

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

Київ 2022

УДК 528.48

I-57

Укладачі: О.П. Ісаєв, канд. техн. наук, доцент;
Ю.Ф. Гуляєв, доцент;
О.В. Циколенко, асистент

Рецензент О.Й. Кузьмич, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск Р.А. Дем'яненко, канд. техн. наук,
доцент

*Затверджено на засіданні кафедри інженерної геодезії,
протокол № 3 від 26 жовтня 2021 року.*

В авторській редакції.

Інженерна геодезія: методичні вказівки до виконання
I-57 лабораторних робіт / уклад.: О.П. Ісаєв, Ю.Ф. Гуляєв,
О.В. Циколенко. – Київ, КНУБА, 2022. – 36 с.

Містять порядок підготовки проекту забудови, рекомендовану літературу та вказівки для виконання конкретних лабораторних робіт. Наведено розрахунки розмічувальних величин під час перенесення проекту в натуру, приклади розв'язання завдань з виконання геодезичних робіт.

Призначено для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 193 «Геодезія та землеустрій».

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1. Геодезична підготовка та перенесення проекту забудови в натуру	5
1.1. Завдання для графіко-аналітичної підготовки проекту забудови.....	5
1.2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи.....	5
2. Розрахунок розмічувальних величин для перенесення проекту забудови в натуру	9
3. Проект вертикального планування майданчика	18
4. Вертикальне планування майданчика по способу найменших квадратів.....	25
5. Геодезичні роботи при розмічуванні мостових опор	27
6. Виконавче знімання підкранових колій і визначення елементів рихтовки.....	31
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	35

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Інженерна геодезія вирішує задачі, пов'язані з побудовою опорної геодезичної основи для проведення знімальних і розмічувальних робіт, складання великомасштабних планів і профілей для проектування інженерних споруд, виконання розмічувальних робіт в плані і по висоті у процесі будівництва будівель та споруд, обслуговування будівельно-монтажних операцій, складання розмічувальних креслень об'єктів і дослідження їх деформацій в процесі будівництва та експлуатації.

Під час проектування вертикального планування земельних ділянок і підготовки виносу проектів будівель і споруд в натуру, складають спеціальні розмічувальні креслення, на яких вказані лінійні та кутові величини для визначення розташування на місцевості будівель і споруд. Геодезичні розмічувальні роботи забезпечують дотримання всіх геометричних вимог проекту та повинні передбачатись у технологічних схемах будівництва споруд.

Інженерна геодезія тісно пов'язана з іншими геодезичними дисциплінами і використовує методи вимірювань і прилади, призначені для загально-геодезичних цілей. У той же час для геодезичного забезпечення будівельно-монтажних робіт, спостереження за деформаціями споруд та інших робіт, застосовують спеціальну вимірювальну техніку, лазерні прилади і автоматизовані системи, а також відповідні обчислювальні програми, такі, як Auto CAD, CREDO та інші.

Лабораторні роботи з інженерної геодезії виконуються студентами 3-го курсу спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» спеціалізації «Геодезія», «Геоінформаційні системи і технології» відповідно до програми навчальної дисципліни «Інженерна геодезія».

Мета методичних вказівок – надання методичної та практичної допомоги студентам при освоєнні геодезичних приладів, геодезичній підготовці проектів інженерних споруд і вертикальному плануванні території, обробці даних виконавчого знімання підкранових рейок.

1. Геодезична підготовка та перенесення проекту забудови в натуру

Мета роботи: засвоєння студентами сутності геодезичної підготовки проекту інженерної споруди. Вивчення та виконання елементів і методів геодезичних розмічувальних робіт.

1.1. Завдання для графіко-аналітичної підготовки проекту.

На топографічному плані масштабу 1:2000 в межах заданої викладачем ділянки між асфальтованою автодорогою та р. Уж накреслити ескізний проект забудови (рис. 1).

Додаток – навчальна топографічна карта в масштабі 1:2000 з пунктами ДГМ, координати і позначки яких наведено в табл. 1.

Забудова складається з 2-х, 3-х житлових будинків заввишки – 9, 12 або 16 поверхів. Висота поверху – 3 метра. Довжина будинків приймається в межах від 48 до 96 м і є кратною 12 м залежно від ситуації і рельєфу, ширина – 14 м. Нумеруються самі будинки та його кути.

Таблиця 1

Каталог координат і висот

Назва пунктів	Координати, (м)		Позначки, Н (м)
	X	Y	
Мари	6655,822	1218,161	192,446
Вєдноє	6336,000	1187,083	191,742
95	6235,100	1272,040	186,497
96	6370,540	1354,860	187,225
97	6471,950	1410,930	186,536
98	6407,320	1545,520	187,721
99	6317,820	1691,260	187,173
102	6258,040	1510,760	190,780
A	6382,824	1052,167	190,862
B	6638,868	1052,167	190,676

1.2. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

1. На початку проектування треба накреслити лінію забудови, яка визначає віддалення будинків від осі автодороги. У нашому випадку ця відстань у метрах задається варіантом завдання:

$$l = 30 + 0,50N, \quad (1.1)$$

де N – номер варіанта студента за списком групи.

На запроектованій лінії забудови вибирають дві довільні точки M_1 і M_2 (бажано найбільш віддалені між собою), визначають графічно їх

координати та довжину лінії M_1M_2 та її дирекційний кут із обчислення оберненої задачі. Координати обчислюються за формулами:

$$(1.2) \quad X = x_0 + \frac{M}{a+b} a \quad ; \quad Y = y_0 + \frac{M}{a'+b'} a' \quad ,$$

де x_0, y_0 – підпис найближчої молодшої сторони квадрата координатної сітки;

a, a' – відстані від точок M_1 і M_2 до молодшої сторони квадрата координатної сітки (відповідно по X та по Y);

b, b' – відповідні відстані до старшої сторони по X і по Y ;

M – теоретичний розмір сторони квадрата.

Такий прийом використовують для урахування деформації паперу. Потім вимірюють на плані віддалі a і b між точками червоної лінії M_1 і M_2 та кутами будинків (рис. 1), які знаходяться на лінії забудови і виправляють їх так, щоб задовольнялась умова:

$$(1.3) \quad a + \sum l + \sum d + b = M_1M_2,$$

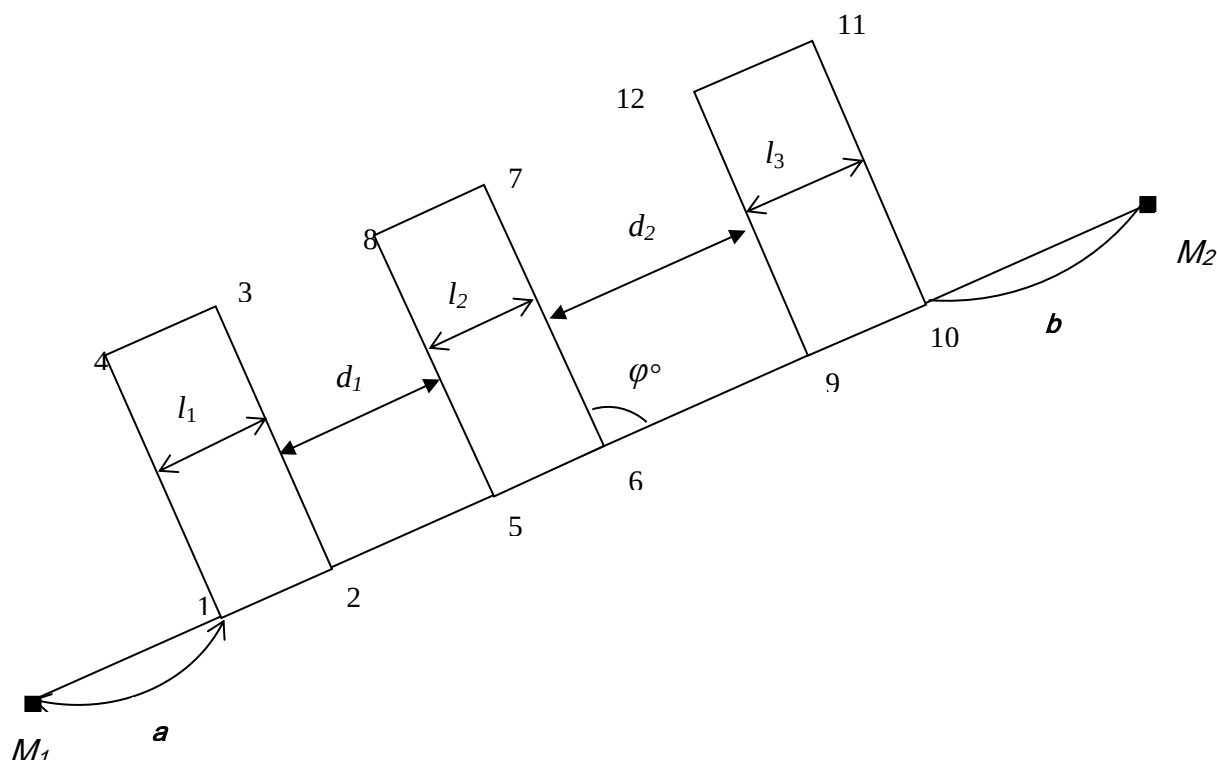


Рис. 1. Схема розміщення будинків кварталу:

l – ширина будинку (м); d – санітарна відстань між будинками (м); φ° – кут між фасадом будинку та лінією забудови

Умова вважається виконаною, якщо значення M_1M_2 , яке отримано за формулою (1.3), і значення M_1M_2 , яке отримано з обчислення оберненої задачі, не перевищує величини:

$$f_s \leq 0,8 M\sqrt{n}, (\text{м}) \quad (1.4)$$

де M – знаменник масштабу плану;
 n – кількість виміряних ліній.

2. Обчислити координати кутів будинків, наприклад, 1, 2, 5, 6, 9, 10, як створних точок червоної лінії, а потім на її основі обчислити координати інших кутів за проектними довжиною та шириною (рис. 2, 3).

Таблиця 2

**Обчислення координат створних точок
(розмічування кварталу)**

№ пунктів	Відстань S, м	Координати, м	
		х	у
M_1			
1			
.....			
			
10			
M_2			

Координати кутів інших будинків обчислюють аналогічно і дані записують до табл. 3.

