної позначки, мм			
		3 мм	4 мм	5 мм	6 мм
1	2	3	4	5	6
1	Висота монтажного горизонту h_{MG} (та/або глибина котловану h_{DK}), м	≤ 15 м	16-60 м	61-100 м	101-120 м
2	Нерівність плечей на станції, м	≤ 5 м			
3	Висота візирного променя над перешкодою, м	$\leq 0,2$ м			$\leq 0,3$ м
4	Методика роботи (взяття відліків)	Взяття відліку на репері, а потім на монтажному горизонті (на дні котловану)	Одночасне взяття відліків на репері та на монтажному горизонті (на дні котловану)		
5	Типи нівелірів та рейок	Н-3 та/або його модифікації, РН-3			Н-05 та/або його модифікації, РН-05
6	Типи рулеток	ВПК2-20 АНТ/1, ВПК2-30 АНТ/1, ВПК2-50 АНТ/2			
7	Натяг рулеток, Н (кгс)	100 Н (10 кгс)			

2. Порядок дій на станціях.

2.1. Визначають позначку репера (геодезичного пункту), H_{Rp1} .

2.2. Встановлюють нівелір на станції I (I_1) і знімають наступні відліки: a (a_1) – по рейці, встановленій на репері; c (c_1) – по рулетці, яка підвішена так, що нуль рулетки знаходиться в точці закріплення зверху (рис. 5.1).

2.3. Встановлюють нівелір на станції II (II_2) і знімають наступні відліки: b (b_1) – по рейці, встановленій на монтажному горизонті (на дні котловану); d (d_1) – по рулетці, яка раніше вже була підвішена так, що нуль рулетки знаходиться в точці закріплення зверху (рис. 5.1).

2.4. Позначку H_{MG} монтажного горизонту обчислюють за формулою:

$$H_{MG} = H_{Rp1} + (a - b) + (c - d). \quad (5.1)$$

2.5. Позначку H_{DK} дна котловану обчислюють за формулою:

$$H_{DK} = H_{Rp1} + (a_1 - b_1) - (d_1 - c_1). \quad (5.2)$$

5.2 Практична частина до практичної роботи № 5

Завдання 1. З використанням вихідних даних (позначки репера H_{Rp1}) і відліків a (a_1) та c (c_1) – на станції I (I_1), b (b_1) та d (d_1) – на станції II (II_2) (див. **Додаток Д**) обчисліть позначки (м БС) монтажного горизонту H_{MG} та дна котловану H_{DK} (рис. 5.1) і визначте висоту (м) монтажного горизонту ($h_{MG} = H_{MG} - H_{Rp1}$) та глибину котловану ($h_{DK} = H_{Rp1} - H_{DK}$).

Завдання 2. За допомогою табл. 5.1 і результатів виконання завдання 1 визначте ті умови забезпечення точності (середню квадратичну похибку; допустимі значення нерівності пліч на станції та висоти візирного променя над перешкодою; методику роботи (взяття відліків); типи нівелірів та рейок; типи рулеток і необхідну величину їх натягу), яких дотримувалися при передачі позначки від будівельного репера на монтажний горизонт та дно котловану.

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 5 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

5.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 5

1. В яких випадках виникає потреба передачі позначки від будівельного репера на монтажний горизонт та/або на дно котловану?
2. Який вигляд має схема передачі позначки на монтажний горизонт та в котлован?
3. Що включають умови забезпечення точності передачі позначок?
4. Який порядок дій на станціях під час передачі позначки від будівельного репера на монтажний горизонт та/або на дно котловану?
5. Яким чином підвішується рулетка в точці закріплення під час передачі позначки від будівельного репера на монтажний горизонт та/або на дно котловану?

6 Практична робота № 6. Розбивка на місцевості проектної похилої лінії

6.1 Теоретична частина до практичної роботи № 6

Нижче (див. рис. 6.1) показана схема та надано опис послідовності розмічування на місцевості проектної похилої лінії.

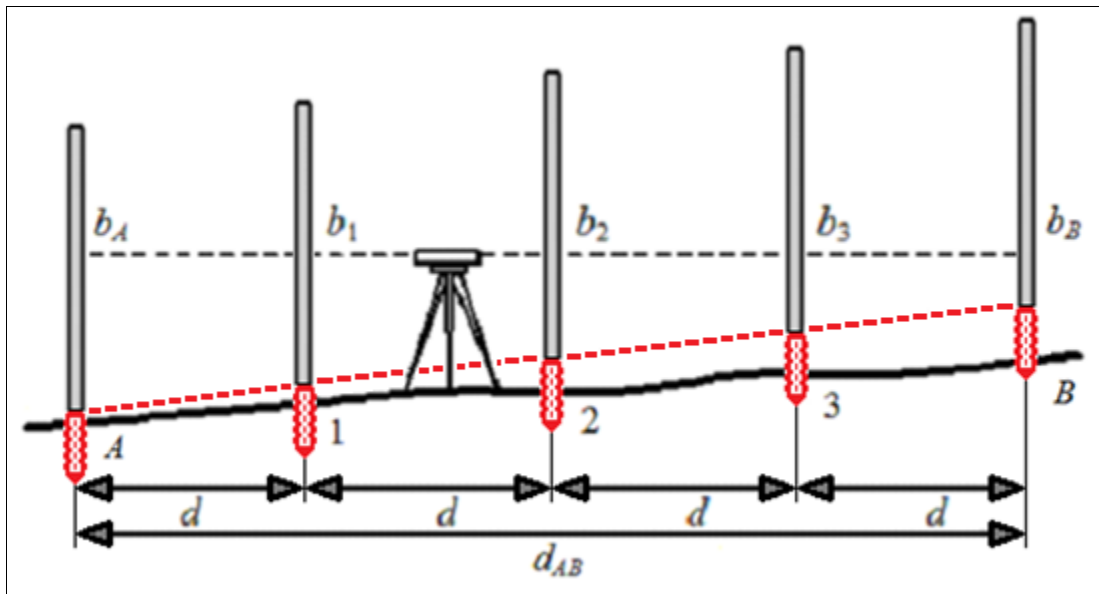


Рис. 6.1 – Приклад схеми розмічування (розбивки) на місцевості проектної похилої лінії

Етапи і послідовність дій щодо розмічування (розбивки) на місцевості проектної похилої лінії описана нижче.

1. Визначення вихідних даних.

1.1. Визначається проектна позначка точки A : H_A^{np} , м.

1.2. Визначається проектна позначка точки B : H_B^{np} , м.

1.3. Проектний уклон i_{np} похилої лінії обчислюється за формулою:

$$i_{np} = \frac{H_B^{np} - H_A^{np}}{d_{AB}}. \quad (6.1)$$

d_{AB} – довжина між точками точки A та B , м.

1.4. Розраховується довжина d (м) інтервалів за формулою:

$$d = d_{AB} / n, \quad (6.2)$$

де n – задане число інтервалів.

2. Порядок дій на станції.

2.1. Після виносу в натуру проектної позначки A і встановлення нівеліру між точками A та B , беруть відлік b_A по чорній стороні рейки, встановленій в проектній точці A .

2.2. Обчислюють проектні відліки b_1 , b_2 , b_3 та b_B по чорній стороні рейки відповідно в точках 1, 2, 3 та B (рис. 6.1):

$$\begin{aligned} b_1 &= b_A + 1000 \cdot i_{np} \cdot d; \\ b_2 &= b_1 + 1000 \cdot i_{np} \cdot d; \\ b_3 &= b_2 + 1000 \cdot i_{np} \cdot d; \\ b_B &= b_3 + 1000 \cdot i_{np} \cdot d. \end{aligned} \quad (6.3)$$

де 1000 – перевідний коефіцієнт з метрів у міліметри.

2.3. Установлюють рейку в точках 1, 2, 3 та B (рис. 6.1) відповідно з проектними відліками b_1 , b_2 , b_3 та b_B і закріплюють ці точки на місцевості.

6.2 Практична частина до практичної роботи № 6

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Е**) обчисліть проектний уклон i_{np} похилої лінії та довжину d інтервалів для розмічування (розбивки) на місцевості проектної похилої лінії (згідно з рис. 6.1).

Завдання 2. З використанням результатів виконання завдання 1 та величини відліку b_A по чорній стороні рейки, встановленій в проектній точці A (див. **Додаток Е**), визначте значення проектних відліків b_1 , b_2 , b_3 та b_B по чорній стороні рейки відповідно в точках 1, 2, 3 та B (див. рис. 6.1).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 6 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

6.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 6

1. Який вигляд має схема розмічування на місцевості проектної похилої лінії?
2. Визначення яких вихідних даних необхідне для розмічування на місцевості проектної похилої лінії?
3. Що включає порядок дій на станції під час розбивки на місцевості проектної похилої лінії?
4. За якою формулою визначають проектний уклон похилої лінії?
5. Як обчислюють проектні відліки по рейках в точках під час розбивки на місцевості проектної похилої лінії?

7 Практична робота № 7. Розрахунок виносу в натуру геодезичного об'єкта

7.1 Теоретична частина до практичної роботи № 7

До складу геодезичних робіт, що виконуються на будівельному майданчику, входить, серед іншого, створення геодезичної розмічувальної мережі будівельного майданчика для винесення в натуру основних або головних розмічувальних осей будівель і споруд поза межами будівельного майданчика, побудови зовнішньої геодезичної розмічувальної мережі.

У залежності від необхідної точності виносу в натуру точок проекту, їх розміщення відносно пунктів існуючої геодезичної мережі та наявності геодезичних приладів, визначають спосіб виконання розмічувальних робіт (способом кутової засічки або способом полярних координат). Після цього розраховують розмічувальні елементи і складають розмічувальне креслення (схему) на кожний вид розмічувальних робіт.

Вихідними даними для розрахунку виносу в натуру геодезичного об'єкта є вихідні координати x_i і y_i опорних геодезичних пунктів **pp I** та **pp II**, а також, визначені графічно з топографічного плану, координати кутової точки будівельної сітки **A1** (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Координати x_i і y_i опорних геодезичних пунктів **pp I** та **pp II** і кутової точки будівельної сітки **A1**

Позначення точок	Координати точок, м	
	x_i	y_i
1	2	3
pp I	181,470	393,760
pp II	192,799	480,987
A1	153,420	439,990

Основним завданням розрахунку виносу в натуру геодезичного об'єкта є обчислення за вибраним способом розмічувальних елементів, до яких належать горизонтальні кути β_1 , β_2 і γ та відстані (довжини ліній) d_1 , d_2 і d_2 між опорними (**pp I** і **pp II**) та шуканими на місцевості (**A1**) кутовими точками (рис. 7.1).

Етапи розрахунку виносу в натуру геодезичного об'єкта описані нижче.

1. Для одержання розмічувальних елементів планового розмічування способом полярних координат (горизонтальних кутів і довжин ліній) спочатку, за відомими координатами x_i і y_i двох опорних геодезичних пунктів **pp I** та **pp II** і кутової точки будівельної сітки A1 (табл. 7.1), шляхом вирішення оберненої геодезичної задачі обчислюють довжини ліній та їх дирекційні кути (табл. 7.2).

