

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни
“Інженерна геодезія” для студентів
напряму підготовки 0921 – “Будівництво”

на тему: “Геодезичні розрахунки при
проектуванні вертикального розпланування”

Вінниця ВНТУ 2007

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни
“Інженерна геодезія” для студентів
напряму підготовки 0921 – “Будівництво”

на тему: “Геодезичні розрахунки при
проектуванні вертикального розпланування”

Затверджено Методичною радою Вінницького національного технічного університету як методичні вказівки для студентів напряму підготовки 0921 – “Будівництво”. Протокол № 2 від 19 жовтня 2006 р.

Вінниця ВНТУ 2007

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни “Інженерна геодезія” для студентів напряму підготовки 0921 – “Будівництво” на тему: “Геодезичні розрахунки при проектуванні вертикального розпланування”. /Уклад. Г.С. Ратушняк, О.П. Сліпенька, - Вінниця: ВНТУ, 2007. – 24 с.

Рекомендовано до видання Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Укладачі: Георгій Сергійович Ратушняк

Олена Петрівна Сліпенька

Редактор В.О. Дружиніна

Коректор Ю.І. Франко

Відповідальний за випуск зав. каф. Г.С. Ратушняк

Рецензенти: М.Ф. Друкований, доктор технічних наук професор
І.В. Коц, кандидат технічних наук доцент

Зміст

1	Аналіз методів проектування вертикального розпланування.	4
1.1	Метод проектних горизонталей.	4
1.2	Метод профілей.	5
1.3	Аналітичний метод проектування вертикального розпланування .	6
2	Складання плану будівельного майданчика.	8
2.1	Визначення відміток вершин квадратів.	8
2.2	Складання топографічного плану будмайданчика.	10
3	Проектування оформлювальної площини.	14
3.1	Визначення проектних відміток.	14
3.2	Складання картограми земляних робіт.	16
4	Визначення об'ємів земляних робіт.	17
5	Точність визначення об'ємів земляних робіт.	21
	Література.	23

Складова частина генерального плану будівництва – проект вертикального розпланування, що передбачає перетворення природного рельєфу місцевості та створення необхідних умов для будівництва і експлуатації будівель та споруд, які споруджуються. Перетворення природного рельєфу місцевості в проектний здійснюється оформлювальними площинами. Складова частина геодезичних розрахунків при проектуванні вертикального розпланування – картограма земляних робіт, тобто графічне зображення розміщення на плані насипів та виїмок. Ця картограма використовується для підрахунку об'єму землі, що переміщується, та винесення в натуру проектних площин вертикального розпланування.

Аналіз існуючих методів проектування вертикального розпланування та вибір і обґрунтування найбільш оптимального з них покликані активізувати пізнавальну діяльність студентів.

1 Аналіз методів проектування вертикального розпланування

В практиці проектування в залежності від рівня інженерного обладнання та благоустрою території застосовують суцільну, вибіркову і змішану системи вертикального розпланування.

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

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

1.1 Метод проектних горизонталей

Метод проектних горизонталей полягає в зображенні проектного рельєфу горизонталями в результаті зміни природного рельєфу шляхом зрізання та підсипання. Проектні горизонталі між лініями перегинів та схилів зображують прямими, рівно стоячими паралельними лініями. Звичайне рисування рельєфу виконують після вибору в місці сопряження площин відміток опорних точок. Переріз для проектних горизонталей (0,1; 0,2; 0,25 і 0,5 м) вибирають залежно від характеру природного рельєфу.

Відстань між суміжними проектними горизонталями на плані, м:

$$l = h_c / iM, \quad (1.1)$$

де h_c - висота перерізу, м;

i - поздовжній проектний схил;

M - знаменник числового масштабу плану.

На межі двох оформлювальних площин проектні горизонталі мають злам, проектні відмітки точок отримують графічно за проектними горизонталями. Ступінь наближення ідентичних чорних і проектних горизонталей плану характеризує величину зрізу та насипу. Знак робочої відмітки визначають за напрямом зміщення ідентичних горизонталей відносно однієї до одної.

Об'єм земляних робіт, м³:

$$V = 0.5h_c(F_1 + 2F_2 + 2F_3 + \dots + F_n), \quad (1.2)$$

де h_c - висота перерізу рельєфу, м;

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

1.2 Метод профілей

На плані будмайданчика розбивають сітку 50 × 20 м з профільних ліній та поперечників до них за найбільш характерними контурами проекту. Потім наносять проектні відмітки опорних точок. Виходячи з допустимих мінімальних і максимальних схилів, намічають проектні лінії, які характеризують висотне розташування майбутніх споруд. За різницею проектних та чорних відміток профілю визначають робочі відмітки, а за ними – площу виїмок і насипів. Визначають окремо об'єми виїмки і насипу в кожній секції між профілями, м³:

$$V = 0.5l(F_1 + F_2), \quad (1.3)$$

де l - відстань між паралельними профілями, м;

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

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

$$\sum V = 0.5L(F_1 + 2F_2 + 2F_3 + \dots + F_n), \quad (1.4)$$

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

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

$$L = \sum_{i=1}^n l_i, \quad (1.5)$$

i - номер перерізу.