Таблиця 3

Обчислення координат кутів будинків

№ кутів	Дирекційний кут, °	Розмір будинків, м	Прирости координат, м		Координати, м	
			Δx	Δy	x	y
1						
2						
3						
4						
1						

3. Виконати розрахунок розмічувальних величин і скласти розмічувальне креслення забудови. На кресленні треба вписати необхідні довжини ліній і розмічувальні кути, дотримуючись умови, що середня квадратична похибка розмічування кутів будинку не повинна перевищувати $m_p \leq 25$ мм.

Для цього треба визначити необхідну точність побудови горизонтальних кутів і відстаней для трьох розмічувальних точок з найменшою, середньою та найбільшою відстанями від пунктів опорної мережі.

4. Визначити необхідну точність центрування та установки приладів і візорних пристроїв, а також допустиму похибку фіксування розмічувальної точки.

5. Вибрати інструменти і визначити необхідну кількість прийомів вимірювань кутів та ліній.

6. Коротко описати технологію розмічувальних робіт

Згідно з умовою завдання п 1 - 3 доцільніше виконати в програмі Auto Cad.

2. Розрахунок розмічувальних величин для перенесення проекту забудови в натуру

2.1. Під час розмічування споруд від пунктів геодезичної основи необхідно за їх координатами і проектними координатами відповідних точок підготувати розмічувальні елементи (кути, довжини ліній).

2.2. У випадку використання полярного способу, за різницею кутів обчислюють полярний (розмічувальний) кут і полярну відстань.

2.3. Для розмічування споруди способом прямокутних координат використовують лінії полігонометрії, обчислюють абсцису й ординату розмічувальної точки за формулами:

$$\begin{aligned}x &= (X_P - X_O) \cos \alpha_0 + (Y_P - Y_O) \sin \alpha_0; \\ y &= (Y_P - Y_O) \cos \alpha_0 - (X_P - X_O) \sin \alpha_0,\end{aligned}\quad (2.1)$$

де X_P, X_O та Y_P, Y_O – прямокутні геодезичні координати розмічувальної точки та початку опорної (базової) лінії (рис. 2);

α_0 – дирекційний кут опорної лінії.

Додатна величина X направлена вздовж опорної лінії, від’ємна в зворотному напрямі. Знак ординат вказує на положення шуканої точки відносно опорної: якщо мінус – ліворуч, якщо плюс – праворуч.

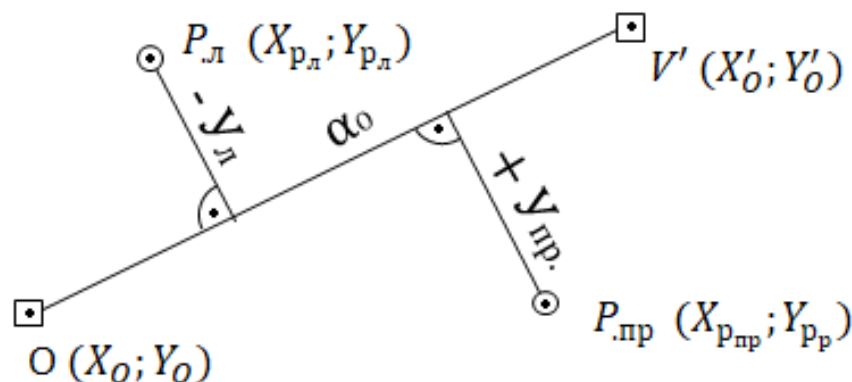


Рис. 2. Схема розмічування точок способом прямокутних координат

Приклад: Для перенесення проекту в натуру обчислені координати рогів будинків.

Таблиця 4

Буд. № 1

№	x	y
1	6286,71	1291,78
2	6298,65	1299,08
3	6329,95	1247,89
4	6318,01	1240,59

Таблиця 5

Буд. № 2

№	x	y
5	6387.38	1353.34
6	6399.32	1360.64
7	6430.62	1309.45
8	6418.68	1302.15

Таблиця 6

Буд. № 3

№	x	y
9	6421.51	1374.21
10	6433.45	1381.51
11	6464.75	1330.32
12	6452.81	1323.02

А також дирекційні кути між пунктами полігонометрії $\alpha_{95-96} = 31^{\circ}26'43''$ і $\alpha_{96-97} = 28^{\circ}56'18''$.

Розглянемо три способи розмічування споруд:

1. Спосіб прямокутних координат.

Обчислюємо значення абсцис та ординат за формулою (2.1) для розпланування першого кута (буд. № 1).

$$X = (X_p - X_0) \cos \alpha_0 + (Y_p - Y_0) \sin \alpha_0 = (6286,71 - 6235,10) \cdot 0,85313 + (1291,78 - 1272,04) \cdot 0,521684 = 54,33 \text{ м};$$

$$Y = (Y_p - Y_0) \cos \alpha_0 - (X_p - X_0) \sin \alpha = (1291,78 - 1272,04) \cdot 0,853139 -$$

$$- (6286,71 - 6235,10) \cdot 0,521684 = -10,08 \text{ м.}$$

Аналогічно обчислюють розмічувальні елементи для інших кутів будинків.

Розрахунок точності розпланування кутів будинків *способом прямокутних координат*:

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + \left(Y \frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + m_y^2 + 2(m_e^2 + m_{e_1}^2 + m_\phi^2)} \quad (2.2)$$

Використовуючи складові елементи формули,

$$\begin{aligned} m &= \frac{vm_p}{\sqrt{2v^2 \pm 1}}; \quad T = \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{2m} \leq 2000; \\ m_\beta &= \frac{m_p}{Y}; \quad m_e = m_{e_1} = m_\phi \leq \frac{m_p}{v\sqrt{6}}; \\ m_x &= \frac{X}{2 \cdot T}; \quad m_y = \frac{Y}{2 \cdot T}, \end{aligned} \quad (2.3)$$

де m – допоміжна похибка; T – знаменник відносної граничної похибки; v – коефіцієнт співвідношення точності ($v = 2, 2,5, 3$).

Маючи, наприклад, координати точки $X = 34 \text{ м}$, $Y = 40 \text{ м}$, прийнявши $v = 2$, отримаємо:

$$T \geq 2000, m_\beta = 55'', m_e = m_{e_1} = m_\phi = 3,4 \text{ мм}, m_x = m_y \approx 12 \text{ мм.}$$

За одержаними результатами вибирають прилади для виконання робіт. Підставивши обчислені елементи за формулами (1.7) в формулу (1.6) знайдемо:

$$m_p = \sqrt{12^2 + \left(\frac{40000 \cdot 55}{200000}\right)^2 + 12^2 + 2(3,4^2 + 3,4^2 + 3,4^2)} = 20 \text{ мм} < 25 \text{ мм.}$$

Як видно із розрахунку, точність розпланування цим способом забезпечується.

2. Спосіб полярних координат.

Розглянемо розмічування точок 3, 7 і 10 способом полярних координат.

За координатами кутів будинків і пунктів полігонометрії, застосовуючи обернену геодезичну задачу, знаходять дирекційні кути та відстані.

Дані наведено для точки 8:

$$\alpha_{96-8} = 312^{\circ}24'20'';$$

$$S_{96-8} = 71,28 \text{ м.}$$

Тоді розмічувальний кут β буде отримано як:

$$\beta = \alpha_{96-97} - \alpha_{96-8} = (28^{\circ}56'18'' + 360^{\circ}) - 312^{\circ}24'20'' = 76^{\circ}31'58''.$$

Далі залишається тільки від вихідного напрямку п. 96 - 97 відкласти отриманні значення: β – розмічувальний кут та S – полярну відстань і зафіксувати на місцевості шукану точку 8.

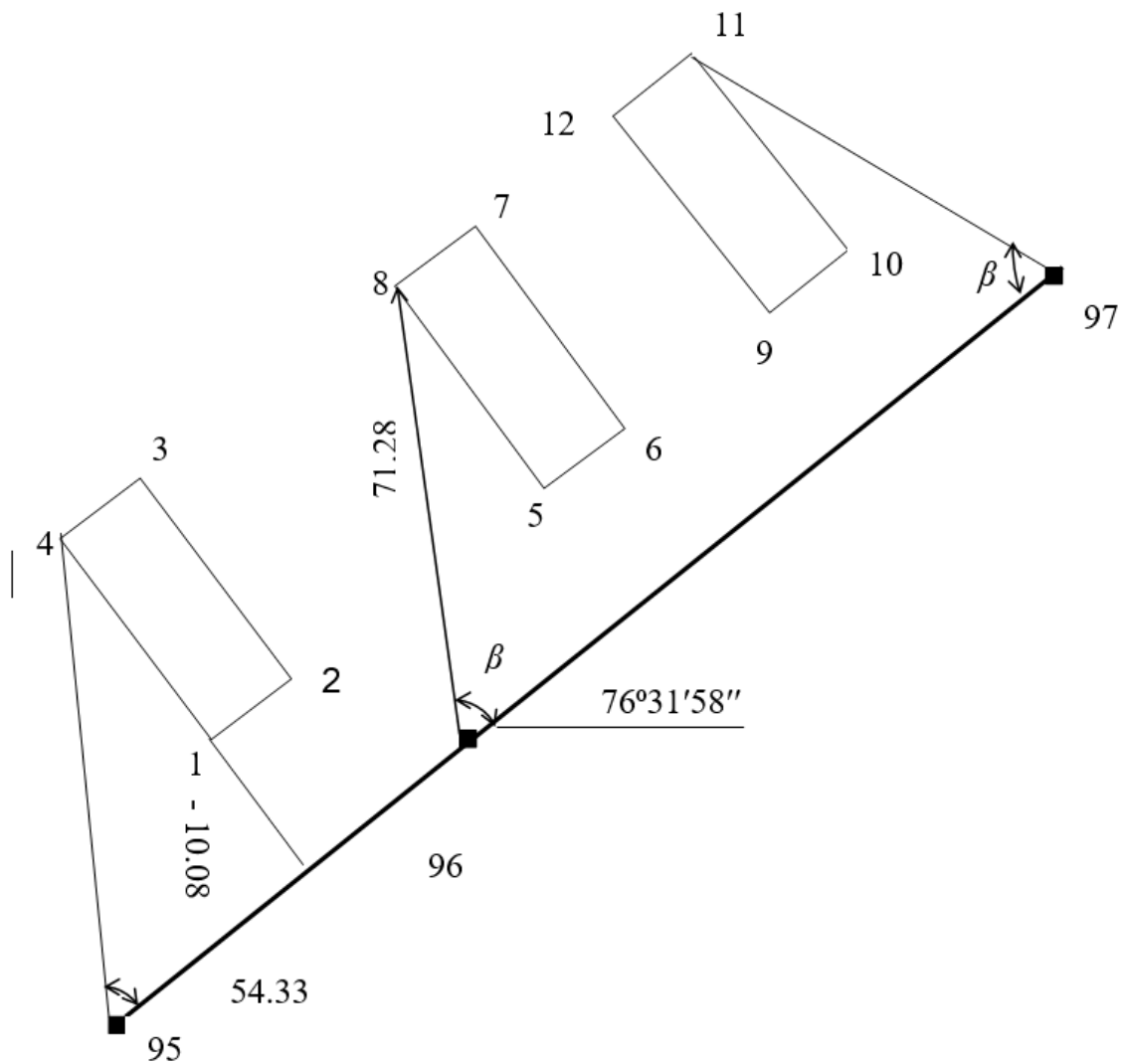


Рис. 3. Розмічувальне креслення

Зробити необхідний розрахунок точності під час застосування цих способів і запропонувати необхідні прилади.