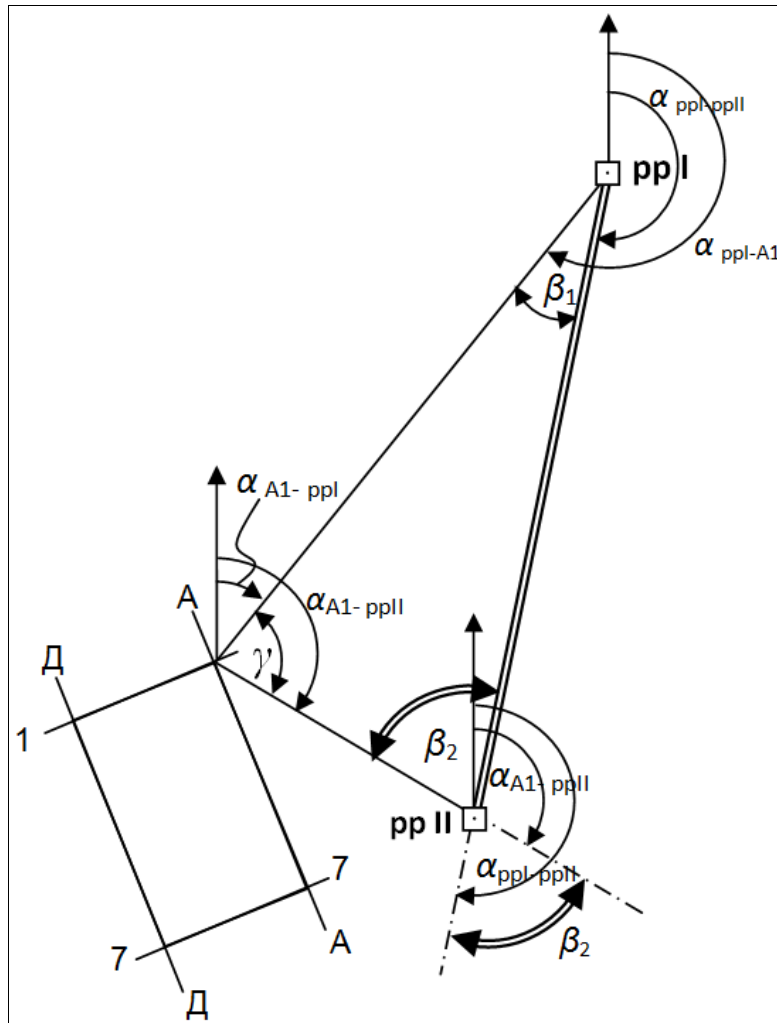


Рис. 7.1 – Обчислення горизонтальних кутів для виносу точки A1

2. Обчислюють розмічувальні горизонтальні кути β_1 , β_2 та γ (рис. 7.1) як різниці дирекційних кутів правого і лівого напрямків (за даними табл. 7.2):

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \alpha_{\text{ppI-A1}} - \alpha_{\text{ppI-ppII}} = 121^\circ 14' 50,0'' - 82^\circ 35' 59,6'' = 38^\circ 38' 50,4'', \\ \beta_2 &= \alpha_{\text{ppII-ppI}} - \alpha_{\text{A1-ppII}} = 82^\circ 35' 59,6'' - 46^\circ 09' 11,6'' = 36^\circ 26' 48,0'', \\ \gamma &= \alpha_{\text{A1-ppII}} - \alpha_{\text{A1-ppI}} = 46^\circ 09' 11,6'' - 301^\circ 14' 50,0'' + 360^\circ = 104^\circ 54' 21,6''. \end{aligned} \quad (7.1)$$

З використанням прямокутних координат дирекційний кут лінії АВ визначають із прямокутного трикутника АВС (рис. 7.2) шляхом вирішення оберненої геодезичної задачі в послідовності, яка описана нижче.

1. Визначають прирости координат ΔX_{AB} та ΔY_{AB} :

$$\Delta X_{AB} = X_B - X_A \quad \text{та} \quad \Delta Y_{AB} = Y_B - Y_A. \quad (7.3)$$

2. За знаками приростів координат ΔX_{AB} та ΔY_{AB} визначають чверть, в якій знаходиться задана лінія (рис. 7.3).

3. Обчислюють румб r_{AB} лінії АВ за формулою:

$$r_{AB} = \arctg(\Delta Y_{AB} / \Delta X_{AB}). \quad (7.4)$$

4. В залежності від чверті, в якій знаходиться лінія АВ, її дирекційний кут α_{AB} обчислюють за однією з формул:

$$\begin{aligned} \alpha_{AB} &= r_{AB} - \text{для I чверті (ПнСх)}; \\ \alpha_{AB} &= 180^\circ - r_{AB} - \text{для II чверті (ПдСх)}; \\ \alpha_{AB} &= r_{AB} + 180^\circ - \text{для III чверті (ПдЗх)}; \\ \alpha_{AB} &= 360^\circ - r_{AB} - \text{для IV чверті (ПнЗх)}. \end{aligned} \quad (7.5)$$

Для прикладу обчислимо дирекційний кут $\alpha_{pp.II-pp.I}$ лінії **pp.II-pp.I** за координатами, які приведені в табл. 7.1.

Спочатку обчислимо прирости координат $\Delta X_{pp.II-pp.I}$ та $\Delta Y_{pp.II-pp.I}$:

$$\begin{aligned} \Delta X_{pp.II-pp.I} &= X_{pp.I} - X_{pp.II} = 181,470 - 192,799 = -11,329 \text{ м}; \\ \Delta Y_{pp.II-pp.I} &= Y_{pp.I} - Y_{pp.II} = 393,760 - 480,987 = -87,227 \text{ м}. \end{aligned}$$

За знаками приростів координат $\Delta X_{pp.II-pp.I}$ та $\Delta Y_{pp.II-pp.I}$ (за допомогою рис. 7.3) визначаємо, що дана лінія знаходиться у III чверті (ПдЗх).

Далі за формулою (7.4) визначаємо румб лінії **pp.II-pp.I**:

$$\begin{aligned} r_{pp.II-pp.I} &= \arctg(\Delta Y_{pp.II-pp.I} / \Delta X_{pp.II-pp.I}) = \arctg(-87,227 / -11,329) = \\ &= \arctg 7,699444 = 82,599877 = 82^\circ 35' 59,6''. \end{aligned}$$

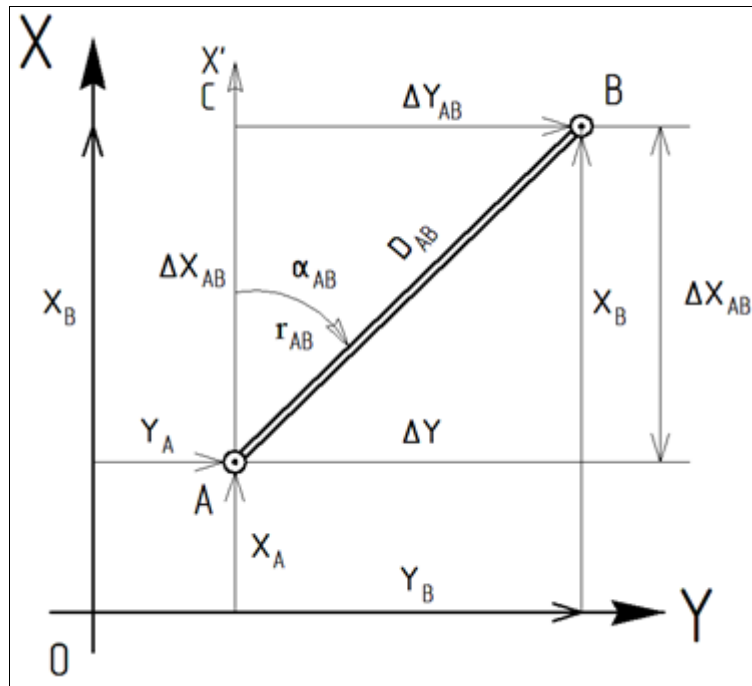


Рис. 7.2 – Геометрична схема вирішення оберненої геодезичної задачі при визначенні дирекційного кута лінії АВ

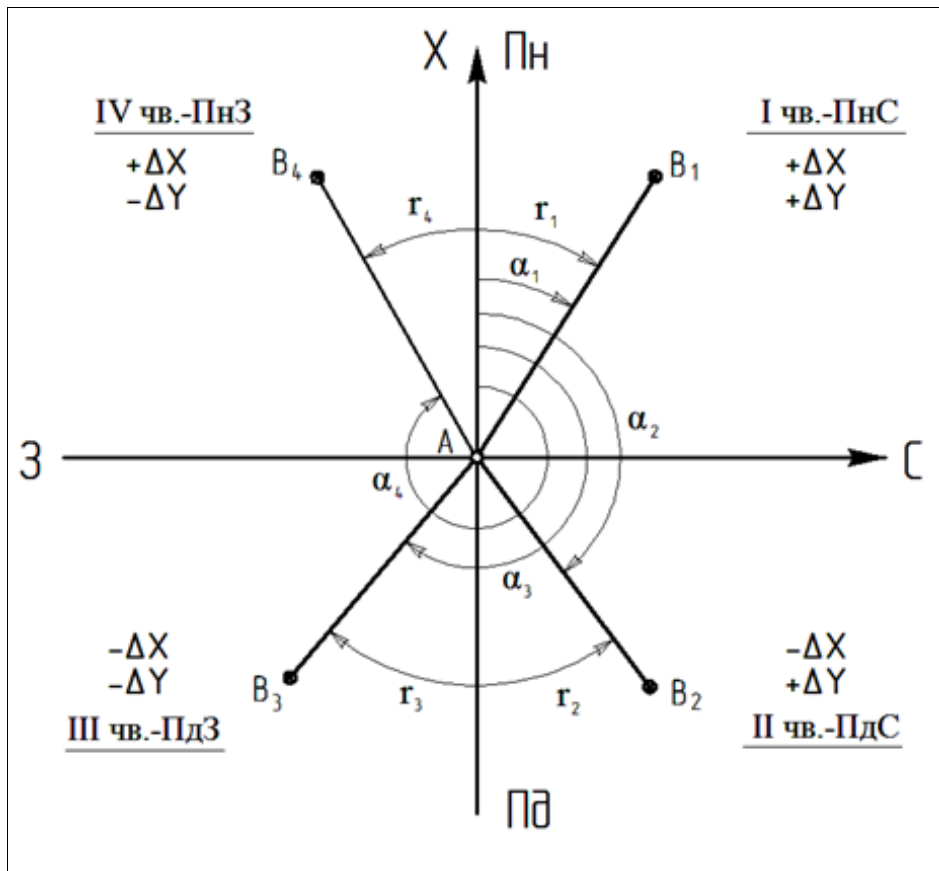


Рис. 7.3 – Зв'язок між румбами та дирекційними кутами ліній різних напрямів

З урахуванням того, що лінія **pp.II-pp.I** знаходиться в III чверті, її дирекційний кут, який обчислюють за формулою для цієї чверті, складе:

$$\alpha_{pp.II-pp.I} = \gamma_{pp.II-pp.I} + 180^\circ = 82^\circ 35' 59,6'' + 180^\circ = 262^\circ 35' 59,6''.$$

3. Виконується креслення схеми розмічування горизонтальних кутів β_1 , β_2 та γ для виносу точки A1 від пунктів полігонометрії **pp.I** і **pp.II** (рис. 7.4).

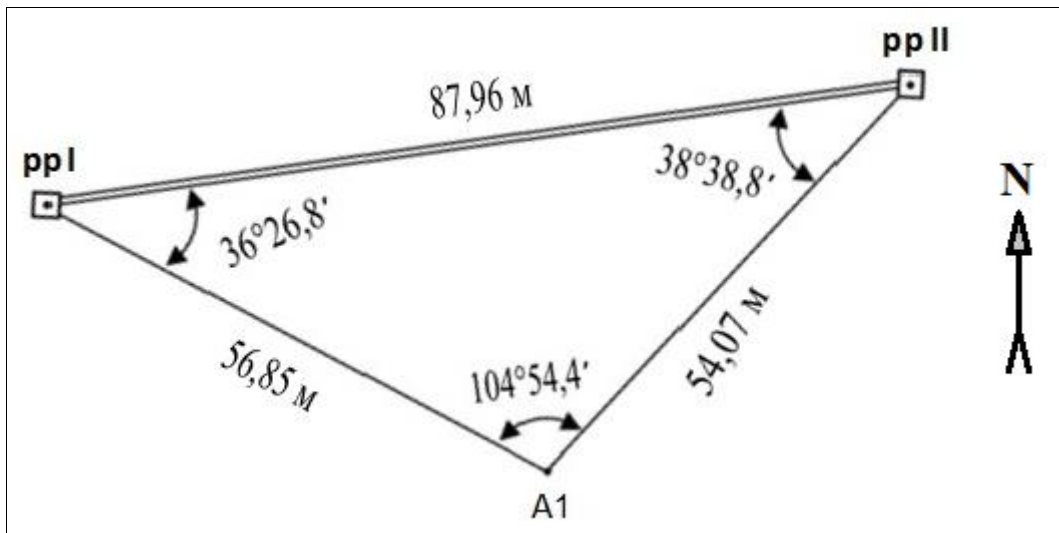


Рис. 7.4 – Приклад схеми розмічування горизонтальних кутів β_1 , β_2 та γ для виносу точки A1 від пунктів полігонометрії **pp.I** і **pp.II**

4. З урахуванням характеристики об'єкту будівництва визначають середні квадратичні похибки кутових і лінійних вимірювань при побудові розмічувальної сітки будівельного майданчика (табл. 7.3).

Умови забезпечення точності (середні квадратичні похибки) кутових вимірювань представлені у табл. 7.4.

Умови забезпечення точності (середні квадратичні похибки) лінійних вимірювань представлені у табл. 7.5 та 7.6.

Відносна середня квадратична похибка m_d лінійних вимірів дорівнює:

$$m_d = d/T, \quad (7.6)$$

де T – знаменник відносної похибки.