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

1.3 Аналітичний метод проектування вертикального розпланування

За основу проектування прийнято принцип знаходження оптимального значення функції при заданій системі обмежень [3; 5; 7]. Метод найменших квадратів забезпечує мінімум суми квадратів робочих відміток

$$[h]^2 = [(H - H_n)^2] = \min, \quad (1.6)$$

де h - робоча відмітка;

H, H_n – відповідно, чорна і проектна відмітка.

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

При проектуванні похилого майданчика за методом найменших квадратів для отримання мінімуму робіт з нульовим балансом з системи рівнянь:

$$[P] \cdot H_0 + [PX] \cdot i_x + [PY] \cdot i_y - [Ph_0] = 0; \quad (1.7)$$

$$[PX] \cdot H_0 + [PX^2] \cdot i_x + [PXY] \cdot i_y - [PXh_0] = 0; \quad (1.8)$$

$$[PY] \cdot H_0 + [PXY] \cdot i_x + [PY^2] \cdot i_y - [PYh_0] = 0 \quad (1.9)$$

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

Якщо початок координат розміщено в центрі ваги будмайданчика, то

$$H_0 = [Ph_0]/[P]; \quad (1.10)$$

$$i_x = [PXh_0]/[PX^2]; \quad (1.11)$$

$$i_y = [PYh_0]/[PY^2], \quad (1.12)$$

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

h_0 - умовна чорна відмітка, м;

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

Контроль розв'язання

$$[Ph] = 0; \quad [PXh] = 0; \quad [PYh] = 0. \quad (1.13)$$

В практиці проектування відмітка центра ваги оформлювальної площини [5; 7], м:

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 3\sum H_3 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (1.14)$$

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

n - число квадратів сітки.

Проектні відмітки, м:

$$H_n = H_0 \pm X \cdot \frac{i_x}{2} \pm l \cdot \frac{3}{2}. \quad (1.15)$$

Об'єми земляних робіт визначають за робочими відмітками вершин квадратів h_1, h_2, h_3, h_4 , [4; 6]. При цьому можливе різноманітне поєднання знаків робочих відміток як з плюсом, так і з мінусом (рис. 1.1).

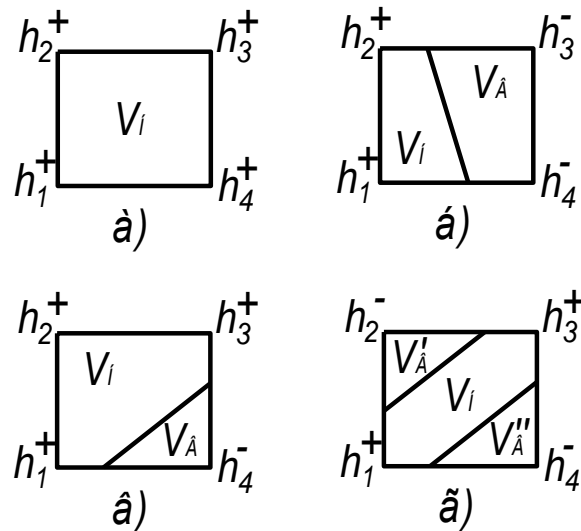


Рисунок 1.1 – Поєднання різних комбінацій знаків робочих відміток

Формули для визначення об'ємів земляних робіт при різноманітних комбінаціях знаків робочих відміток, м³:

а) при однакових знаках (рис. 1.1, а)

$$V_H = 0,125d^2(h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \quad (1.16)$$

де d - розмір сторони квадрата, м;

б) при попарно різних знаках (рис. 1.1, б)

$$V_H = 0,125d^2(h_1 + h_2) \left(\frac{h_1}{h_1 - h_2} - \frac{h_2}{h_2 - h_3} \right); \quad (1.17)$$

$$V_B = 0,125d^2(h_3 + h_4) \left(\frac{h_4}{h_4 - h_1} + \frac{h_2}{h_3 - h_2} \right) \quad (1.18)$$