Формула середньої квадратичної похибки розпланування полярним способом має вигляд:

$$m_P = \sqrt{m_S^2 + \left(S \frac{m_\beta}{\rho}\right)^2 + m_l^2 + m_{l_1}^2 + m_\phi^2},$$

де m_β, m_S – середні квадратичні похибки (с.к.п.) відносно побудови кута та ліній;

$m_e^2 = m_{e_1}^2 = m_\phi^2$ – с.к.п. центрування, редукції і фіксації;

S (відстань від пункту до точки) дорівнює, наприклад, 69,620 м.

За умови рівного впливу похибок кутових і лінійних вимірів маємо:

$$m_e^2 = m_{e_1}^2 = m_\phi^2;$$

$$m_\beta = \frac{m_P}{1.5 \cdot S} \leq 49'';$$

$$m_S = \frac{m_P}{1.5} \leq 16,7 \text{ мм};$$

$$m_e = m_{e_1} = m_\phi \leq \frac{m_P}{5,22} = 4,8 \approx 5 \text{ мм};$$

$$m_P = \sqrt{16,7^2 + \left(\frac{69620 \cdot 30''}{200000}\right)^2 + 5^2 + 5^2 + 5^2} \approx 22 < 25 \text{ мм}.$$

При розпланування будинку обома способами доцільно використовувати тахеометри 5"-ої точності, наприклад Leica TS02 plus.

3. Спосіб вільної станції (обернена лінійно-кутова засічка)

Спосіб застосовується, коли неможливо встановити прилад над точкою на місцевості, а також для винесення внутрішньої мережі на будь-якому монтажному горизонті при будівництві висотної споруди.

Для розв'язку оберненої засічки розглядається спосіб визначення координат точки Р за виміряними на ній горизонтальними кутами β_1 і β_2 та довжиною променя S_2 до опорного пункту 2 (рис. 4).

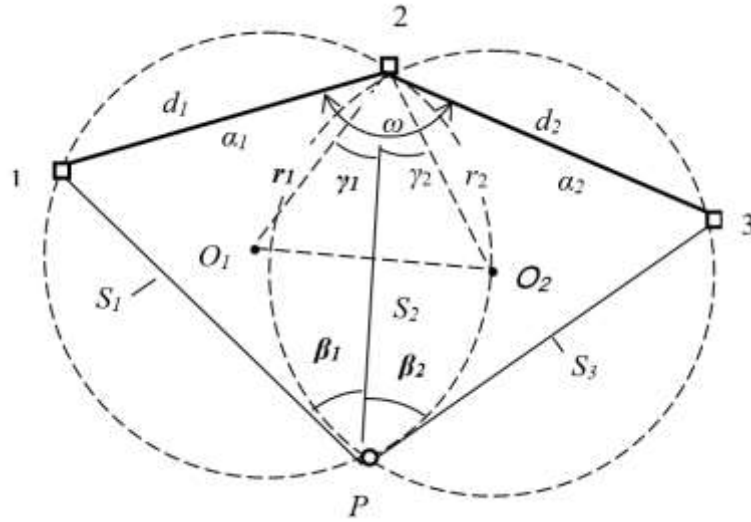


Рис. 4. Схема оберненої лінійно-кутової засічки

При ручних методах можна користуватися простим і наочним способом розв'язку задачі, в основу якого покладено визначення допоміжного кута γ для обчислення азимута α_{P-2} променя засічки та його довжини S_2 .

За відомих координат X_i, Y_i опорних пунктів 1, 2, 3 довжин d_1, d_2 та азимутів α_1, α_2 опорних сторін обчислюють довжини радіусів r_1, r_2 кіл, проведених через два опорних пункти й визначуваний пункт P та визначення кутів γ, γ_1 і γ_2 за формулами

$$\gamma = \omega + \beta_1 + \beta_2 - 180^\circ; \quad r_1 = \frac{d_1}{2 \cdot \sin \beta_1}; \quad r_2 = \frac{d_2}{2 \cdot \sin \beta_2}; \quad (2.5)$$

$$\gamma_1 = \arctg \frac{\frac{r_1 - \cos \gamma}{r_2}}{\sin \gamma}; \quad \gamma_2 = \arctg \frac{\frac{r_2 - \cos \gamma}{r_1}}{\sin \gamma}. \quad (2.6)$$

Контроль обчислень:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2; \quad L = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 - 2 \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot \cos \gamma}; \quad K = \frac{\sin \gamma}{L};$$

$$\gamma_1 = \arccos(Kr_2); \quad \gamma_2 = \arccos(Kr_1),$$

де L – відстань між центрами кіл O_1 і O_2 , яка перпендикулярна до шуканої сторони $2-P$. Далі обчислюють значення азимута променя засічки $2-P$ та його довжину:

$$\alpha_{2-P} = \alpha_1 + 90^\circ + \beta_1 - \gamma_1; \quad S_2 = 2r_1 \cos \gamma_1; \quad (2.7)$$

Контроль обчислень:

$$\alpha_{2-P} = \alpha_2 + 90^\circ - \beta_2 + \gamma_2; \quad S_2 = 2r_2 \cos \gamma_2.$$

За наявності тахеометра доцільніше користуватися оберненою лінійно-кутовою засічкою, яка практично зводиться до двопроменевої засічки з вимірюванням двох сторін S_1, S_2 та одного кута β на два опорні пункти A і B . Опрацювання результатів вимірювань, як і розрахунок точності засічки, ведеться на ПК. Для ручного розрахунку точності положення точки нижче наведено такі формули:

$$m'_x = \frac{m_s}{\sin \gamma} \sqrt{\sin^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_2}; \quad (2.8)$$

$$m'_y = \frac{m_s}{\sin \gamma} \sqrt{\cos^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_2};$$

$$m''_p = \frac{S_1 S_2 m_\beta}{L_{12} \rho}; \quad \alpha_R = \alpha_1 + \alpha_2 + 90^\circ - \alpha_{12};$$

$$m''_x = m''_p \cos \alpha_R; \quad m''_y = m''_p \sin \alpha_R; \quad (2.9)$$

$$m_x = \frac{m'_x m''_x}{\sqrt{(m'_x)^2 + (m''_x)^2}}; \quad m_y = \frac{m'_y m''_y}{\sqrt{(m'_y)^2 + (m''_y)^2}}; \quad (2.10)$$

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}, \quad (2.11)$$

де $\gamma = \alpha_1 - \alpha_2$ – кут засічки; α_R – азимут напрямку PO на центр кола, проведеного через опорні пункти та визначувану точку; $L_{1,2}$ – відстань між опорними пунктами.

Перші і другі формули передають відповідно похибки лінійно-кутової частин засічки, а остання – сумарні похибки по осях координат і загальну похибку планового положення точки.

Приклад:

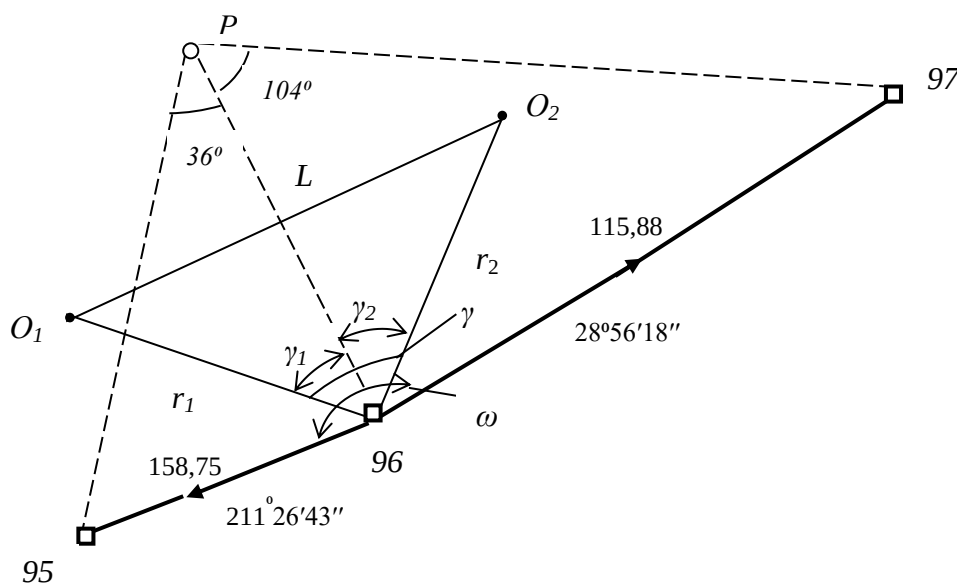


Рис. 5. Спосіб вільної станції

$$\omega = \alpha_{96-97} - \alpha_{96-95} = 28^{\circ}56'18'' + 360^{\circ} - 211^{\circ}26'43'' = 177^{\circ}29'35'';$$

$$r_1 = \frac{d_1}{2 \sin \beta_1} = \frac{158.75}{1,175570} = 135,041 \text{ м};$$

$$r_2 = \frac{d_2}{2 \sin \beta_2} = \frac{115,88}{1,940591} = 59,714 \text{ м};$$

$$\gamma = 177^{\circ}29'35'' + 36^{\circ} + 104^{\circ} - 180^{\circ};$$

$$\gamma_1 = \arctg \frac{\left(\frac{r_1}{r_2} - \cos \gamma\right)}{\sin \gamma} = \arctg \frac{\left(\frac{135,041}{59,714} + 0,737195\right)}{0,675679} = 77^{\circ}18'08'';$$

$$\gamma_2 = \arctg \frac{\left(\frac{r_2}{r_1} - \cos \gamma\right)}{\sin \gamma} = \arctg \frac{\frac{59,714}{135,041} + 0,737195}{0,675679} = 60^{\circ}11'26''.$$