Таблиця 7.3 – Умови забезпечення точності (середні квадратичні похибки) кутових і лінійних вимірювань

№ п/п	Характеристика об'єкту будівництва	Середні квадратичні похибка	
		кутових вимірювань, "	лінійних вимірювань, мм
1	2	3	4
1	Підприємства і споруди на ділянках площею більше ніж 1 км ² та/або окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови понад 100 га	±3"	2 мм для <i>L</i> до 50 м та/або 1/25000 для <i>L</i> понад 50 м
2	Підприємства і споруди на ділянках площею менше ніж 1 км ² та/або окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови від 10 га до 100 га	±5"	5 мм для <i>L</i> до 50 м та/або 1/10000 для <i>L</i> понад 50 м
3	Окремо розташовані будівлі (споруди) площею забудови менше ніж 10 га та/або дороги, інженерні комунікації в межах територій, що забудовуються	±10"	10 мм для <i>L</i> до 50 м та/або 1/5000 для <i>L</i> понад 50 м
4	Дороги, інженерні комунікації територій, які не забудовуються та/або земляні споруди, а також вертикальне планування	±30"	25 мм для <i>L</i> до 50 м та/або 1/2000 для <i>L</i> понад 50 м

Примітка: *L* – довжина, що вимірюється, м.

Таблиця 7.4 – Умови забезпечення точності кутових вимірювань

Процеси, умови вимірів, типи приладів	Середні квадратичні похибки кутових вимірювань					
	3"	5"	10"	20"	30"	45"
1	2	3	4	5	6	7
Центрування теодоліта і візирних цілей	Оптичним центриром			Оптичним центриром, нитковим виском		
Фіксування центрів знаків	Кресляркою	Керном	Олівцем, шпилькою		Шпилькою	
Типи теодолітів	T2	T5		T30		
Кількість прийомів	2			1		

Таблиця 7.5 – Умови забезпечення точності лінійних вимірювань сталевими рулетками або стрічками

Процеси, умови вимірювань, типи приладів	Відносні середні квадратичні похибки результатів лінійних вимірювань				
	$\frac{1}{25000}$	$\frac{1}{15000}$	$\frac{1}{10000}$	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1}{2000}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Середня квадратична похибка компарування, мм	–	0,2		0,5	1,5
Укладання в створ	–	За допомогою теодоліта			Візуально
Натяг мірного приладу, Н (кгс)	–	Динамометром, 100 Н (10 кгс)			Вручну
Похибка урахування різниці температур компарування та при вимірюванні, °С	–	Термопара		Термометром	
		0,5	1,0	2,5	
Кількість відліків	–	2 пари відліків та 1 зсув			
Фіксація проміжних точок	–	Кресляркою	Керном	Олівцем	
Визначення перевищення кінців вимірюваної лінії	–	Нівелюванням			
Границі допустимої похибки рулетки або стрічки, мм	Робочий еталон 3-го розряду за ДСТУ 3741: $\Delta = \pm(0,01+0,01/L)$		2-й клас точності за ДСТУ 4179: $\Delta = \pm(0,3+0,15/L)$		3-й клас точності за ДСТУ 4179: $\Delta = \pm(0,4+0,2/L)$

Примітка: *L* – довжина, що вимірюється, м.

Таблиця 7.6 – Умови забезпечення точності лінійних вимірювань тахеометрами, світловіддалемірами або віддалемірами лазерними ручними

Процеси, умови вимірювань, типи приладів	Відносні середні квадратичні похибки результатів лінійних вимірювань				
	$\frac{1}{25000}$	$\frac{1}{15000}$	$\frac{1}{10000}$	$\frac{1}{5000}$	$\frac{1}{2000}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Центрування приладів	Оптичним центриром або примусове центрування		Оптичним центриром		Оптичним центриром або виском
Фіксація центрів знаків	Кресляркою		Керном		Олівцем, шпилькою
Похибка вимірювання температури повітря, °С	2	4	5	10	20
Похибка вимірювання атмосферного тиску, кПа (мм рт. ст.)	0,50 (4)	0,90 (7)	1,23 (10)	2,70 (20)	6,70 (50)
Визначення перевищення кінців вимірюваної лінії	Нівелюванням				
Середні квадратичні похибки приладу при вимірюванні (згідно з ГОСТ 19223-90)	$1+2 \cdot D$	$2+2 \cdot D$		$3+3 \cdot D$	$5+5 \cdot D$

Примітка: D – довжина, що вимірюється, км.

5. Розрахунок точності розмічувальних горизонтальних кутів.

5.1. Середня квадратична похибка виносу на місцевість кутової точки полярним способом обчислюється за формулою:

$$m = \sqrt{\left(\frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 \cdot d^2 + m_d^2}, \quad (7.7)$$

де m_β – середня квадратична похибка кутових вимірів;

ρ'' – радіан ($\rho'' = 206265''$);

d – відстань від пункту триангуляції до точки виносу;

m_d – середня квадратична похибка відкладання відстані d ;

T – знаменник відносної лінійної похибки.

5.2. Середня квадратична похибка виносу на місцевість кутової точки способом прямої кутової засічки:

$$m = \frac{b \cdot m_\beta}{\rho \cdot \sin \gamma} \cdot \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2} = \frac{b \cdot m_\beta}{\rho \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2)} \cdot \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}, \quad (7.8)$$

де γ – кут засічки;

b – відстань між вихідними пунктами триангуляції.

6. Складання розмічувального креслення.

Зазвичай розмічувальне креслення складається в крупному масштабі (1:500, 1:200) або схематично (довжини ліній і кути зображують приблизно таким чином, щоб їх було зручно записувати). Тобто, якщо довжина лінії невелика, то її можна збільшити, щоб помістити значення довжини і т.п. Лінійні розміри на розмічувальному кресленні виписують із точністю до 0,01 м, а кутові – до 0,1'.

Схему розмічувального креслення складають на аркуші зручного формату (наприклад, на аркуші формату А4), наносячи на неї наступні необхідні дані (див. приклад на рис. 7.4):

- орієнтування за напрямом північ-південь;
- відстані між геодезичними пунктами і до точки виносу;
- розмічувальні кути β_1 і β_2 кут засічки γ .

На схемі також можуть бути нанесені планові координати геодезичних пунктів і точки виносу та дирекційні кути всіх напрямків.

7.2 Практична частина до практичної роботи № 7

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Ж**, табл. Ж.1) обчисліть горизонтальні кути β_1 , β_2 і γ та відстані (довжини ліній) d_1 , d_2 і d_2 між опорними (**pp I** і **pp II**) та шуканими на місцевості (A1) кутовими точками (приклад вирішення оберненої геодезичної задачі для обчислення довжин ліній та їх дирекційних кутів наведений у табл. 7.2).

Завдання 2. З використанням результатів виконання завдання 1 нанесіть на шаблон схеми розмічувального креслення (див. **Додаток Ж**, рис. Ж.1) відстані між геодезичними пунктами і до точки виносу та розмічувальні кути β_1 і β_2 кут засічки γ (приклад наведений на рис. 7.4).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 7 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

7.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 7

1. З якою метою здійснюється винос в натуру геодезичного об'єкту?
2. Які є способи виконання розмічувальних робіт?
3. Як виконується обчислення розмічувальних кутів?
4. Від яких умов залежить середня квадратична похибка кутових та лінійних вимірів?
5. Що входить до складу розмічувального креслення?

8 Практична робота № 8. Розрахунок виносу на місцевість кутової точки будівельної сітки

8.1 Теоретична частина до практичної роботи № 8

Нижче (рис. 8.1) показана схема виносу на місцевість кутової точки будівельної сітки способом кутової засічки.

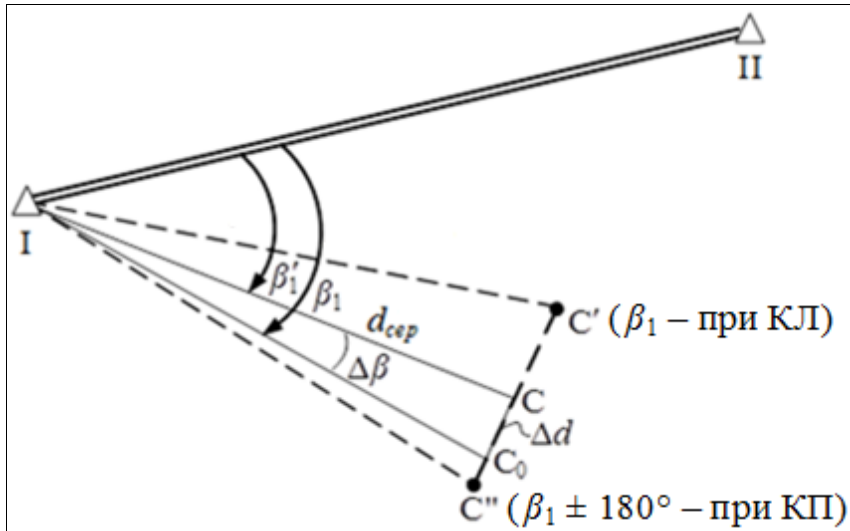


Рис. 8.1 – Схема виносу кутової точки будівельної сітки (способом кутової засічки): I – геодезичний пункт, де встановлений теодоліт; II – геодезичний пункт, на який наводять зорову трубу теодоліту; інші пояснення – у тексті

Етапи розрахунку виносу на місцевість кутової точки будівельної сітки способом кутової засічки описані нижче.

1. Побудова горизонтального розмічувального кута β_1 для виносу на місцевість кутової точки будівельної сітки.

1.1. Установлюють теодоліт у робоче положення на геодезичному пункті. При положенні вертикального круга з ліва (КЛ) встановлюють на горизонтальному крузі (ГК) відлік $0^\circ 00' 00''$. Потім закріплюють алідаду та наводять зорову трубу на інший геодезичний пункт. Закріплюють лімб ГК.

1.2. Поворотом алідади відкладають при КЛ на лімбі ГК кут β_1 (на рис. 8.1 кут β_1 відкладений вправо), з точністю, що відповідає точності теодоліта, який застосовується (наприклад, для 2Т30П – $t = 30''$). В створі візирної осі на проектній відстані $d_{сеп}$, яка визначається згідно з порядком етапу **2**, фіксують на місцевості кутову точку (на рис. 8.1 – це точка C').

1.3. З метою виключення колімаційної похибки таку саму побудову виконують при положенні вертикального круга з права (КП): $\beta_1 \pm 180^\circ$, а також фіксують друге положення кутової точки (на рис. 8.1 – це точка С").

1.4. Визначають і фіксують на місцевості середину відрізка С'С" (на рис. 8.1 – це точка С).

1.5. Для побудови (виносу) кута β_1 з підвищеною точністю (рис. 8.1), вимірюють знайдений в першому наближенні кут кількома прийомами і визначають його більш точне значення β_1' .

1.6. Знаходять різницю $\Delta\beta''$ між проектним β_1 і вимірним β_1' кутами:

$$\Delta\beta'' = \beta_1 - \beta_1'. \quad (8.1)$$

1.7. Обчислюють лінійну поправку (редукцію) $\Delta d_{ред}$ за формулою:

$$\Delta d_{ред} = d_{сер} \cdot \Delta\beta'' / \rho'', \quad (8.2)$$

де $\Delta\beta''$ – різниця між проектним β_1 і вимірним β_1' кутами, ";

ρ'' – радіан ($\rho'' = 206265''$).

1.8. Відкладають лінійну поправку Δd від точки С, залежно від знака (на рис. 8.1 – це знак «+»), у сторону точки С' або С" та закріплюють на місцевості чи будівельному майданчику точку С₀.

2. Побудова (або відкладання) на місцевості проектної відстані $d_{сер}$ від геодезичного пункту до точки виносу.

2.1. Спочатку від геодезичного пункту в напрямку до точки виносу за допомогою мірної стрічки або рулетки відкладають проектну відстань $d_{сер}$ і тимчасово фіксують кінцеву точку В' (рис. 8.2).

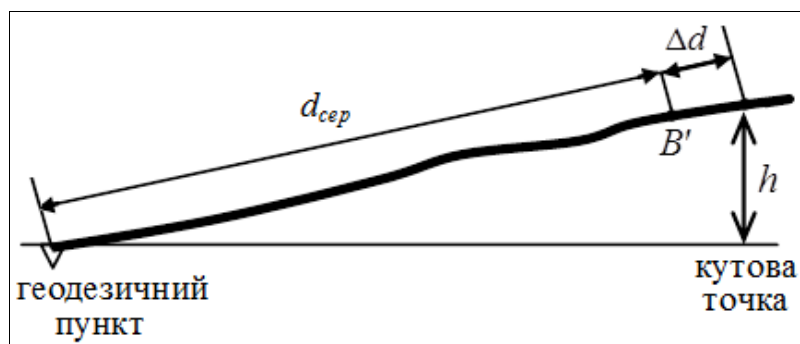


Рис. 8.2 – Схема побудови (відкладання) на місцевості проектної відстані (пояснення позначень у тексті)

2.2. Обчислюють поправки в проектну відстань.

2.2.1. За компарування мірної стрічки або рулетки Δd_K :

$$\Delta d_K = d_{cep} \cdot \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0}, \quad (8.3)$$

де ℓ , ℓ_0 – відповідно фактична (визначена в результаті компарування) та номінальна довжина рулетки, м.