в) при одній з протилежним знаком (рис. 1.1, в)

$$V_H = 0,125 \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_2 + h_3 + h_4) - V_B; \quad (1.19)$$

$$V_B = 0,167 \cdot d^2 \cdot h_4^3 / (h_4 - h_1)(h_4 - h_3); \quad (1.20)$$

г) при діагонально симетричних знаках (рис. 1.1, г)

$$V_H = 0,125 \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_3) \cdot \left[2 - \left(\frac{h_2^2}{(h_2 - h_1) \cdot (h_2 - h_3)} - \frac{h_4^2}{(h_4 - h_1) \cdot (h_4 - h_3)} \right) \right]; \quad (1.21)$$

$$V_B = 0,167 \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_3) \cdot \left[2 - \left(\frac{h_2^3}{(h_2 - h_1) \cdot (h_2 - h_3)} - \frac{h_4^3}{(h_4 - h_1) \cdot (h_4 - h_3)} \right) \right]. \quad (1.22)$$

Знайдені за (1.16) - (1.22) об'єми земляних робіт вписують в кожний квадрат сітки на картограмі. В неповні квадрати вписують окремо об'єми насипів та виїмок. Визначають сумарні об'єми виїмок та насипів, а також складають баланс земляних робіт для будмайданчика в цілому.

2 Складання плану будівельного майданчика

2.1 Визначення відміток вершин квадратів

Вихідні дані для складання плану: результати нівелювання поверхні по квадратах (рис. 2.1).

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

$$H_{\text{ч}} = \text{ГП}_{\text{ч}} - C_{\text{ч}}; \quad (2.1)$$

$$H_{\text{чер}} = \text{ГП}_{\text{чер}} - C_{\text{чер}}; \quad (2.2)$$

де $H_{\text{ч}}$, $H_{\text{чер}}$ – відмітка вершин квадратів, яка визначається через відлік, відповідно, за чорною $C_{\text{ч}}$ та червоною $C_{\text{чер}}$ стороною рейки, м;
 $\text{ГП}_{\text{ч}}$, $\text{ГП}_{\text{чер}}$ – горизонт приладу, визначається, відповідно, для чорної і червоної сторони рейки.