Контроль обчислень:

$$L = \sqrt{135,041^2 + 59,714^2 - 2 \cdot 135,041 \cdot 59,714 \cdot (-0,737195)} = 183,551 \text{ м};$$

$$K = \frac{\sin \gamma}{L} = \frac{0,676108}{183,551} = 0,003681;$$

$$\gamma_1 = \arccos(Kr_1) = \arccos(0,003681 \cdot 59,714) = 77^{\circ}18'08'';$$

$$\gamma_2 = \arccos(Kr_2) = \arccos(0,003681 \cdot 135,041) = 60^{\circ}11'33'';$$

$$\gamma' = 60^{\circ}11'33'' + 77^{\circ}18'08'' = 137^{\circ}29'41'';$$

$$f_{\gamma} = \gamma' - \gamma = 137^{\circ}29'41'' - 137^{\circ}29'35'' = +6'';$$

$$\alpha_P = \alpha_{96-95} + 90^{\circ} - \beta_1 + \gamma_1 = 211^{\circ}26'43'' + 90^{\circ} - 36^{\circ} + 77^{\circ}18'08'' = 342^{\circ}44'51'';$$

$$S = 2r_1 \cos \gamma_1 = 59,37 \text{ м};$$

$$X_P = X_{96} + 59,37 \cdot \cos 342^{\circ}44'51'' = 6370,540 + 56,699 = 6427,239 \text{ м};$$

$$Y_P = Y_{96} + 59,37 \cdot \sin 342^{\circ}44'51'' = 1354,860 - 17,608 = 1337,252 \text{ м}.$$

Обчислені дані заносять до табл. 7:

Таблиця 7

№ точок	X	Y	α	S.	γ_1	γ_2	β_1	β_2
95								
96								
P								

97								

Оцінка точності

Для засічки точки, віддаленої від опорних пунктів на відстані 59,367 м і 202,910 м з кутом 36° між ними, які вимірюватимуться відповідно з похибками 3 мм і $3''$, із розрахунку отримаємо:

$$m'_x = \frac{3}{\sin 36^\circ 00' 01''} \sqrt{\sin^2 198^\circ 44' 50'' + \sin^2 162^\circ 44' 51''} = 3,8 \text{ мм};$$

$$m'_y = \frac{3}{\sin 36^\circ 00' 01''} \sqrt{\cos^2 198^\circ 44' 50'' + \cos^2 162^\circ 44' 51''} = 11,7 \text{ мм};$$

$$m''_p = \frac{S_1 S_2 m_\beta}{L_{1,2} \rho} = \frac{202.910 \cdot 59.367 \cdot 5''}{158.75 \cdot 206265''} = 0,02;$$

$$\alpha_p = 198^\circ 44' 50'' + 162^\circ 44' 51'' + 90^\circ - 36^\circ 00' 01'' = 55^\circ 29' 40'';$$

$$m''_x = 0.002 \cdot \cos 55^\circ 29' 40'' = 0,001;$$

$$m''_y = 0.002 \sin 55^\circ 29' 40'' = 0,002;$$

$$m_x = \frac{3,8 \cdot 0,001}{\sqrt{3,8^2 + 0,001^2}} = 1 \text{ мм};$$

$$m_y = \frac{11,7 \cdot 0,002}{\sqrt{11,7^2 + 0,002^2}} = 2 \text{ мм};$$

$$m_p = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} = 2,2 \text{ мм}.$$

2.4. Редукування пунктів для остаточного закріплення на місцевості.

Спосіб використовують для точного або високоточного перенесення в натуру проектних точок (рис. 6).

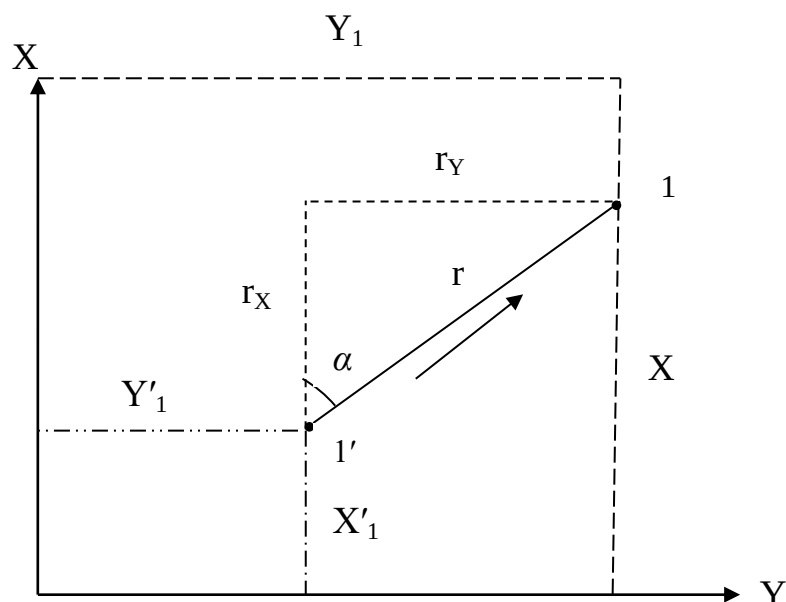


Рис. 6. Визначення елементів редукцій

Для зміщення точки в проектне положення обчислюють елементи редукцій:

$$\begin{aligned} r_X &= X_1 - X'_1; \\ r_Y &= Y_1 - Y'_1; \\ r &= \sqrt{r_X^2 + r_Y^2}; \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{r_Y}{r_X}\right) + 360^\circ \quad (180^\circ) - \text{при } r_X < 0 \text{ береться } 180^\circ,$$

де r_X, r_Y – редукції в системі прямокутних координат; α, r – редукції в системі полярних координат; $X_1, Y_1; X'_1, Y'_1$ – проектні та фактичні координати точки 1.

Якщо $r < 200$ мм, то для переміщення точки в проектне положення застосовують спосіб прямокутних координат з використанням редукцій r_X, r_Y , а якщо $r > 200$ мм, то спосіб полярних координат за α, r .

Приклад:

Різниця між фактичними обчисленими координатами точки (місце стояння приладу) і її проектними координатами становить:

$$r_X = 6452,81 - 6427,24 = 25,27 \text{ м};$$

$$r_Y = 1323,02 - 1337,25 = -14,23 \text{ м};$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{-14,23}{25,27}\right) + 360^\circ = 330^\circ 36' 56'';$$

$$r = \sqrt{(25,27)^2 + (-14,23)^2} = 29,0 \text{ м};$$

$$\beta = \alpha_{P-12} - \alpha_{P-96} = 330^\circ 36' 56'' - (342^\circ 44' 51'' - 180^\circ) = 167^\circ 52' 05''.$$

Дані заносять до табл. 8.

Таблиця 8

№	Координати, м		β	α_{P-12}	r
	X	Y			
P	6427,24	1337,25	167°52'05"	330°36'56"	29,0
12	6452,81	1323,02			

3. Проект вертикального планування майданчика

3.1. Проект розробляють у межах території мікрорайону на топографічному плані масштабу 1:500. У нашому випадку його виконують на основі топографічного плану масштабу 1:2000, будуючи від червоних

ліній сітку квадратів зі сторонами 1 см і заготовляючи подібну сітку зі сторонами 4 см на окремому аркуші. В окремих випадках вертикальне планування виконують для кожного будинку окремо.

Потім за горизонталями топоплану знаходять позначки вершин квадратів і виписують їх на робочій схемі праворуч від вершини під горизонтальною лінією сітки (рис. 7).

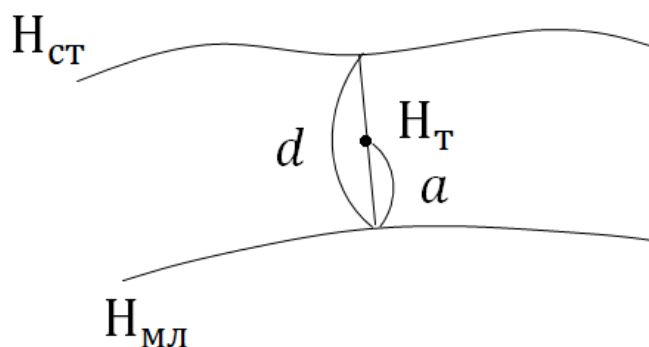


Рис. 7. Робоча схема

$$H_m = H_{мл} + \frac{a}{d} H_o, \quad (3.1)$$

де a – відстань від молодшої горизонталі до точки;
 d – відстань між горизонталями;
 H_o – переріз рельєфу.

3.2. Користуючись методами геометрії, визначають центр ваги майданчика O , навколо якого можна буде здійснювати нахил січної площини до заданого варіантом завдання нахилу I .

Для складної фігури можна використати закон рівноваги тіла і обчислити віддалення центра ваги майданчика d_1 і d_2 відповідно від першої та другої ділянки:

$$d_1 = d_0 \frac{F_2}{F_1 + F_2}; \quad d_2 = d_0 \frac{F_1}{F_1 + F_2}; \quad (3.2)$$

де d_0 – відстань між центрами ваги двох ділянок;
 F_1, F_2 – площа ділянок.

3.3. Проект планування майданчика складають графоаналітичним способом. Для цього визначають позначку Z_o – центра ваги, для чого умовно задають позначку січної горизонтальної площини Z'_o (найменша ціла позначка) і вираховують від неї умовні висоти вершин квадратів:

$$(3.3) \quad h_i = H_i - Z'_0,$$

де H_i – позначка вершин квадратів, які записують до табл. 9.

Таблиця 9

Визначення позначки центра ваги

№ квадратів	Умовні позначки			
	h_i^I	h_i^{II}	h_i^{III}	h_i^{IV}
1				
2				
3				
4				
20				
Σ				

Використовуючи сумарні значення умовних позначок обчислюють Z_0 .
Тоді:

$$Z_0 = Z'_0 + \frac{\Sigma h^I + 2 \Sigma h^{II} + 3 \Sigma h^{III} + 4 \Sigma h^{IV}}{4k}, \quad (3.4)$$

де $\Sigma h^I, \Sigma h^{II}, \Sigma h^{III}, \Sigma h^{IV}$ – суми умовних позначок вершин, що належать відповідно одному, двом, трьом і чотирьом квадратам;
 k – кількість квадратів майданчика.