2.2.2. За температурний вплив Δd_t :

$$\Delta d_t = d_{cep} \cdot \alpha \cdot (t - t_0), \quad (8.4)$$

де t , t_0 – відповідно температура вимірювання та компарування, $^{\circ}\text{C}$;
 α – коефіцієнт розширення сталі ($\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$).

2.2.3. За нахил лінії до горизонту Δd_h :

$$\Delta d_h = \frac{h^2}{2 \cdot d_{cep}}, \quad (8.5)$$

де h – перевищення між кінцевими точками (кутовою точкою та геодезичним пунктом) проектної відстані d_{cep} , м, яке визначається за формулою:

$$h = H_T - H_{II}, \quad (8.6)$$

де H_T , H_{II} – відповідно позначки кутової точки та геодезичного пункту.

2.3. Обчислюють загальну поправку Δd :

$$\Delta d = \Delta d_K + \Delta d_t + \Delta d_h. \quad (8.7)$$

2.4. Загальну поправку Δd відкладають з урахуванням загального знака вправо (уперед – знак «+») або вліво (назад – знак «-») від точки B' (на рис. 8.2 – загальна поправка Δd має знак «+») і фіксують точку виносу на місцевості чи будівельному майданчику.

8.2 Практична частина до практичної роботи № 8

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток И**, табл. И.1) виконайте розрахунок горизонтального розмічувального кута β_1 для виносу на місцевість кутової точки будівельної сітки (згідно з етапом **1**).

Завдання 2. За даними для свого варіанту (див. **Додаток И**, табл. И.1) виконайте розрахунок проектної відстані від геодезичного пункту до точки виносу для її відкладання на місцевості (згідно з етапом **2**).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 8 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

8.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 8

1. Які дії потрібно виконати для виносу на місцевість розмічувального кута?
2. Як виключається колімаційна похибка?
3. Що потрібно зробити для побудови кута з підвищеною точністю?
4. За якою формулою обчислюють лінійну поправку (редукцію)?
5. Які дії потрібно виконати для виносу на місцевість проектної відстані від геодезичного пункту до точки виносу?

9 Практична робота № 9.

Обробка результатів нівелювання III та IV класів на прикладі вирівнювання одиночного нівелірного ходу та системи ходів прив'язки вузлового (контрольного) реперу до державної нівелірної мережі

Вихідні дані для визначення врівноваженої висоти точки: схема системи нівелірних ходів III класу з однією вузловою точкою з результатами нівелювання та вимірювання довжин нівелірних ходів (рис. 9.1).

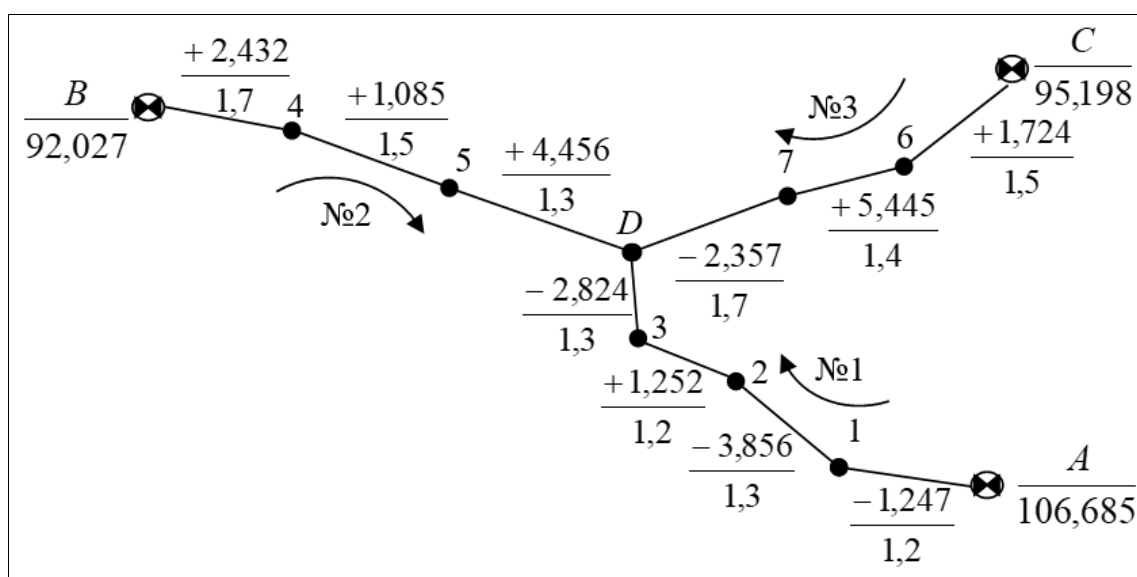


Рис. 9.1 – Схема системи нівелювання III класу з однією вузловою точкою D :
 №1 ($A-D$), №2 ($B-D$), №3 ($C-D$) – номери (позначення) нівелірних ходів;
 $\leftarrow \uparrow \rightarrow$ – стрілки, які вказують напрями ходів від реперів до вузлової точки;
 1, 2, 3 – точки ходу $A-D$; 4, 5 – точки ходу $B-D$; 6, 7 – точки ходу $C-D$;
 $\frac{-3,856}{1,3}$ – значення перевищень (чисельник, м) та довжин (знаменник, км);
 $\frac{A}{106,685}$ – позначення реперів (чисельник) та їх висот (знаменник, м)

Під час виконання вирівнювання системи нівелірних ходів III класу з однією вузловою точкою (рис. 9.1) вирішують наступні завдання:

1 – обчислюють врівноважену висоту вузлової точки D та оцінюють точність польових вимірів і визначення врівноваженої висоти H_D ;

2 – виконують врівноваження висот точок 1-7 ходів $A-D$, $B-D$ та $C-D$.

9.1 Теоретична частина до практичної роботи № 9

Нижче представлені етапи та послідовність виконання вирівнювання системи нівелірних ходів III класу з однією вузловою точкою.

1. Обчислення врівноваженої висоти вузлової точки D (табл. 9.1) та оцінка точності польових вимірів і визначення врівноваженої висоти H_D .

Таблиця 9.1 – Обчислення врівноваженої висоти вузлової точки D

Хід до вузлової точки, i	Висоти вихідних точок, $H_{вих}$, м	Сумарне перевищення за ходом, h_i , м	Довжина ходу, L_i , км	Вага ходу, $p_i = c/L_i$	Висота вузлової точки, $H_D = H_{вих} + h_i$	Поправка, v_i , мм	v_i^2	$p_i v_i^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 (A-D)	106,685	-6,675	5,0	1,000	100,010	-3	9	9,00
2 (B-D)	92,027	+7,973	4,5	1,111	100,000	+7	49	54,44
3 (C-D)	95,198	+4,812	4,6	1,087	100,010	-3	9	9,78
			$[p] =$	3,198	100,007		$[pv^2] =$	73,22

1.1. Вносять вихідні дані (з схеми на рис. 9.1) у розрахункову таблицю (табл. 9.1, в графі 1-4).

1.2. Визначають постійне число c , як середню арифметичну величину між довжинами мінімального L_{min} та максимального L_{max} ходів у даній системі ходів, округлюють величину c до цілого числа:

$$c = (L_{min} + L_{max}) / 2 = (4,5 \text{ км} + 5,0 \text{ км}) / 2 = 4,75 \text{ км} \approx 5 \text{ км}.$$

1.3. Обчислюють ваги кожного з ходів p_{A-D} , p_{B-D} , p_{C-D} , як відношення постійного числа c до довжини ходів L_{A-D} , L_{B-D} , L_{C-D} (табл. 9.1, графа 5):

$$p_{A-D} = c / L_{A-D} = 5 \text{ км} / 5,0 \text{ км} = 1,000;$$

$$p_{B-D} = c / L_{B-D} = 5 \text{ км} / 4,5 \text{ км} = 1,111;$$

$$p_{C-D} = c / L_{C-D} = 5 \text{ км} / 4,6 \text{ км} = 1,087.$$

1.4. Визначають суму ваг всіх ходів $[p]$ (табл. 9.1, графа 5 – нижня строчка):

$$[p] = p_{A-D} + p_{B-D} + p_{C-D} = 1,000 + 1,111 + 1,087 = 3,198.$$

1.5. Розраховують висоту вузлової точки D кожного для з трьох ходів H^1_D , H^2_D , H^3_D (табл. 9.1, графа 6):

$$H^1_D = H_A + h_{A-D} = 106,685 \text{ м} + (-6,675) \text{ м} = 100,010 \text{ м},$$

$$H^2_D = H_B + h_{B-D} = 92,027 \text{ м} + (+7,973) \text{ м} = 100,000 \text{ м},$$

$$H^3_D = H_C + h_{C-D} = 95,198 \text{ м} + (+4,812) \text{ м} = 100,010 \text{ м}.$$

1.6. Визначають ймовірне значення висоти H_D вузлової точки D (табл. 9.1, графа **6** – нижня строчка):

$$H_D = \frac{(H_A + h_{A-D}) \cdot p_{A-D} + (H_B + h_{B-D}) \cdot p_{B-D} + (H_C + h_{C-D}) \cdot p_{C-D}}{p_{A-D} + p_{B-D} + p_{C-D}} =$$

$$= \frac{(106,685 - 6,675) \cdot 1 + (92,027 + 7,973) \cdot 1,111 + (95,198 + 4,812) \cdot 1,087}{1,000 + 1,111 + 1,087} =$$

$$= 100,007 \text{ м.}$$

1.7. Визначають поправки для кожного з трьох ходів v_{A-D} , v_{B-D} , v_{C-D} (табл. 9.1, графа **7**):

$$v_{A-D} = H_D - H_D^1 = 100,007 \text{ м} - 100,001 \text{ м} = -0,003 \text{ м} = -3 \text{ мм},$$

$$v_{B-D} = H_D - H_D^2 = 100,007 \text{ м} - 100,000 \text{ м} = +0,007 \text{ м} = +7 \text{ мм},$$

$$v_{C-D} = H_D - H_D^3 = 100,007 \text{ м} - 100,010 \text{ м} = -0,003 \text{ м} = -3 \text{ мм}.$$

1.8. Порівнюють поправки, які визначені для кожного з трьох ходів v_{A-D} , v_{B-D} , v_{C-D} з їх граничними величинами $f_{h_{zp,i}}$, які визначають за формулою для нівелювання III класу:

– для нівелірного ходу від репера A до вузлової точки D

$$f_{h_{zp,A-D}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(\text{км})}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{5,0} = \pm 22,4 \text{ мм} > v_{A-D} = -3 \text{ мм};$$

– для нівелірного ходу від репера B до вузлової точки D

$$f_{h_{zp,B-D}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(\text{км})}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{4,5} = \pm 21,2 \text{ мм} > v_{B-D} = +7 \text{ мм};$$

– для нівелірного ходу від репера C до вузлової точки D

$$f_{h_{zp,C-D}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(\text{км})}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{4,6} = \pm 21,4 \text{ мм} > v_{C-D} = -3 \text{ мм}.$$

1.9. Здійснюють оцінку точності польових вимірів шляхом розрахунку величини середньої квадратичної похибки одиниці ваги μ та величини середньої квадратичної похибки виміру перевищення на 1 км ходу $m_{\text{км}}$.

Середня квадратична похибка одиниці ваги μ дорівнює:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-k}} = \pm \sqrt{\frac{73,22}{3-1}} = \pm 6,05 \text{ мм.}$$

де $[pv^2]$ – визначається в табл. 9.1 (див. графи **8** та **9**);

n та k – відповідно кількість всіх ходів та кількість вузлових точок.

Середня квадратична похибка виміру перевищення на 1 км ходу $m_{\text{км}}$ дорівнює:

$$m_{\text{км}} = \frac{\mu}{\sqrt{c}} = \frac{\pm 6,05}{\sqrt{5}} = \pm 2,7 \text{ мм.}$$

1.10. Оцінку точності обчислення врівноваженої висоти H_D вузлової точки D здійснюють шляхом розрахунку величини середньої квадратичної похибки її визначення M_{H_D} :

$$M_{H_D} = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}} = \frac{\pm 6,05}{\sqrt{3,198}} = \pm 3,4 \text{ мм.}$$

1.11. Таким чином, врівноважена висота вузлової точки H_D складає:

$$H_D = 100,007 \text{ м} \pm 3,4 \text{ мм.}$$

2. Далі вирівнюють кожну ланку системи нівелірних ходів III класу як розімкнені ходи між двома вихідними пунктами звичайним способом (табл. 9.2 – хід від репера A до вузлової точки D , табл. 9.3 – хід від репера B до вузлової точки D , табл. 9.4 – хід від репера C до вузлової точки D).

2.1. Вносять вихідні дані (з схеми на рис. 9.1 і з табл. 9.1) у розрахункові таблиці (табл. 9.2-9.4, в назви таблиць, в графи **1-3** – без нижньої строчки, в графу **6** – верхня та нижня строчки, в графу **7**).