3.4. Провести на плані лінію головного ухилу I , за його дирекційним кутом a :

$$I = 0,010 + 0,001 N, \quad (3.5)$$

де N – студента за списком групи.

Знайти положення двох найближчих до центра ваги проектних горизонталей за відстанями:

$$a = \frac{Z_0 - Z_M}{I}; \quad b = \frac{Z_C - Z_0}{I}, \quad (3.6)$$

де Z_M, Z_C , – позначка молодшої і старшої проектних горизонталей;
 a – відстань від молодшої горизонталі;

b – відстань від старшої горизонталі.

Одночасно обчислюють відстань між проектними горизонталями:

$$l = h_0/I = a + b \quad , \quad (3.7)$$

де h_0 – висота перерізу проектного рельєфу, який приймається 0,20 або 0,25 м за варіантом або вказівкою викладача. Контроль: $a + b = l$.

3.5. На робочій схемі перпендикулярно до лінії максимального похилу з інтервалом l проводять проектні горизонталі, за допомогою яких квадратів і записують їх над фактичними (чорними) позначками рельєфу.

3.6. Обчислюють робочі позначки квадратів, які записують ліворуч від проектних:

$$r = Z_i - H_i. \quad (3.8)$$

Користуючись робочими позначками, методом інтерполяції, знаходять положення на робочій схемі лінії нульових робіт.

3.7. Обчислюють об'єм земляних робіт в кожному квадраті (виїмка, насип), користуючись схемами робочих позначок і відповідними формулами:

$$V_H = \frac{c^2}{4} (r_1 + r_2 + r_3 + r_4); \quad (3.9)$$

$$\begin{cases} V_H = \frac{c^2}{8} (r_1 + r_2) \cdot \left(\frac{r_1}{r_1 - r_4} + \frac{r_2}{r_2 - r_3} \right) \\ V_H = \frac{c^2}{8} (r_3 + r_4) \cdot \left(\frac{r_4}{r_4 - r_1} + \frac{r_3}{r_3 - r_2} \right) \end{cases} ; \quad (3.10)$$

$$\begin{cases} V_H = \frac{c^2}{4} (r_1 + r_2 + r_3 + r_4) - V_B; \\ V_B = \frac{c^2}{6} \cdot k_4 \cdot r_4 \end{cases} ; \quad (3.11)$$

$$\begin{cases} V_H = \frac{c^2}{8} (r_1 + r_2) \cdot [2 - (k_2 + k_4)] \\ V_B = V'_B + V''_B = \frac{c^2}{6} (k_2 r_2 + k_4 r_4) \end{cases} ; \quad (3.12)$$

$$k_2 = \frac{r_2^2}{(r_2 - r_1)(r_2 - r_3)}; \quad k_4 = \frac{r_4^2}{(r_4 - r_1)(r_4 - r_3)}, \quad (3.13)$$

де C – сторона квадрата;
 r_i – робочі позначки, взяті зі своїми знаками (рис. 8).

Формула (3.9) застосовується тоді, коли всі робочі позначки мають один знак; (3.10) – коли r_1 і r_2 одного знаку, r_3 і r_4 – іншого; (3.11) – коли r_1 , r_2 і r_3 одного знаку, а r_4 іншого; (3.12) – коли r_1 і r_3 одного знаку, а r_2 і r_4 іншого (рис. 7).

Об'єм земляних робіт визначає його знак: «+» – насип, «-» – виїмка. Обчислення необхідно виконувати строго з урахуванням знаків робочих позначок.

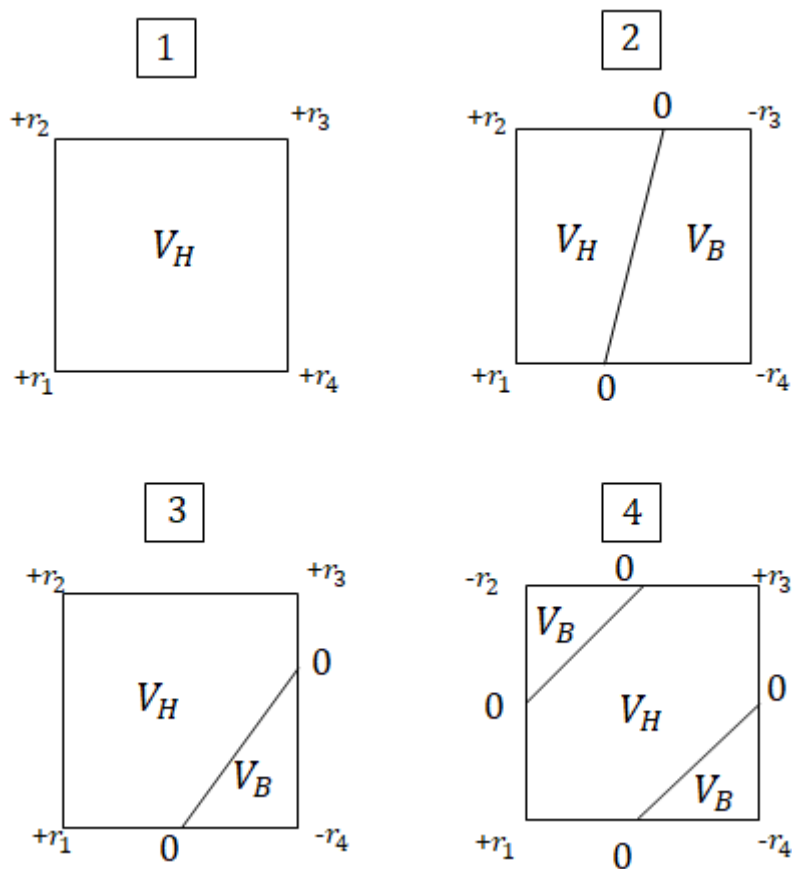


Рис. 8. Схема обчислення обсягу земляних робіт

За обчисленими обсягами складають картограму земляних робіт, відтіняючи відмивкою місця насипу і виїмки та вказуючи на них об'єм в м^3 на кожному квадраті. Потім складають таблицю балансу (табл. 10), тобто різницю суми всіх виїмок та насипів. Розходження в балансі не повинно перевищувати 5 % від загального обсягу насипу і виїмки.

Таблиця 10

Обчислення об'єму земляних робіт

№ квадрата	Об'єм, м ³	
	V_H (насип)	V_B (виїмка)
1		
2		
3		
.....		
К		
Σ		

$$\text{Баланс } B = \Sigma V_H - \Sigma V_B; \quad B \% = \frac{B \cdot 100}{\Sigma V_H + \Sigma V_B} \leq 5 \%.$$

Приклад: територія мікрорайону для вертикального планування розподілена на декілька будівельних майданчиків.

Для першого майданчика заданий нахил $I = 0,013$, задана висота перетину проектного рельєфу – $h_0 = 0,20$ м. Із наведеної на рис. 5 робочої схеми отримані позначки усіх вершин квадратів.

Найменша ціла позначка $Z'_0 = 186,0$, а суми умовних позначок будуть складати $\Sigma h^I = 7,84$, $2\Sigma h^{II} = 54,0$, $4\Sigma h^{IV} = 76,24$, тоді позначка центра ваги буде:

$$Z_0 = 186 + \frac{7,84 + 54,00 + 76,24}{4 \cdot 12} = 188,88.$$

Будівельний майданчик № 1

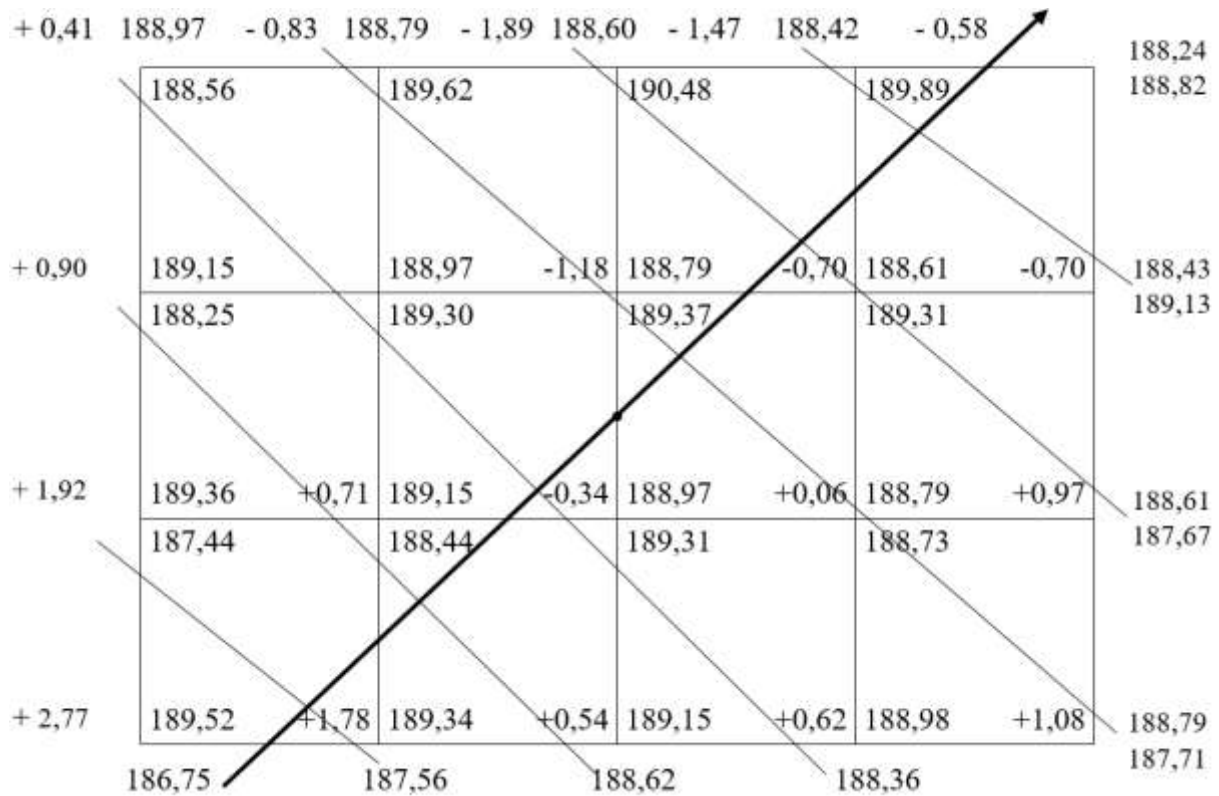


Рис. 9. Робоча схема вертикального планування

Далі визначаємо відстані між проектними горизонталями:

$$Z_M = 188,80 \text{ м}; \quad a = \frac{188,88 - 188,00}{0,013} = 6,15 \text{ м};$$

$$Z_C = 189,00 \text{ м}; \quad b = \frac{189,00 - 188,88}{0,013} = 9,23 \text{ м};$$

$$l = 6,15 + 9,23 = 0,20 / 0,013 = 15,38 \text{ м}.$$

Визначивши робочі позначки, проводять лінію нульових земляних робіт, і нарешті, складають картограму земляних робіт (рис. 10) та підраховують об'єми.

Будівельний майданчик № 1

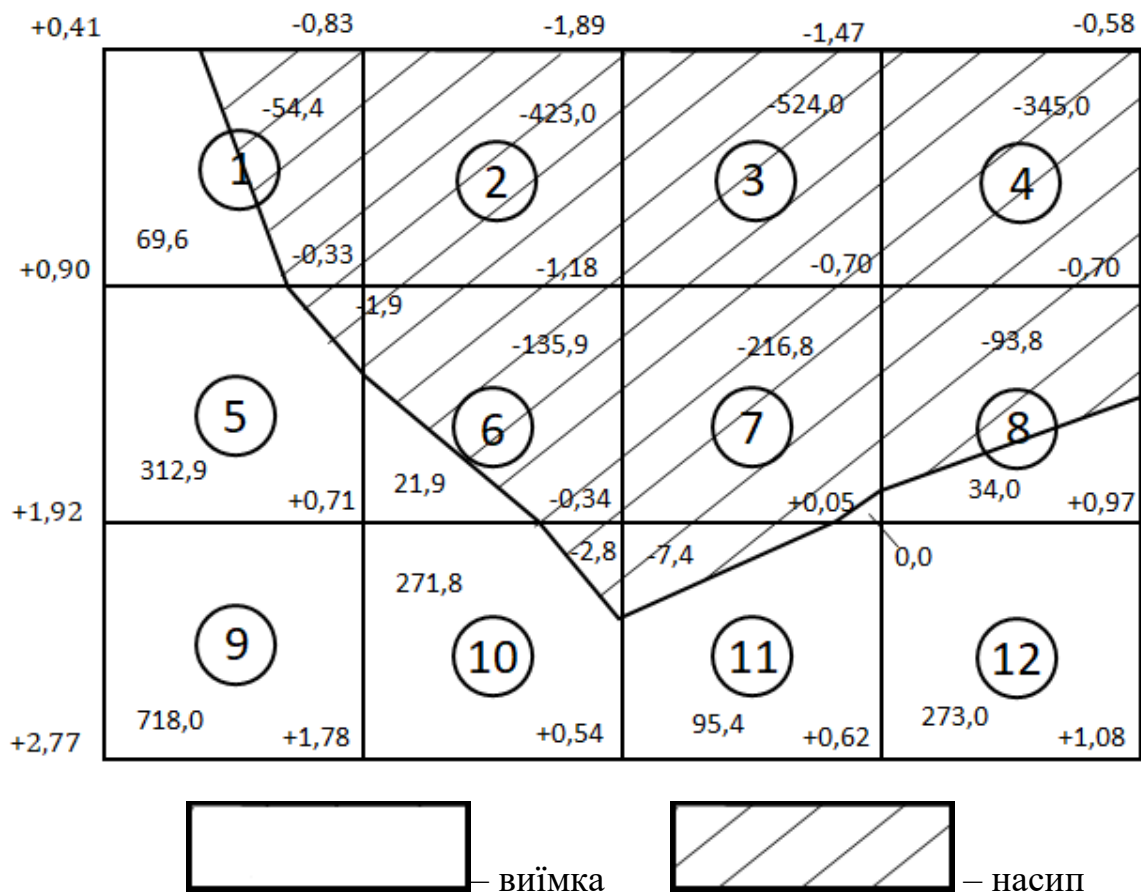


Рис. 10. Картограма земляних робіт

У цьому випадку $\sum V_H = 1805,6 \text{ м}^3$; $\sum V_B = -1804,2 \text{ м}^3$;

$B = 1805,6 - 1804,2 = 1,4 \text{ м}^3$;

$B \% = \frac{1,4}{3609,8} = 0,04 \% < 5 \%$.

4. Вертикальне планування майданчика по способу найменших квадратів

Спосіб дозволяє планувати території з дотриманням мінімуму земляних робіт. Задача вирішується за попередніми даними, що виписані на сітці квадратів

4.1. Південно-західну вершину сітки квадратів приймають за початок, записують у розрахункову відомість координати кожної вершини і умовну відмітку $h_i = H_i - Z'_0$. Далі обчислюють коефіцієнти нормальних рівнянь типу:

$$\begin{aligned} n'Z_0 + [x]i_x + [y]i_y - [h] &= 0; \\ [x]Z_0 + [xx]i_x + [xy]i_y - [xh] &= 0; \\ [y]Z_0 + [yy]i_y + [xy]i_x - [yh] &= 0; \end{aligned} \quad (4.1)$$

де x, y – координати вершин сітки квадратів в метрах; h – висота вершини над умовним горизонтом в метрах; Z_0 – шукана висота проектної відмітки січної площини над умовним горизонтом в початку координат, м; i_x, i_y – шукані уклони січної площини на осях координат; n – число вершин сітки квадратів, включаючи початок координат.

Додатні величини уклонів збігаються з позитивним напрямом осей координат, а від'ємні – негативним.

4.2. Розв'язуючи систему трьох рівнянь методом Гауса або за правилом Крамера, знаходять величини Z_0, i_x, i_y . Для симетричної системи, коли початок координат знаходиться в центрі ваги майданчика, величини

$$[x] = 0, [y] = 0, [xy] = 0,$$

і тоді

$$Z_0 = \frac{[h]}{n}; \quad i_x = \frac{[xh]}{[xx]}; \quad i_y = \frac{[yh]}{[yy]}. \quad (4.2)$$

4.3. Проектну відмітку будь-якої вершини квадрата можна визначити за формулою:

$$Z = Z'_0 + Z_0 + xi_x + yi_y, \quad (4.3)$$

де x, y – координати вершин.

4.4. Робочі відмітки обчислюють за формулою (3.8), використовуючи табл. 11. У кінці розрахунку ведуть контроль за формулою $[xr] = 0, [yr] = 0$, що вказуватиме на забезпечення мінімуму земляних робіт (баланс наближений). Далі розрахунки ведуть за формулами попередньої роботи.

4.5. Обчислення відміток вести до 0,01 м, а уклонів до 0.0001.

4.6. У кінці обчислень знаходять загальний уклон майданчика та його дирекційний кут.

Таблиця 11

№ вершин	x	y	h	xx	yy	xy	xh	yh	$Z_0 + Z_0$	xi_x	yi_y	Z	H	r	xr	yr
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n																
Σ																

$$(4.5) \quad i = \sqrt{i_x^2 + i_y^2} \quad ;$$

$$\alpha_i = \arctg \frac{i_y}{i_x}.$$

Здачі підлягають матеріали;

1. Схема нівелірної сітки квадратів майданчика та картограма земляних робіт в масштабі 1:500.
2. Схема розпланування проектних відміток вершин квадратів.
3. Відомість обчислень.

5. Геодезичні роботи при розмічуванні мостових опор

5.1. На тому ж топографічному плані обрано місце мостового переходу через р. Уж з метою трасування обхідної автодороги (район виноградника – шляхопровід через залізницю). Позначка вищого історичного горизонту ріки становить 187,0 м.

Загальна довжина моста 150 - 180 м з прогонами: центральним, що розміщений над фарватером, і двома боковими, що пролягають над суходолом. Довжина бокових прогонів L приймається рівною 21 або 42 м, а центрального – задається варіантом проекту

$$L_{\text{ц}} = 41,500 + 0,500 \text{ №.} \quad (5.1)$$

5.2. Для заданих величин прогонів необхідно скласти на топоплані схему мостової тріангуляції, сумістивши її з проектом розміщення центрів опор на осі моста. Виміряти графічно відстані a і b від берегових (крайніх) опор до пунктів A і B мостової тріангуляції (рис. 11). Ці відстані виправляють так, щоб виконувалась рівність

$$a + \sum_{i=1}^n l + b, \quad (5.2)$$

де $\sum l$ – сума всіх прогонів моста.

За погодженими віддальми обчислюють координати центрів мостових опор.