2.2. Розраховують нев'язку f_h та порівнюють її величину з граничним значенням $f_{h,сп}$ для кожного з нівелірних ходів (табл. 9.2-9.4, графи **2, 3, 6** – нижня строчка, перші дві строчки під таблицею):

– для нівелірного ходу від репера A до вузлової точки D (табл. 9.2)

$$f_h = \sum h_i - (H_D - H_A) = -6,675 - (-6,678) = +0,003 \text{ м} = +3 \text{ мм,}$$

$$f_{h,сп} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(км)}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{5,0} = \pm 22,4 \text{ мм;}$$

– для нівелірного ходу від репера B до вузлової точки D (табл. 9.3)

$$f_h = \sum h_i - (H_D - H_B) = +7,973 - (+7,980) = -0,007 \text{ м} = -7 \text{ мм,}$$

$$f_{h,сп} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(км)}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{4,5} = \pm 21,2 \text{ мм;}$$

– для нівелірного ходу від репера C до вузлової точки D (табл. 9.4)

$$f_h = \sum h_i - (H_D - H_C) = +4,812 - (+4,809) = +0,003 \text{ м} = +3 \text{ мм,}$$

$$f_{h,сп} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(км)}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{4,6} = \pm 21,4 \text{ мм.}$$

2.3. Обчислюють поправки v_{h_i} до перевищень між точками для всіх ліній ходу (табл. 9.2-9.4, графа **4**).

Наприклад, поправка до перевищення між точками 2 та 3 нівелірного ходу від репера A до вузлової точки D (табл. 9.2, графа **4**) буде дорівнювати:

$$v_{h_{2-3}} = -\frac{f_h}{L} \cdot l_{2-3} = -\frac{+3}{5,0} \cdot 1,2 = -0,72 \text{ мм} \approx -1 \text{ мм} = -0,001 \text{ м.}$$

Таблиця 9.2 – Обчислення врівноважених висот точок 1, 2 та 3 від репера A ($H_A = 106,685$ м) до вузлової точки D ($H_D = 100,007$ м)

Номера точок ходу	Довжина ліній ходу, l_i , км	Перевищення між точками, h_i , м	Поправки, v_{h_i} , м	Виправлені перевищення, $h_{i, \text{випр}}$, м	Вирівняні висоти, H_i , м	Номера точок ходу
1	2	3	4	5	6	7
A	1,2	-1,247	0,000	-1,247	106,685	A
1					105,438	1
2	1,3	-3,856	-0,001	-3,857	101,581	2
	1,2	+1,252	-0,001	+1,251		
3	1,2	+1,252	-0,001	+1,251	102,832	3
	1,3	-2,824	-0,001	-2,825		
D	1,3	-2,824	-0,001	-2,825	100,007	D
	$L = \Sigma l_i =$	$\Sigma h_i =$	$\Sigma v_{h_i} =$	$\Sigma h_{i, \text{випр}} =$	$H_D - H_A =$	
	5,0	-6,675	-0,003	-6,678	-6,678	

Нев'язка ходу: $f_h = \Sigma h_i - (H_D - H_A) = -6,675 - (-6,678) = +0,003$ м = +3 мм.

Гранична нев'язка: $f_{h, \text{гр}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(\text{км})}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{5,0} = \pm 22,4 \text{ мм}$.

Контроль: $\Sigma v_{h_i} = -f_h = -(+0,003 \text{ м}) = -0,003 \text{ м} = -3 \text{ мм}$; $\Sigma h_{i, \text{випр}} = H_A - H_D = -6,678 \text{ м}$.

Таблиця 9.3 – Обчислення врівноважених висот точок 4 та 5 в ході від репера B ($H_B = 92,027$ м) до вузлової точки D ($H_D = 100,007$ м)

Номера точок ходу	Довжина ліній ходу, l_i , км	Перевищення між точками, h_i , м	Поправки, v_{h_i} , м	Виправлені перевищення, $h_{i, \text{випр}}$, м	Вирівняні висоти, H_i , м	Номера точок ходу
1	2	3	4	5	6	7
B	1,7	+2,432	+0,003	+2,435	92,027	B
4					94,462	4
5	1,5	+1,085	+0,002	+1,087	95,549	5
	1,3	+4,456	+0,002	+4,458		
D	1,3	+4,456	+0,002	+4,458	100,007	D
	$L = \Sigma l_i =$	$\Sigma h_i =$	$\Sigma v_{h_i} =$	$\Sigma h_{i, \text{випр}} =$	$H_D - H_B =$	
	4,5	+7,973	+0,007	+7,980	+7,980	

Нев'язка ходу: $f_h = \Sigma h_i - (H_D - H_B) = +7,973 - (+7,980) = -0,007$ м = -7 мм.

Гранична нев'язка: $f_{h, \text{гр}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(\text{км})}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{4,5} = \pm 21,2 \text{ мм}$.

Контроль: $\Sigma v_{h_i} = -f_h = -(-0,007 \text{ м}) = +0,007 \text{ м} = +7 \text{ мм}$; $\Sigma h_{i, \text{випр}} = H_B - H_D = +7,980 \text{ м}$.

Таблиця 9.4 – Обчислення врівноважених висот точок 6 та 7 від репера C ($H_C = 95,198$ м) до вузлової точки D ($H_D = 100,007$ м)

Номера точок ходу	Довжина ліній ходу, l_i , км	Перевищення між точками, h_i , м	Поправки, v_{h_i} , м	Виправлені перевищення, $h_{i,випр}$, м	Вирівняні висоти, H_i , м	Номера точок ходу
1	2	3	4	5	6	7
C	1,5	+1,724	-0,001	+1,723	95,198	C
6					96,921	6
7	1,4	+5,445	-0,001	+5,444	102,365	7
	1,7	-2,357	-0,001	-2,358		
D					100,007	D
	$L = \Sigma l_i =$	$\Sigma h_i =$	$\Sigma v_{h_i} =$	$\Sigma h_{i,випр} =$	$H_D - H_C =$	
	4,6	+4,812	-0,003	+4,809	+4,809	

Нев'язка ходу: $f_h = \Sigma h_i - (H_D - H_C) = +4,812 - (+4,809) = +0,003$ м = +3 мм.

Гранична нев'язка: $f_{h,гр} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{L_{(км)}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{4,6} = \pm 21,4 \text{ мм}$.

Контроль: $\Sigma v_{h_i} = -f_h = -(+0,003 \text{ м}) = -0,003 \text{ м} = -3 \text{ мм}$; $\Sigma h_{i,випр} = H_C - H_D = +4,809 \text{ м}$.

2.4. Контроль обчислення поправок v_{h_i} до перевищень між точками здійснюють шляхом порівняння суми усіх поправок для всіх ліній ходу Σv_{h_i} з величиною нев'язки ходу f_h зі зворотним знаком (табл. 9.2-9.4, остання строчка під таблицею):

– для нівелірного ходу від репера A до вузлової точки D (табл. 9.2)

$$\Sigma v_{h_i} = -f_h = -(+0,003 \text{ м}) = -0,003 \text{ м} = -3 \text{ мм};$$

– для нівелірного ходу від репера B до вузлової точки D (табл. 9.3)

$$\Sigma v_{h_i} = -f_h = -(-0,007 \text{ м}) = +7 \text{ мм};$$

– для нівелірного ходу від репера C до вузлової точки D (табл. 9.4)

$$\Sigma v_{h_i} = -f_h = -(+0,003 \text{ м}) = -0,003 \text{ м} = -3 \text{ мм}.$$

2.5. Визначають виправлені перевищення $h_{i,випр}$ (табл. 9.2-9.4, графа 5) та вирівняні висоти точок H_i (табл. 9.2-9.4, графа 6).

2.6. Контроль обчислення вирівняних висот H_i здійснюють шляхом порівняння суми виправлених перевищень $\Sigma h_{i,випр}$ та різниці висот початкового репера і вузлової точки (табл. 9.2-9.4, остання строчка під таблицею):

– для нівелірного ходу від репера A до вузлової точки D (табл. 9.2)

$$\Sigma h_{i,випр} = H_D - H_A = -6,678 \text{ м};$$

– для нівелірного ходу від репера B до вузлової точки D (табл. 9.3)

$$\Sigma h_{i, \text{випр}} = H_D - H_B = +7,980 \text{ м};$$

– для нівелірного ходу від репера C до вузлової точки D (табл. 9.4)

$$\Sigma h_{i, \text{випр}} = H_D - H_C = +4,809 \text{ м}.$$

9.2 Практична частина до практичної роботи № 9

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток К**) виконайте обчислення врівноваженої висоти вузлової точки D та оцініть точність польових вимірів і визначення врівноваженої висоти H_D (згідно з етапом **1**).

Завдання 2. За результатами виконання завдання 1 та з використанням інших вихідних даних для свого варіанту (див. **Додаток К**) виконайте врівноваження висот точок 1-7 ходів $A-D$, $B-D$ та $C-D$ (згідно з етапом **2**).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 9 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

9.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 9

1. Що і з якою метою виконують на етапі попередніх обчислень під час обробки результатів нівелювання III та IV класів?

2. Які мета виконання та склад вирівнювальних обчислень під час обробки результатів нівелювання III та IV класів для одиночного нівелірного ходу?

3. З чим пов'язано утворення і як визначають нев'язки нівелірного ходу та за якої умови і яким чином її розподіляють для отримання вирівняних значень перевищень?

4. Яким чином виконуються оцінка точності польових вимірювань та вирівняних значень перевищень в одиночному нівелірному ході?

5. В яких випадках використовують і в чому полягають вирівнювання нівелірної мережі з однією вузловою точкою, способом еквівалентної заміни, способом послідовних наближень та способом полігонів (способом червоних чисел) проф. В. В. Попова?

10 Практична робота № 10. Передача висотної позначки через водні перешкоди шириною понад 100 м

10.1 Теоретична частина до практичної роботи № 10

Досить часто траса нівелірного ходу перетинає перешкоди (водойми та водотоки, глибокі яри), ширина яких перевищує довжину нормального візирного променя. Способи передачі висот у цьому випадку залежать від протяжності перешкод і місцевих умов. Нижче розглянуті принципові особливості деяких з них – особливі випадки нівелювання III та IV класів.

1. Нівелювання IV класу через водні перешкоди шириною 200-400 м дозволяється виконувати з використанням урізу води. З цією метою на протилежних берегах установлюють репери *A* та *D*, а поблизу урізу води викопують відвідні канавки, в яких забивають урізні кілки *B* та *C* на рівень поверхні води (рис. 10.1).

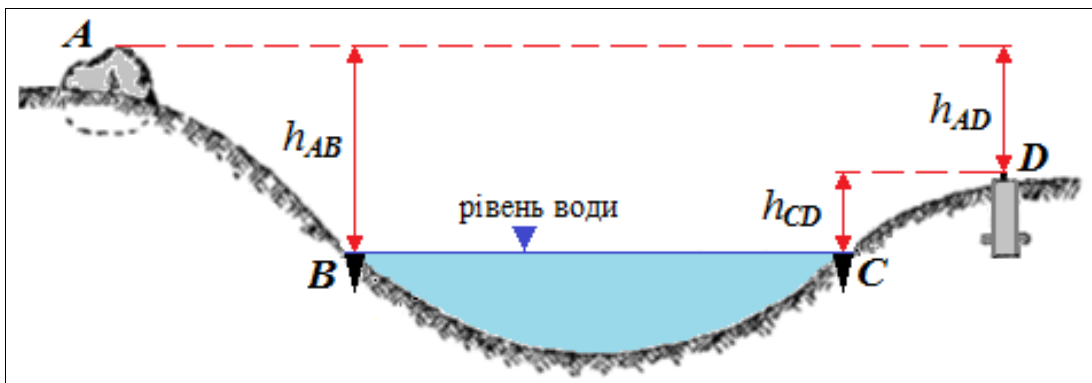


Рис. 10.1 – Схема визначення перевищення за допомогою рівня води

Кілки *B* та *C* в канавках зв'язують нівелюванням відповідно з реперами *A* та *D* на берегах і в результаті отримують відповідні перевищення h_{AB} і h_{CD} .

Якщо вважати рівень води горизонтальним, то перевищення h_{AD} між реперами *A* та *D*, як видно з рис. 10.1, буде дорівнювати (табл. 10.1):

$$h_{AD} = h_{AB} - h_{CD}. \quad (10.1)$$

Для контролю, перевищення h_{AD} повторно визначають з використанням другої пари кілків, які забивають на деякому віддаленні від першої пари. Різниця між перевищеннями не повинна відрізнитися більш ніж на ± 20 мм. Остаточне перевищення обчислюють як середнє арифметичне з двох значень.

Таблиця 10.1 – Приклад розрахунку перевищення, визначеного шляхом нівелювання IV класу через річку шириною 300 м за допомогою двох пар урізних кілків

Номер пари урізних кілків	Виміряні між реперами та урізом перевищення, м		Визначення перевищення між реперами			
	h_{AB}	h_{CD}	Перевищення, м $h_{AD} = h_{AB} - h_{CD}$	Різниця, мм		Середнє значення перевищення, м
				фактична	допустима	
1-а пара	2,598	0,502	2,096	-8	±20	2,100
2-а пара	2,601	0,497	2,104			

2. Нівелювання III та IV класів через водні перешкоди шириною до 200 м виконують з додержанням таких вимог:

- рівності віддалей до передньої та задньої рейок;
- перевищення визначається двома прийомами, змінюючи між першим і другим прийомами висоту приладу на 3-5 см;
- розбіжність перевищень між прийомами допускати не більше ±4 мм для III класу та не більше ±7 мм для IV класу.

Найгіршим випадком нівелювання вважається такий, при якому один промінь проходить над водою, а інший – над берегом (рис. 10.2, *a*), тому що у даному випадку вплив рефракції буде різним. Однак нівелювання виконується і в цьому випадку, але обов'язково двома прийомами з обох берегів. Перевищення $h_{TP122-TP1}$, які визначені з різних берегів, не повинні розбігатися більш ніж на ±10 мм. Остаточне перевищення обчислюють як середнє арифметичне з двох значень (табл. 10.2).

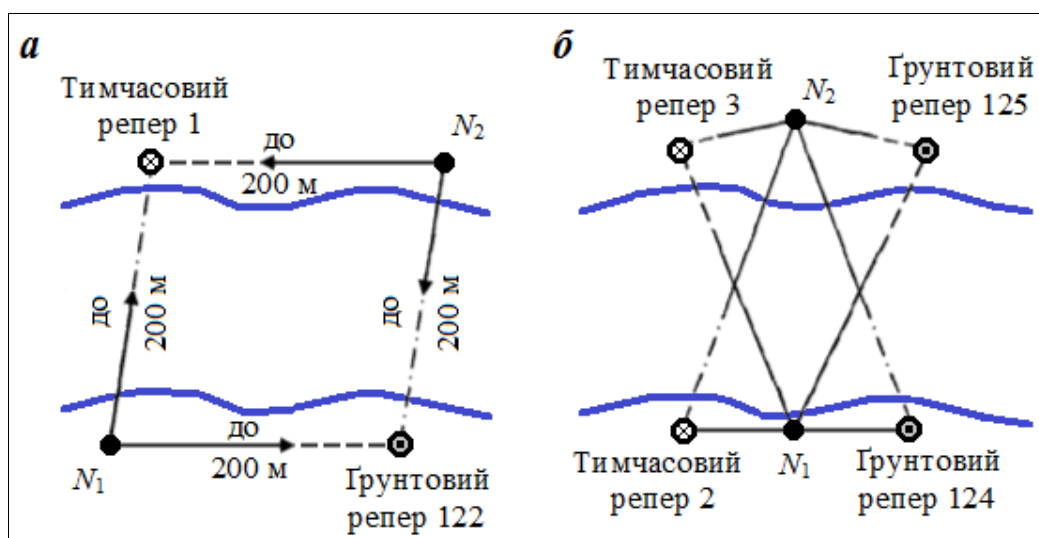


Рис. 10.2 – Нівелювання через водну перешкоду:
a – шириною до 200 м; *б* – шириною понад 200 м

Таблиця 10.2 – Приклад розрахунку перевищення, визначеного шляхом нівелювання III класу через річку шириною 150 м двома прийомами з обох берегів річки

Берег річки	Виміряне двома прийомами перевищення, $h_{ГР122-ГР1}$, м	Різниця, мм		Середнє значення перевищення, м
		фактична	допустима	
Лівий	1,003	+5	±10	1,001
Правий	0,998			

3. Нівелювання III та IV класів через водні перешкоди шириною понад 200 м можуть бути виконані при нерівних відстанях від нівеліра до рейок, зробивши перший півприйм з одного берега, другий – з іншого (рис. 10.2, б).

Якщо перше перевищення буде перебільшене, то настільки ж друге перевищення буде применшене (або навпаки).

Середнє арифметичне з обох перевищень має бути вільним:

- від впливу непаралельності візирної осі й осі рівня;
- від впливу кривини Землі та частково від впливу рефракції.

4. Нівелювання III та IV класів через водні перешкоди (річки, озера й болота) взимку по льоду виконують у виняткових випадках з дотриманням наступних умов:

- нівелювання виконують по найбільш короткому шляху;
- на обох берегах водного об'єкту завчасно закладають по два постійних репера;
- перед початком нівелювання по льоду трасу очищають від снігу;
- відстані від нівеліра до рейок мають бути такими ж, як і під час звичайного нівелювання;
- у місцях для постановки рейок пробивають у льоді отвори, в які уморожують дерев'яні кілки довжиною 20-30 см і діаметром 8-10 см з забитими в їх торці цвяхами із сферичними головками;
- у місцях установки нівеліра для кожної ніжки штатива уморожують кілки довжиною 10-15 см і товщиною 8-10 см;
- порядок спостережень і допуски на станціях мають бути такими ж, як і під час звичайного нівелювання.

5. Нівелювання ярів. При перетинанні трасою нівелювання глибокого яру на крутих його схилах, доводиться робити багато іксових точок (рис. 10.3), що веде до швидкого накопичення похибок.

Для підвищення точності нівелювання, позначку через яр з однієї його бровки (рис. 10.3, ПК 7) на іншу (рис. 10.3, ПК 9) передають так само, як і через річку (див. способи 1-3). Отримані висоти точок на бровках служать потім вихідними даними для нівелювання схилів яру. При спуску в яр слід за можливості брати відліки і на точки, які знаходяться на протилежному схилі яру (рис. 10.3), записуючи їх як проміжні.

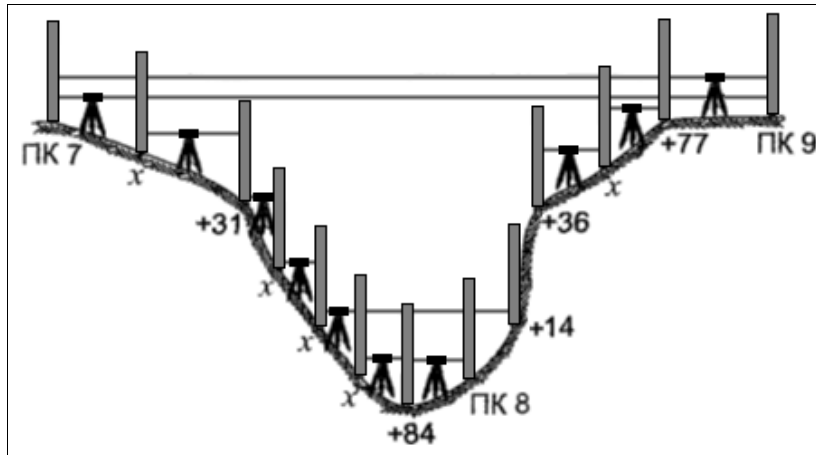


Рис. 10.3 – Схема нівелювання яру

10.2 Практична частина до практичної роботи № 10

Завдання 1. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Л**) виконайте розрахунок перевищення, визначеного шляхом нівелювання IV класу через річку шириною 300 м за допомогою двох пар урізних кілків (див. спосіб **1**, рис. 10.1, табл. 10.1).

Завдання 2. За даними для свого варіанту (див. **Додаток Л**) виконайте розрахунок перевищення, визначеного шляхом нівелювання III класу через річку шириною 150 м двома прийомами з обох берегів річки (див. спосіб **2**, рис. 10.2, **а**, табл. 10.2).

Завдання 3. Оформіть пояснювальну записку і результати виконання завдань 1 та 2 практичної роботи № 10 і дайте відповіді на запитання для самоперевірки засвоєння змісту даної роботи.

10.3 Запитання для самоперевірки засвоєння змісту практичної роботи № 10

1. Які випадки нівелювання III і IV класів належать до особливих і які способи передачі висот при цьому використовують?
2. Який вигляд має схема визначення перевищення за допомогою рівня води та формула для обчислення перевищення?
3. Яких вимог необхідно дотримуватися при нівелюванні III і IV класів через річки шириною до 200 м?
4. Чим відрізняється схеми нівелювання через річку (водну перешкоду) шириною менше 200 м від нівелювання через річку шириною більше 200 м?
5. Яким чином здійснюється нівелювання при перетині глибокого яру на крутих його схилах?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колодеев Є. І., Гриб О. М. Лабораторний практикум з геодезії: навч. пос. / Одеса: Екологія, 2007. 68 с.
2. Гриб О. М. Топографо-геодезичні дослідження водних екосистем. Навчальна практика: навч. пос. / Одеса: Од. держ. еколог. ун-т, 2021, 76 с.
3. Стукальський В. П., Шаргар О. М. Геодезія : навч. пос. Одеса : ВМВ, 2013. 560 с.
4. Панчук Ю. М., Бялик І. М., Янчук О. Є. Інженерна геодезія: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2012. 337 с.
5. Шаргар О. М., Колиханін С. П. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної та лабораторних робіт з дисципліни «Інженерна геодезія» для студентів освітнього рівня «Бакалавр» галузь знань – 19 «Архітектура та будівництво» спеціальність – 193 «Геодезія та землеустрій». Одеса: ОДАБА, 2021. 28 с.
6. Шаргар О. М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Геодезія» для студентів 2-го курсу напрямку 19 – «Геодезія та землеустрій», освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр». Одеса: ОДАБА, 2019. 32 с.
7. Гриб О. М., Гращенко Т. В. Силлабус навчальної дисципліни «Геодезія» (частина 1) для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» (освітньо-професійна програма «Землеустрій та кадастр»). Одеса : Од. держ. еколог. ун-т, 2021. 30 с.

Додаток А.

Вихідні дані до виконання практичної роботи № 1

Таблиця А.1 – Варіанти вихідних даних до завдань 1 та 2 практичної роботи № 1

$$a = 1,25 \cdot 10^{-5} = 0,0000125, \quad t_{\text{ком}} = 21,6 \text{ }^\circ\text{C} - 0,5 \cdot N, \quad l_0 = 20 \text{ м}, \quad \Delta l_{\text{ком}} = -0,002 \text{ м} + 0,001 \cdot N$$

Лінія	Прямий напрям		Зворотній напрям		Кут нахилу лінії, $\nu, \text{ }^\circ'$ (перевищення між точками, $h, \text{ м}$)	Температура, $t_{\text{вим}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Середня висота вимірюваної лінії над рівнем моря, $H_{\text{сер}}, \text{ м}$	Середнє значення ординат кінців вимірюваної лінії, $U_{\text{сер}}, \text{ м}$
	Число цілих відкладень стрічки, $n_{\text{пр}}$	Величина доміру (залишку), $r_{\text{пр}}, \text{ м}$	Число цілих відкладень стрічки, $n_{\text{зв}}$	Величина доміру (залишку), $r_{\text{зв}}, \text{ м}$				
1-2	$11 + N$	$14,640 - 0,002 \cdot N$	$11 + N$	$14,690 - 0,002 \cdot N$	$2^\circ 26' + N^\circ N'$	$+25,0 - 0,2 \cdot N$	$200 \cdot N$	$250000 - 10000 \cdot N$
2-3	$12 + N$	$14,540 - 0,002 \cdot N$	$12 + N$	$14,520 - 0,002 \cdot N$	$5,10 \text{ м} + 0,5 \cdot N \text{ м}$	$+10,5 - 0,2 \cdot N$		
3-4	$16 + N$	$12,106 - 0,002 \cdot N$	$16 + N$	$12,109 - 0,002 \cdot N$	$3^\circ 06' + N^\circ N'$	$+5,5 - 0,2 \cdot N$		
4-5	$7 + N$	$15,240 - 0,002 \cdot N$	$7 + N$	$15,180 - 0,002 \cdot N$	$5,40 \text{ м} + 0,5 \cdot N \text{ м}$	$-5,0 - 0,2 \cdot N$		

Примітка: N – номер варіанту (порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем).

Додаток Б.

Вихідні дані до виконання практичної роботи № 2

Таблиця Б.1 – Варіанти вихідних даних до завдань 1 та 2 практичної роботи № 2

Вихідні дані для визначення недоступної відстані d та оцінки точності її визначення m_d/d :											
Номер варіанту	за теоремою синусів						за теоремою косинусів				
	для трикутника ACB			для трикутника ADB							
	$b_1,$ м	$\beta_1,$ о'	$\beta_2,$ о'	$b_2,$ м	$\beta_4,$ о'	$\beta_5,$ о'	$d_1,$ м	$d_2,$ м	$\beta,$ о	m_{d0}/d_0	$m_{\beta},$ "
1	140,34	56°32'	71°39'	140,51	56°32'	71°32'	181,27	179,93	160	1/5000	2
2	180,22	59°42'	69°51'	180,45	59°43'	69°42'	172,31	172,56	162	1/3000	5
3	127,56	60°57'	68°46'	127,72	60°53'	68°46'	163,84	164,01	164	1/3000	5
4	98,36	58°31'	72°12'	98,44	58°31'	72°07'	195,36	195,42	166	1/2000	30
5	119,25	45°28'	76°54'	119,38	45°10'	77°32'	159,89	160,12	168	1/2000	30

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток В.