5.3. Для розмічування центрів опор моста використати спосіб лінійно-кутової засічки або полярний спосіб

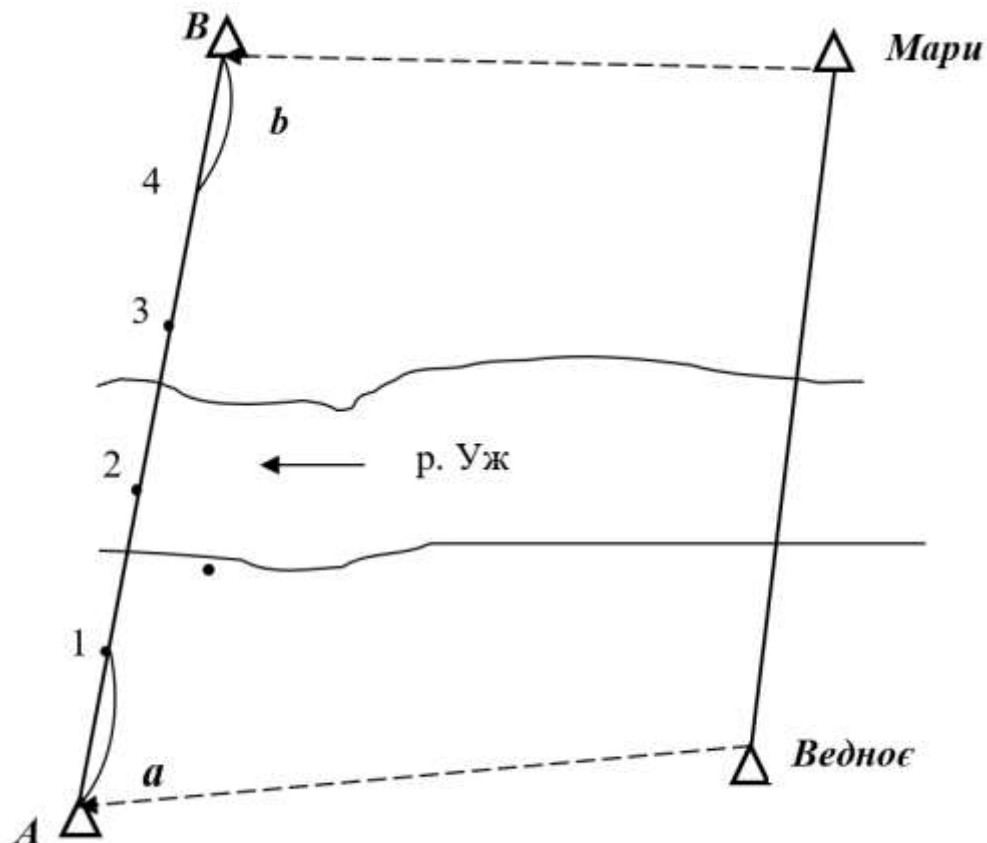


Рис. 11. Схема розміщення опор моста та пунктів мостової тріангуляції

5.4. За отриманими координатами центрів опор і пунктів мостової тріангуляції обчислити розмічувальні елементи (кути, відстані).

5.5. Скласти розмічувальне креслення, на якому повинні бути виписані розмічувальні дирекційні кути, відстані. Його будують у довільному масштабі, але всі розмічувальні величини повинні бути чітко і ясно записані.

5.6. Визначити середньоквадратичну похибку розмічування середньої та двох крайніх опор моста для прямої кутової засічки. Середня квадратична похибка положення опори $m_0 \leq 12$ мм.

5.7. Вибрати необхідні інструменти для розпланування моста, визначити кількість прийомів виміру розмічувального кута, запропонувати і описати методику розмічувальних робіт та контрольних вимірів.

Приклад. По осі моста AB запроектовано 4 мостових опори. Аналітично обчислена відстань між пунктами мостової тріангуляції $AB = 256,044$ м.

Графічно виміряні відстані до центрів крайніх мостових опор: $a = 87,000$ м і $b = 42,000$ м. Вирахувана довжина лінії AB буде:

$$AB = 42 + 42 + 43 + 42 + 87 + 256,000 \text{ м.}$$

Лінійна нев'язка становить $f_s = -0,044$ м.

Після розподілу нев'язки обчислюємо координати центрів мостових опор, використовуючи пряму геодезичну задачу.

Таблиця 12

№ опори	X, м	Y, м
1	6464,846	1052,167
2	6511,846	1052,167
3	6554,846	1052,167
4	6596,846	1052,167

Таблиця 13

Розрахунок розмічувальних елементів

Напрямок	$\alpha_{\text{вихідне}}$	$\alpha_{\text{визначуване}}$	$\beta, ^\circ$	S, м	$\gamma, ^\circ$
Веднос-1 Мари-1	5°33'01" 185°33'01"	313°40'54" 220°59'48"	51°52'07" 35°26'47"	186,577 253,033	92°41'06"

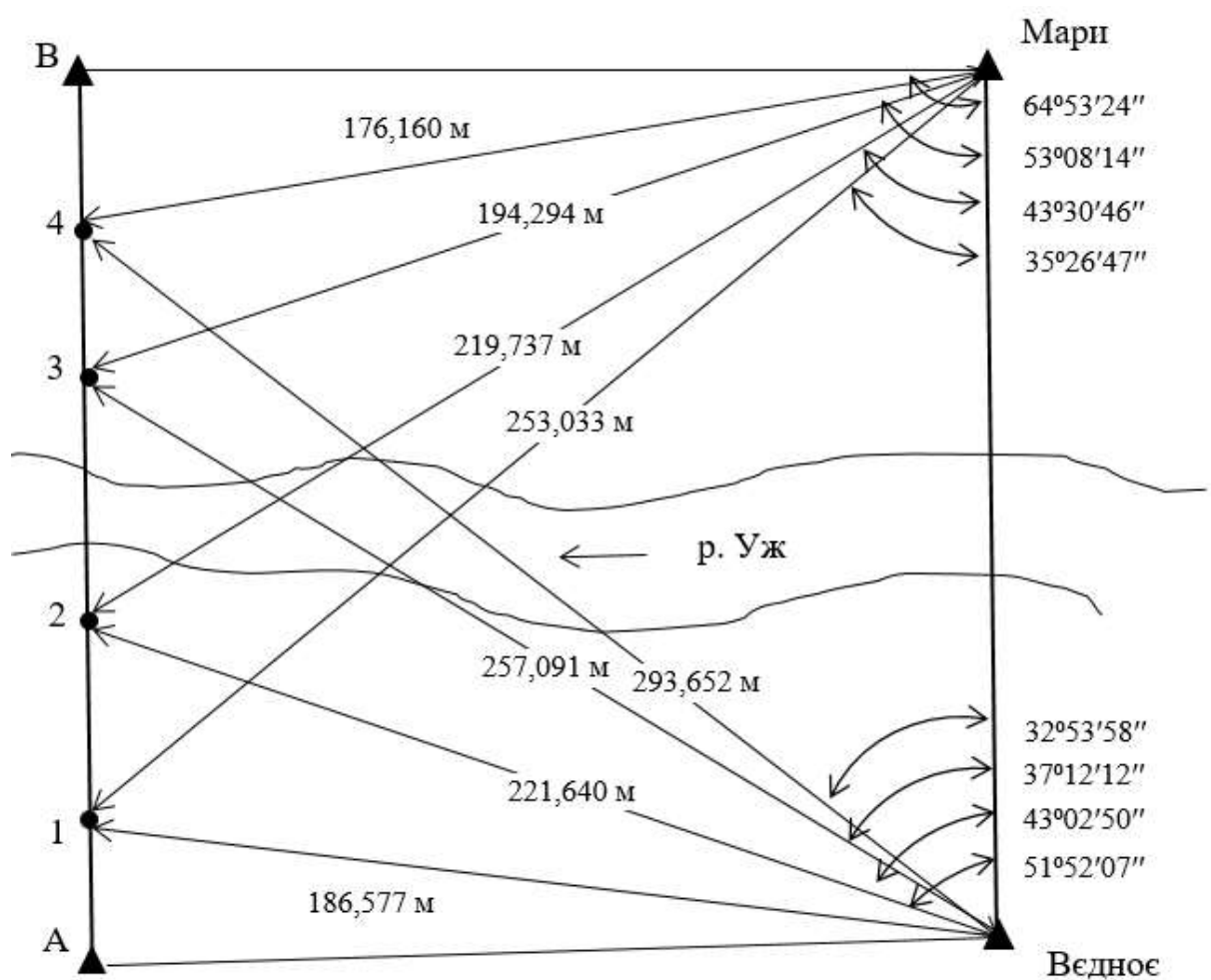


Рис. 12. Розмічувальне креслення

Розрахунок точності при застосуванні однократної прямої кутової засічки (для опори № 4).

У цьому способі похибка визначення положення точки буде:

$$m_P = \sqrt{m_X^2 + m_Y^2}, \quad (5.3)$$

а її проекції на осі координат:

$$m_X = \frac{m_P}{\rho \sin \gamma} \cdot \sqrt{(S_1 \cos \alpha_2)^2 + (S_2 \cos \alpha_1)^2}; \quad (5.4)$$

$$m_Y = \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \cdot \sqrt{(S_1 \sin \alpha_2)^2 + (S_2 \sin \alpha_2)^2}, \quad (5.5)$$

де $S_1; S_2; \alpha_1; \alpha_2$ – відповідно довжина ліній засічки і дирекційні кути напрямків засічок; γ – кут при вершині засічки; m_β – середня квадратична похибка побудови кута.

За умовою $m_0 = 12$ мм і $S = 293\,652$ мм;

$$m_\beta = \frac{12 \cdot 206265}{293652} = 8'', \text{ тобто точність може забезпечити теодоліт Т-5;}$$

$$m_X = \frac{5''}{200000 \sin 93^\circ} \cdot \sqrt{(293652 \cdot \cos 250^\circ)^2 + (176160 \cdot \cos 332^\circ)^2} = 4,6 \text{ мм;}$$

$$m_Y = \frac{5''}{200000 \sin 93^\circ} \cdot \sqrt{(293652 \cdot \sin 250^\circ)^2 + (176160 \cdot \sin 332^\circ)^2} = 7,2 \text{ мм.}$$

$$\text{Тоді: } m_P = \sqrt{4,6^2 + 7,2^2} = 8,5 \text{ мм} < 12 \text{ мм.}$$

Таку точність може забезпечити тахеометр типу Leica TS02 plus.

6. Виконавче знімання підкранових колій і визначення елементів рихтовки

Від тривалої експлуатації, постійного навантаження і осідань фундаментів виникає горизонтальна та вертикальна деформація колій по яких рухається мостовий кран.

Основні вимоги БНП до монтажу підкранових шляхів для залізобетонний і сталевих конструкцій:

1. Відхилення осі підкранових рейок від прямої ± 15 мм на ділянці завдовжки 40 м.

2. Відхилення відстані між осями підкранових рейок одного прольоту ± 10 мм.

3. Різниця відміток головних підкранових рейок в одному прольоті ± 20 мм.

Для вивіряння прямолінійності рейок застосовують переважно спосіб бокового нівелювання, а для нівелювання головок рейок – геометричне нівелювання.

Для контролю прямолінійності і паралельності рейок виконують виконавчі зйомки від двох, в загальному випадку, непаралельних створів X_1 і X_2 (рис. 13). Початкові і кінцеві точки створів вибирають довільно на кінцях ділянки підкранових колій. Частіше за все їх суміщують з віссю

рейки. За допомогою теодоліту, лазерного візиру або струни, орієнтованих по лінії створів, способом бокового нівелювання вимірюють відхилення a_{1i} і a_{2i} осей рейок від своїх створів, де i – номер біжучої точки створу (1, 2, ..., n); n – кількість точок одного створу. Виміряним відхиленням надаються знаки: «+» – якщо вісь рейки зміщена праворуч від створу і «-» – якщо ліворуч. Результати виміряних відхилень зведено в табл. 11. У таблиці № – номер варіанта.