Вихідні дані до виконання практичної роботи № 3

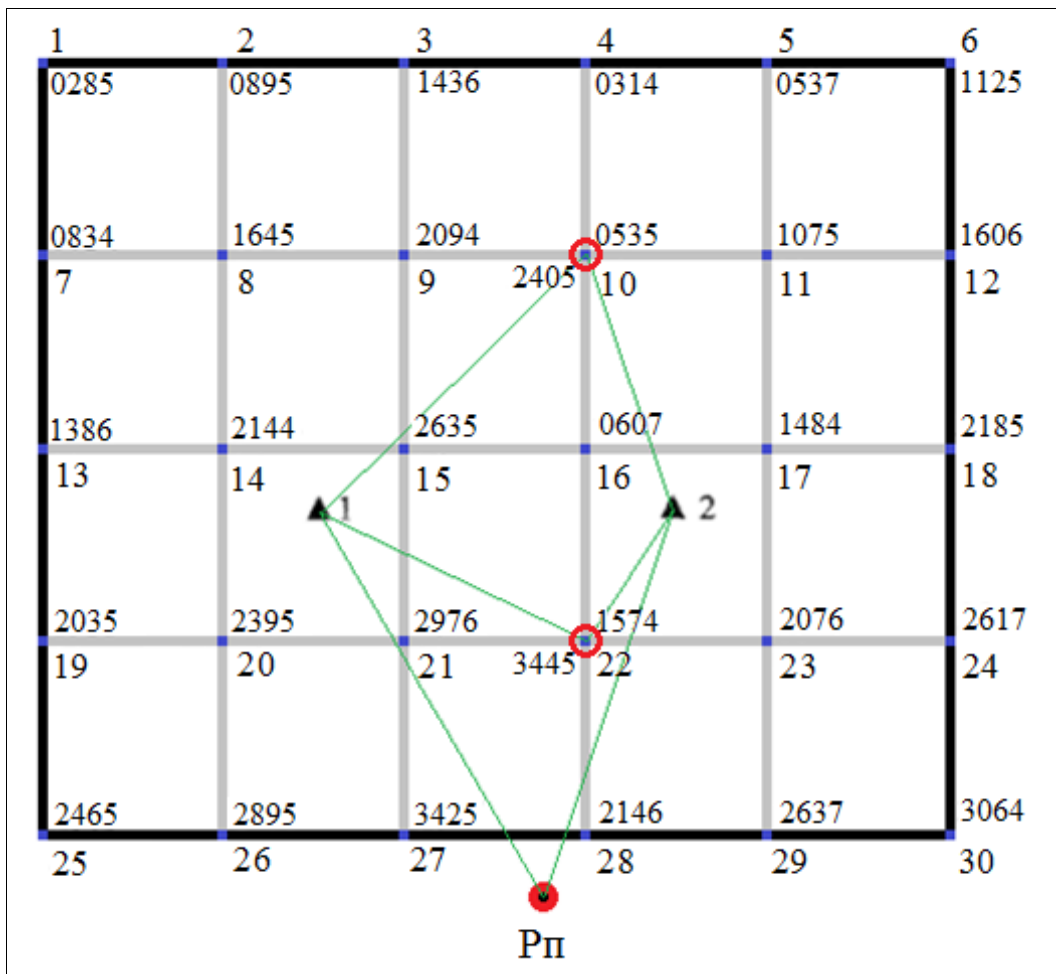


Рис. В.1 – Схема-журнал нівелювання поверхні місцевості за квадратами:
варіант 1 – відліки по рейці, встановленої на вихідному репері з позначкою $H_{Pn} = 38,046$ м, на станціях 1 і 2 відповідно склали: $a_1 = 3021$ мм, $a_2 = 1152$ мм;
варіант 2 – відліки по рейці, встановленої на вихідному репері з позначкою $H_{Pn} = 39,046$ м, на станціях 1 і 2 відповідно склали: $a_1 = 3121$ мм, $a_2 = 1252$ мм;
варіант 3 – відліки по рейці, встановленої на вихідному репері з позначкою $H_{Pn} = 40,046$ м, на станціях 1 і 2 відповідно склали: $a_1 = 2821$ мм, $a_2 = 0852$ мм;
варіант 4 – відліки по рейці, встановленої на вихідному репері з позначкою $H_{Pn} = 41,046$ м, на станціях 1 і 2 відповідно склали: $a_1 = 2721$ мм, $a_2 = 0752$ мм;
варіант 5 – відліки по рейці, встановленої на вихідному репері з позначкою $H_{Pn} = 42,046$ м, на станціях 1 і 2 відповідно склали: $a_1 = 3321$ мм, $a_2 = 1452$ мм

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Г.
Вихідні дані до виконання практичної роботи № 4

Таблиця Г.1 – Варіанти вихідних даних до завдань 1 та 2 практичної роботи № 4

Номер варіанту	Характеристика об'єкту будівництва	Позначка репера (геодезичного пункту), H_{RPA} , м БС	Проектна позначка точки виносу, H_{np} , м БС	Відлік <i>a</i> по чорній стороні рейки на репері <i>A</i>
1	Окремо розташована будівля площею забудови 150 га	37,256	38,451	2654
2	Підприємство на ділянці площею 0,7 км ²	18,489	17,326	1132
3	Дорога в межах території, що забудовуються	123,571	123,002	1573
4	Інженерні комунікації території, яка не забудовуються	0,238	1,418	2455
5	Підприємство на ділянці площею 1,2 км ²	-1,753	0,325	2786

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Д.
Вихідні дані до виконання практичної роботи № 5

Таблиця Д.1 – Варіанти вихідних даних до завдань 1 та 2 практичної роботи № 5

Вихідні дані (згідно з схемою на рис. 5.1)			Номер варіанту				
			1	2	3	4	5
Позначка репера (геодезичного пункту), H_{Rp1} , м БС			37,256	18,489	123,571	0,238	-1,753
Відліки при передачі позначки на монтажний горизонт, м	Станція I	a	1,651	1,575	1,575	1,651	1,498
		c	12,455	27,586	6,213	33,843	49,272
	Станція II	b	1,418	1,203	1,203	1,418	0,325
		d	0,364	0,927	0,403	0,651	0,529
Відліки при передачі позначки на дно котловану, м	Станція I ₁	a_1	1,537	1,724	1,537	1,724	1,537
		c_1	0,375	1,003	0,375	0,93	0,375
	Станція II ₂	b_1	1,602	1,594	1,602	1,594	1,602
		d_1	9,817	13,885	14,616	2,635	3,360

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Е.
Вихідні дані до виконання практичної роботи № 6

Таблиця Е.1 – Варіанти вихідних даних до завдань 1 та 2 практичної роботи № 6

Номер варіанту	Проектна позначка точки A , H_A^{np} , м	Проектна позначка точки B , H_B^{np} , м	Довжина між точками A та B , d_{AB} , м	Число інтервалів, n	Відлік по чорній стороні рейки, встановленій в проектній точці A , b_A , мм
1	37,256	35,384	80	4	2654
2	18,489	20,531	40	4	1132
3	123,571	122,86	80	4	1573
4	0,238	1,425	40	4	2455
5	-1,753	2,483	80	4	2786

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Ж.
Вихідні дані до виконання практичної роботи № 7

Таблиця Ж.1 – Варіанти вихідних даних до завдання 1

Номер варіанту	Позначення точок	Координати точок, м	
		x_i	y_i
1	pp I	171,460	383,750
	pp II	182,789	470,977
	A1	143,410	429,980
2	pp I	161,450	373,740
	pp II	172,779	460,967
	A1	133,400	419,970
3	pp I	151,440	363,730
	pp II	162,769	450,957
	A1	123,390	409,960
4	pp I	161,430	353,720
	pp II	152,759	440,947
	A1	113,380	399,950
5	pp I	131,420	343,710
	pp II	142,749	430,937
	A1	103,370	389,940

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

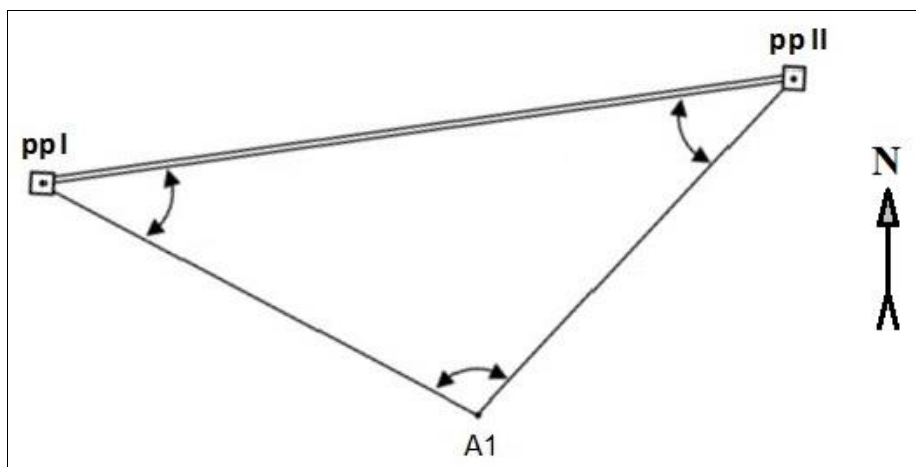


Рис. Ж.1 – Шаблон схеми розмічувального креслення до завдання 2

Додаток И.
Вихідні дані до виконання практичної роботи № 8

Таблиця И.1 – Варіанти вихідних даних до завдань 1 та 2 практичної роботи № 8

Номер варіанту	Значення кута, виміряне теодолітом 2Т30П		Значення проектної відстані, $d_{сер}$, м	Довжина сталеві рулетки (стрічки):		Температура сталеві рулетки (стрічки) під час:		Коефіцієнт розширення сталі, α	Позначка кутової точки, H_T , м	Позначка геодезичного пункту, H_{II} , м
	β_1 , ° '	β_1' , ° '		фактична, ℓ , м	номінальна, ℓ_0 , м	вимірювання, t , С°	компарування, t_0 , С°			
1	47°33'	47°35'	237,632	50,005	50	+20,0	+22,0	0,0000125	5,467	0,271
2	32°46'	32°45'	154,175	30,007	30	+17,5	+21,5		12,324	9,451
3	66°52'	66°53'	118,361	20,009	20	+15,0	+21,0		25,863	23,984
4	54°13'	54°12'	166,427	30,008	30	+12,5	+20,5		14,721	11,536
5	75°25'	75°27'	225,518	50,002	50	+10,0	+20,0		8,256	2,487

Примітка: номер варіанту – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток К.

Вихідні дані до виконання практичної роботи № 9

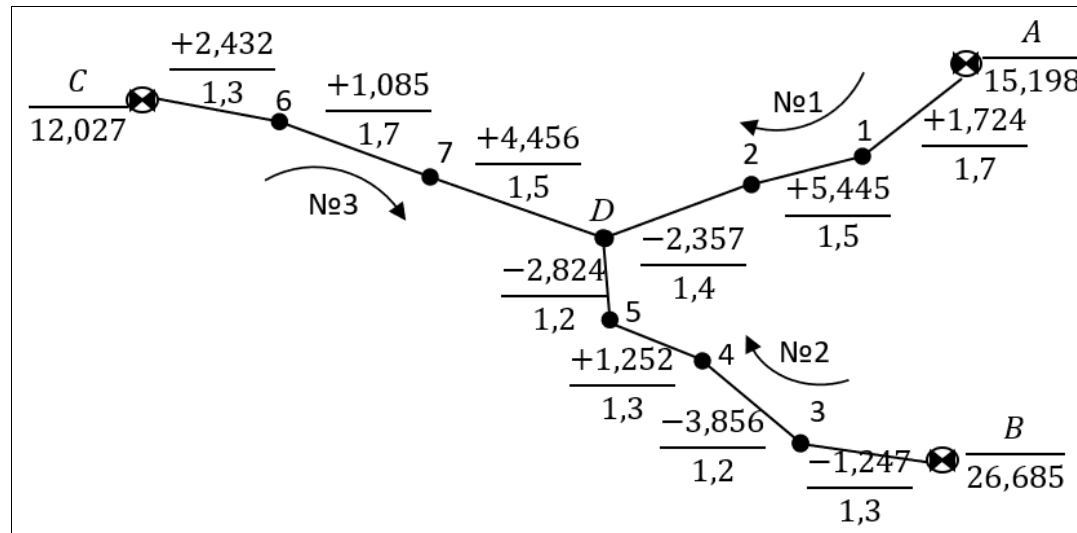


Рис. К.1 – Схема системи нівелювання III класу з однією вузловою точкою *D* (варіант № 1):

- №1 (*A–D*), №2 (*B–D*), №3 (*C–D*) – номери (позначення) нівелірних ходів;
- ←↑→ – стрілки, які вказують напрями ходів від реперів до вузлової точки;
- 1, 2 – точки ходу *A–D*; 3, 4, 5 – точки ходу *B–D*; 6, 7 – точки ходу *C–D*;
- $\frac{-3,856}{1,3}$ – значення перевищень (чисельник, м) та довжин (знаменник, км);
- $\frac{B}{26,685}$ – позначення реперів (чисельник) та їх висот (знаменник, м)

Примітка: номер варіанту – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

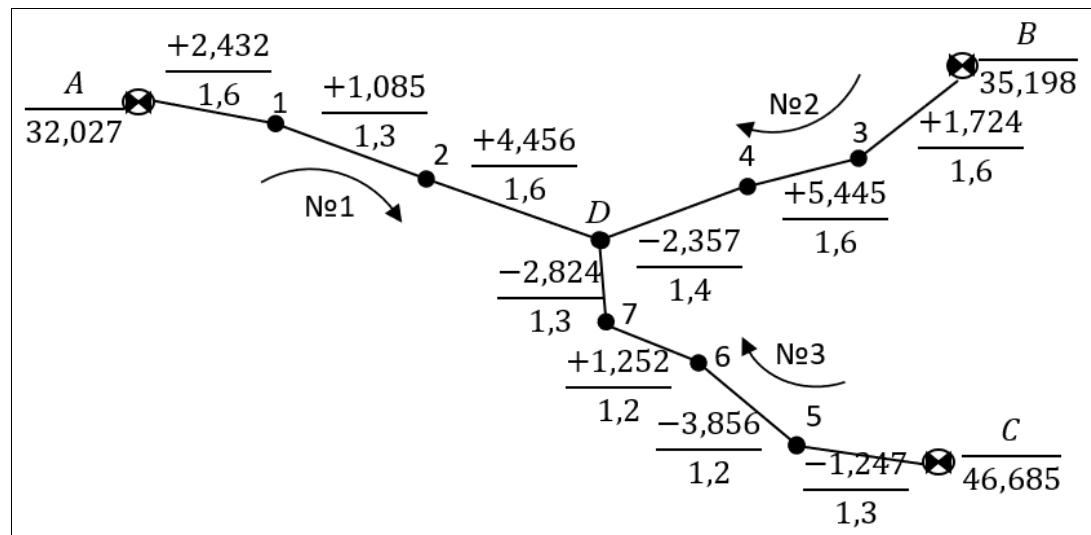


Рис. К.2 – Схема системи нівелювання III класу з однією вузловою точкою D (варіант № 2):

№1 ($A-D$), №2 ($B-D$), №3 ($C-D$) – номери (позначення) нівелірних ходів;
 $\leftarrow \uparrow \rightarrow$ – стрілки, які вказують напрями ходів від реперів до вузлової точки;
 1, 2 – точки ходу $A-D$; 3, 4 – точки ходу $B-D$; 5, 6, 7 – точки ходу $C-D$;
 $\frac{-3,856}{1,3}$ – значення перевищень (чисельник, м) та довжин (знаменник, км);
 $\frac{C}{46,685}$ – позначення реперів (чисельник) та їх висот (знаменник, м)

Примітка: номер варіанту – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

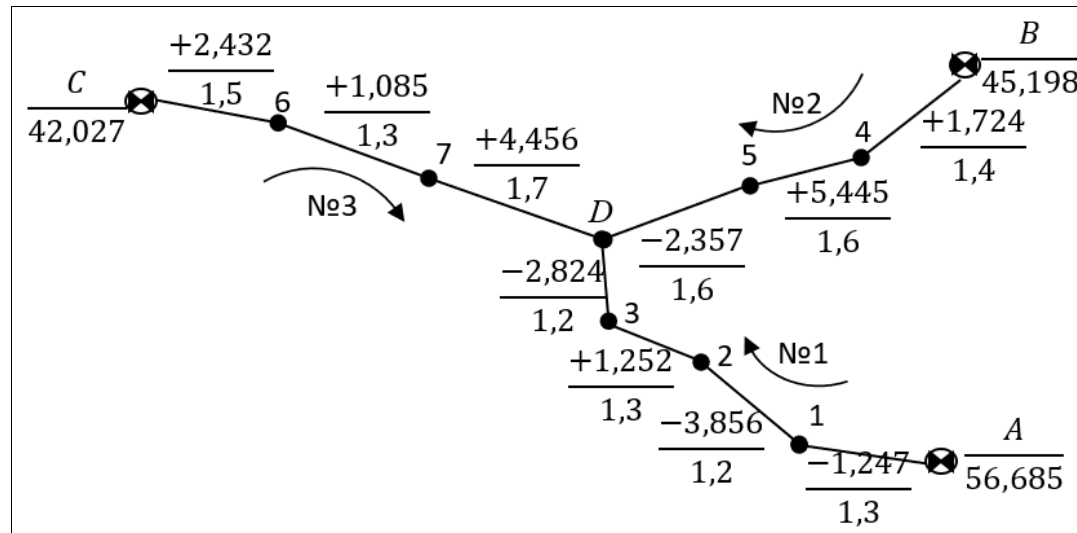


Рис. К.3 – Схема системи нівелювання III класу з однією вузловою точкою D (варіант № 3):

№1 ($A-D$), №2 ($B-D$), №3 ($C-D$) – номери (позначення) нівелірних ходів;
 $\leftarrow \uparrow \rightarrow$ – стрілки, які вказують напрями ходів від реперів до вузлової точки;
 1, 2, 3 – точки ходу $A-D$; 4, 5 – точки ходу $B-D$; 6, 7 – точки ходу $C-D$;
 $\frac{-3,856}{1,3}$ – значення перевищень (чисельник, м) та довжин (знаменник, км);
 $\frac{A}{56,685}$ – позначення реперів (чисельник) та їх висот (знаменник, м)

Примітка: номер варіанту – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

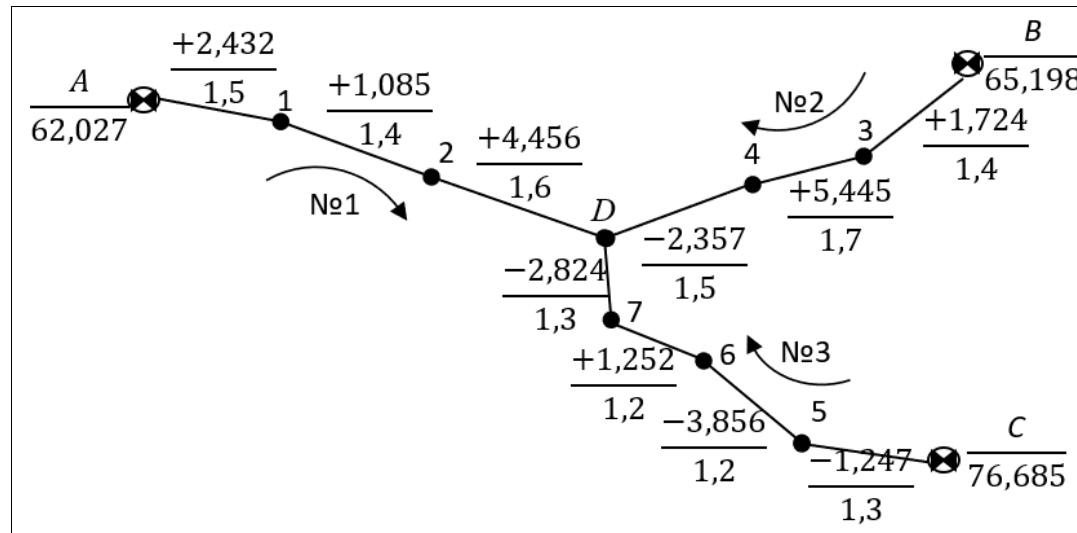


Рис. К.4 – Схема системи нівелювання III класу з однією вузловою точкою D (варіант № 4):

- №1 ($A-D$), №2 ($B-D$), №3 ($C-D$) – номери (позначення) нівелірних ходів;
 $\leftarrow \uparrow \rightarrow$ – стрілки, які вказують напрями ходів від реперів до вузлової точки;
 1, 2 – точки ходу $A-D$; 3, 4 – точки ходу $B-D$; 5, 6, 7 – точки ходу $C-D$;
 $\frac{-3,856}{1,3}$ – значення перевищень (чисельник, м) та довжин (знаменник, км);
 $\frac{C}{76,685}$ – позначення реперів (чисельник) та їх висот (знаменник, м)

Примітка: номер варіанту – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

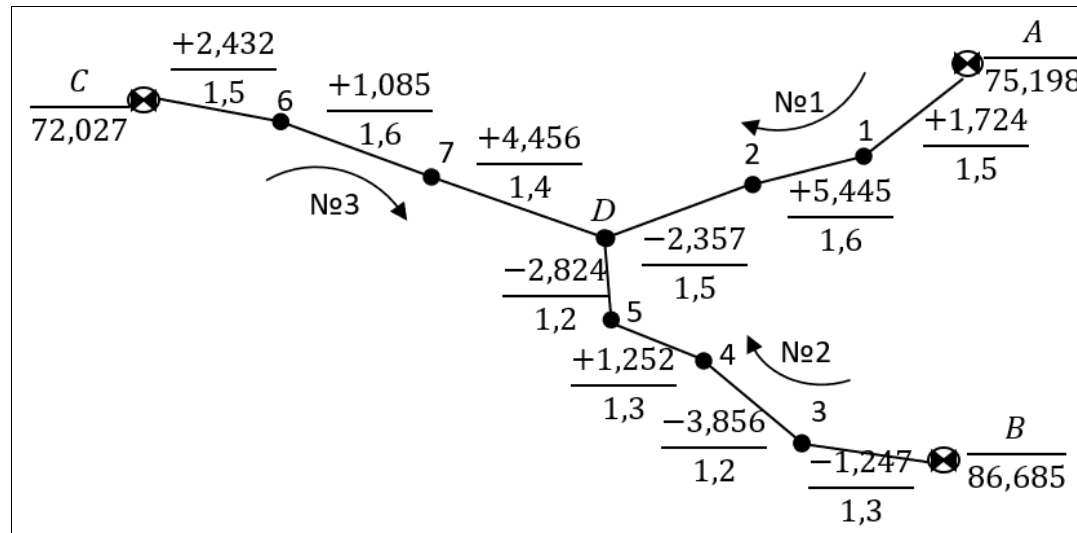


Рис. К.5 – Схема системи нівелювання III класу з однією вузловою точкою D (варіант № 5):

№1 ($A-D$), №2 ($B-D$), №3 ($C-D$) – номери (позначення) нівелірних ходів;

←↑→ – стрілки, які вказують напрями ходів від реперів до вузлової точки;

1, 2 – точки ходу $A-D$; 3, 4, 5 – точки ходу $B-D$; 6, 7 – точки ходу $C-D$;

$\frac{-3,856}{1,3}$ – значення перевищень (чисельник, м) та довжин (знаменник, км);

$\frac{B}{86,685}$ – позначення реперів (чисельник) та їх висот (знаменник, м)

Примітка: номер варіанту – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Додаток Л.
Вихідні дані до виконання практичної роботи № 10

Таблиця Л.1 – Варіанти вихідних даних до завдань **1** та **2** практичної роботи № 10

Номер варіанту	Вихідні дані до завдання 1			Вихідні дані до завдання 2	
	Номер пари урізних кілків	Виміряне між реперами та урізом перевищення, м		Берег річки	Виміряне двома прийомами перевищення, $h_{TP12-TP1}$, м
		h_{AB}	h_{CD}		
1	1-а пара	2,356	1,248	Лівий	0,563
	2-а пара	2,359	1,243	Правий	0,559
2	1-а пара	0,196	0,183	Лівий	1,625
	2-а пара	1,762	1,754	Правий	1,619
3	1-а пара	2,479	2,923	Лівий	2,457
	2-а пара	2,485	2,935	Правий	2,464
4	1-а пара	0,786	2,931	Лівий	1,997
	2-а пара	0,800	2,936	Правий	2,005
5	1-а пара	1,495	1,383	Лівий	1,003
	2-а пара	1,507	1,392	Правий	0,994

Примітка: **номер варіанту** – порядковий номер у списку студентів групи або призначений викладачем.

Навчальне електронне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт
з навчальної дисципліни «**Геодезія**»
для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Укладачі: **Гриб Олег Миколайович**, канд. геогр. наук, доц.,
Гращенко Тетяна Валеріївна, ас.

Видавець і виготовлювач
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, м. Одеса, 65016
тел./факс: (0482) 32-67-35
E-mail: info@odeku.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 5242 від 08.11.2016 р.