Таблиця 14

Відхилення осей рейок за результатами зйомок

№ ряду колон	β	Виміряні відхилення рейок від створу, мм		a	βa	Ординати вирівнюваних прямих, мм		Елементи рихтовки рейок, мм	
		a_1	a_2			y_1	y_2	δ_1	δ_2
1		0	0						
2		-7	9						
3		-9	12						
4		-14	16						
5		-16	№						
6		№	10						
7		-10	8						
8		-12	12						
9		2	4						
10		0	0						
Σ									

Задача вирішується за допомогою методу найменших квадратів, в основу якого покладено знаходження розташованих прямих для лівої та правої рейок. Положення вирівнюючої прямої лівої рейки визначається ординатами початкової і кінцевої точок:

$$y_{1.1} = C_1[a] - C_2[\beta a] + \frac{1}{2}(L_1 - L_0); \quad (6.1)$$

$$y_{1.n} = C_2[\beta a] - C_3[a] + \frac{1}{2}(L_n - L_0); \quad (6.2)$$

$$C_1 = \frac{2n-1}{n(n+1)}; \quad C_2 = \frac{3(n-1)}{n(n+1)}; \quad C_3 = \frac{n-2}{n(n+1)}; \quad (6.3)$$

$$a_i = a_{1i} + a_2; \quad \beta_i = \frac{i-1}{n-1},$$

де L_1, L_n – відстані між початковими і кінцевими точками створів; L_0 – проектна відстань між осями рейок; n – кількість точок створів; i – номер біжучої точки створу; β_i – множник.

Ординати точок вирівнюючої прямої для правої рейки визначають за

$$y_{1.1} = C_1[a] - C_2[\beta a] + \frac{1}{2}(L_1 - L_0); \quad (6.4)$$

$$y_{1.n} = C_2[\beta a] - C_3[a] + \frac{1}{2}(L_n - L_0); \quad (6.5)$$

$$C_1 = \frac{2n-1}{n(n+1)}; \quad C_2 = \frac{3(n-1)}{n(n+1)}; \quad C_3 = \frac{n-2}{n(n+1)}; \quad (6.6)$$

$$a_i = a_{1i} + a_2; \quad \beta_i = \frac{i-1}{n-1},$$

де L_1, L_n – відстані між початковими і кінцевими точками створів; L_0 – проектна відстань між осями рейок; n – кількість точок створів; i – номер біжучої точки створу; β_i – множник.

Ординати точок вирівнюючої прямої для правої рейки визначають за допомогою ординат точок лівої рейки за наступними виразами:

$$y_{2.1} = y_{1.1} + (L_0 - L_1); \quad (6.7)$$

$$y_{2n} = y_{1n} + (L_0 - L_n). \quad (6.8)$$

Відповідно для її початкової і кінцевої точок.

Ординати проміжних точок вирівнюючи прямих визначають інтерполяцією за допомогою формули:

$$y_{1i} = y_{1.1} + \beta_i(y_{1n} - y_{1.1}) - \text{для лівої рейки}; \quad (6.9)$$

$$y_{2i} = y_{2.1} + \beta_i(y_{2n} - y_{2.1}) - \text{для правої рейки}.$$

Знаки ординат відповідають знакам відхилень. Елементи рихтовки та величини зміщень викривлених рейок для надання їм проектного положення, дорівнюють:

$$\vartheta_{1i} = y_{1i} - a_{1i}; \quad (6.10)$$

$$\vartheta_{2i} = y_{2i} - a_{2i}.$$

Контроль:

$$[\vartheta_1] + [\vartheta_2] = 0.$$

Якщо величини v додатні, рейку зміщують праворуч від створу, якщо від’ємні – ліворуч. За результатами зйомки і розрахунку будують план рихтовки підкранових рейок.

Для цього на аркуші паперу будують лінії створів X_1 і X_2 . Загалом $L_1 \neq L_n$, тому для сполуки створів відстань L приймають умовно, а різницю $\Delta L = L_n - L_1$ необхідно побудувати в масштабі, наприклад 1:1.

Далі від побудованих створів у тому ж масштабі відкладають по перпендикуляру до створу значення відхилень a_{1i} і a_{2i} . З’єднавши кінці перпендикулярів ламаною лінією отримаємо плановий контур дійсного положення рейок. Відклавши від створів ординати початкових і кінцевих точок і з’єднавши їх прямими лініями, отримаємо положення вирівнюючих прямих, контроль положення яких здійснюється за ординатами проміжних точок. Далі на плані виписують елементи рихтовки рейок і порівнюють з результатами графічних побудов.

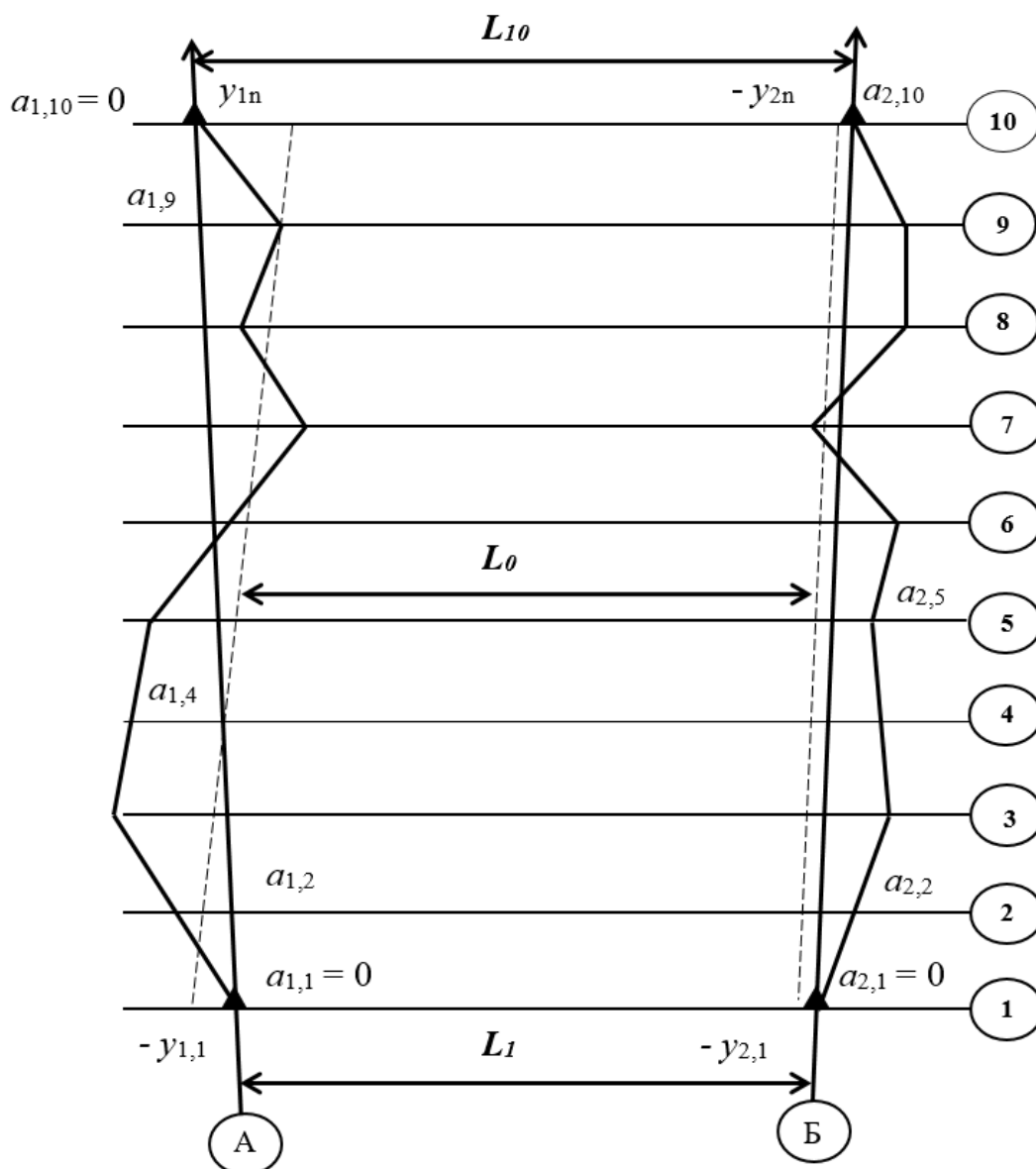


Рис. 13. Схема знімання і рихтовки підкранових рейок

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Войтенко С.П.* Інженерна геодезія: підручник. – Київ: Знання, 2009. – 557 с.
2. *Баран П.И.* Геодезические работы при монтаже и эксплуатации оборудования / П.И. Баран. – Москва: Недра 1990. – 232 с.
3. *Левчук Г.П.* Прикладная геодезия: учебник для вузов / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. – Москва: Недра, 1981. – С. 198-200.
4. *Справочник по инженерной геодезии* / под ред. Н.Г. Видуева. – Київ: Вища шк., 1979. – С. 244-245.
5. *Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам* / под редакцией В.Д. Большакова и Г.П. Левчука. – Москва: Недра, 1980. – С. 534-535.
6. *Пискунов М.Е.* Методика геодезических наблюдений за деформацией сооружений: монография. – Москва: Недра, 1980. – С. 124 - 126.
7. *Лютц А.Ф.* Геодезические работы при изысканиях и строительстве мостовых и туннельных переходов / А.Ф. Лютц. – Москва: Недра, 1966. – 167 с.
8. *Баран П.И.* Применение геодезических засечек, их обобщенные схемы и способы машинного решения / П.И. Баран и др. – Москва: Недра, 1986. – 321 с.
9. *Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Інженерна геодезія» (ч.1)* / уклад.: Баран П.І. – Київ: КІБІ, 1974. – С. 11-17.

Навчально-методичне видання

ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для студентів спеціальності
193 «Геодезія та землеустрій»

Укладачі: **ГУЛЯЄВ** Юрій Федорович,
ЦИКОЛЕНКО Олена Василівна

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *В.С. Сасько*

Підписано до друку 21.06.2022. Формат 60x84_{1/16}
Ум. друк. арк. 2,09. Обл.-вид. арк. 2,25.
Електронний документ. Вид. № 27/III-22

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.