$$\text{ГП}_{\text{ч}} = H_R + a_{\text{ч}}; \quad (2.3)$$

$$\text{ГП}_{\text{чер}} = H_R + a_{\text{чер}}. \quad (2.4)$$

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

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

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

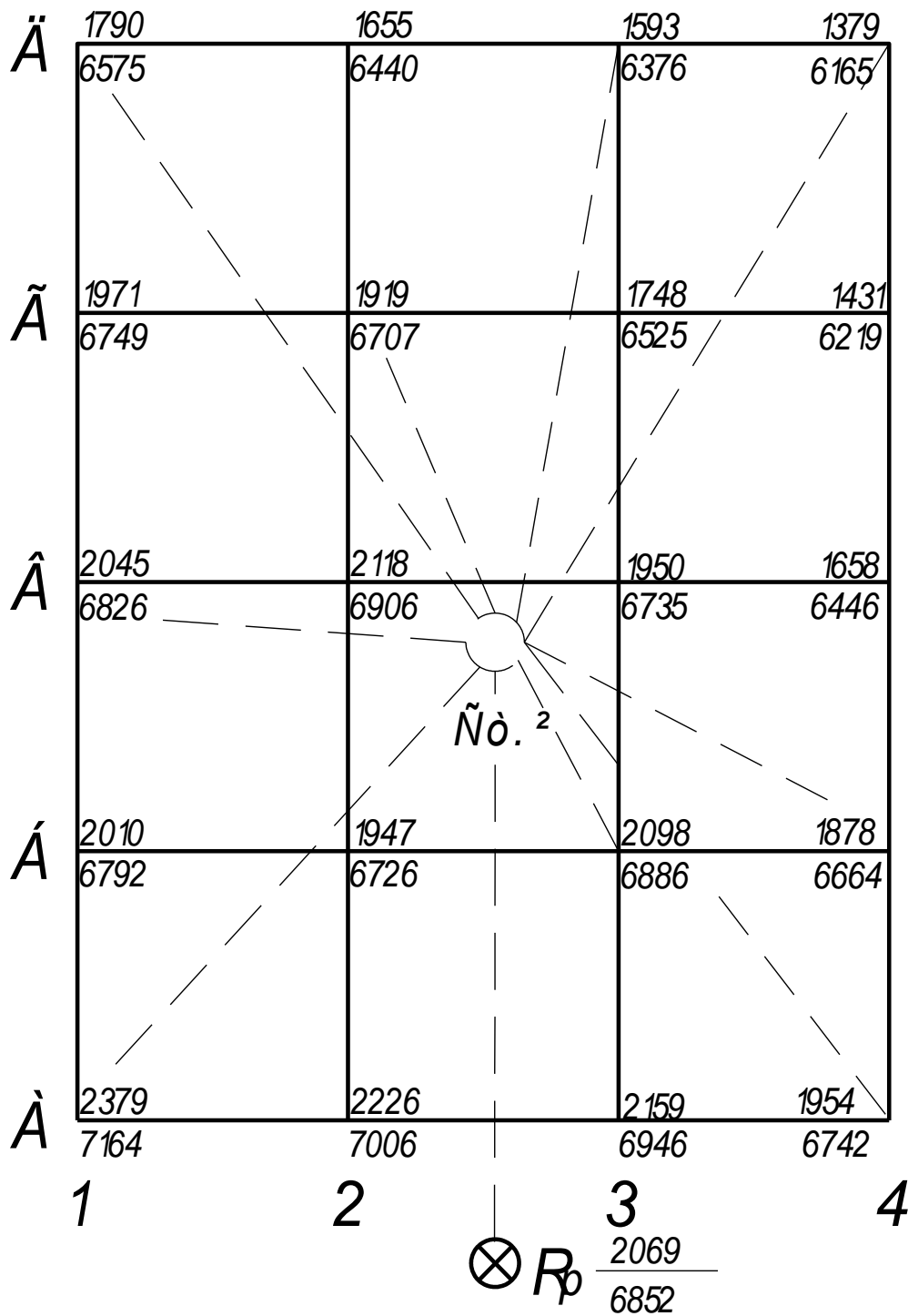


Рисунок 1.2 – Схема нівелювання поверхні по квадратах зі стороною 20м

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

Таблиця 2.1 – Відомість визначення відміток вершин квадратів

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

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

2.2 Складання топографічного плану будмайданчика

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

Рельєф місцевості зображують горизонталями. Їх виконують графічною інтерполяцією між точками, які знаходяться на одній відстані, тобто, визначають на плані точки, висоти яких кратні прийнятій висоті

перерізу 0,25 м. Інтерполяцію виконують аналітичним і графічним способами.

Аналітичний спосіб полягає в тому, що за відомими відмітками вершин квадратів на плані, між цими точками визначають розташування точок з відмітками, які кратні висоті перерізу, за допомогою розв'язання подібних трикутників (рис. 2.2).

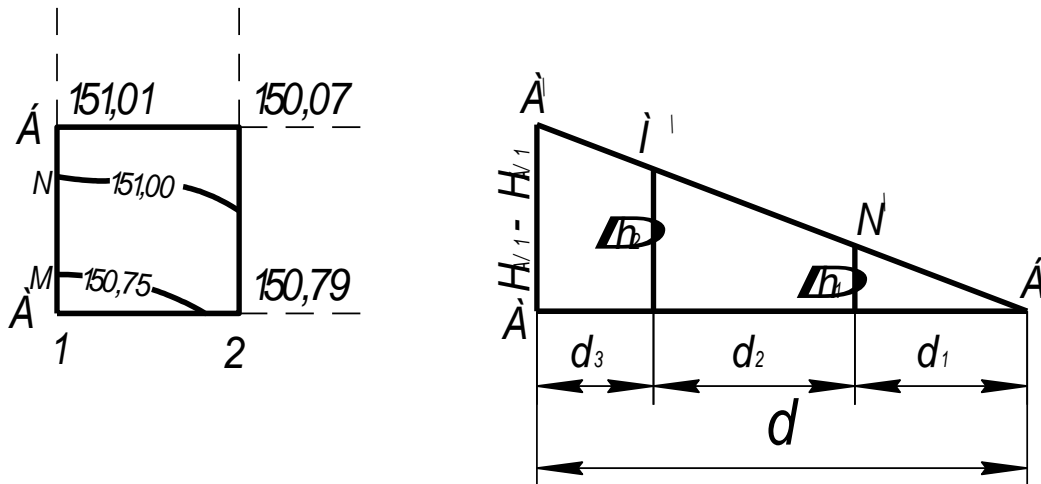


Рисунок 2.2 - Аналітичний спосіб інтерполяції:

а - інтерполяція за всіма сторонами квадрата і діагоналі А/1-Б/2; б- визначення на стороні А/1-Б/1 розташування точок, які кратні прийнятій висоті перерізу

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

$$d_1 = \frac{\Delta h_1}{H_{B/1} - H_{A/1}} \cdot d \quad (2.5)$$

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

d - сторона квадрата, дорівнює 20 м;

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

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

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

$$d_1 + d_2 = \frac{\Delta h_2}{H_{B/1} - H_{A/1}} \cdot d, \quad (2.6)$$

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

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

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

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

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

Графічний спосіб інтерполяції заснований на формулах (2.1) та (2.2) пропорційності елементів подібних трикутників. Для інтерполяції використовують палетку, яка виконана на міліметровці або восківці.

Палетку виготовляють так: на аркуші кальки проводять на довільних, але рівних між собою відстанях, паралельні лінії (рис. 2.3) і підписують їх відмітками, кратними висоті перерізу рельєфу 0,25 м, від найменшої до найбільшої.

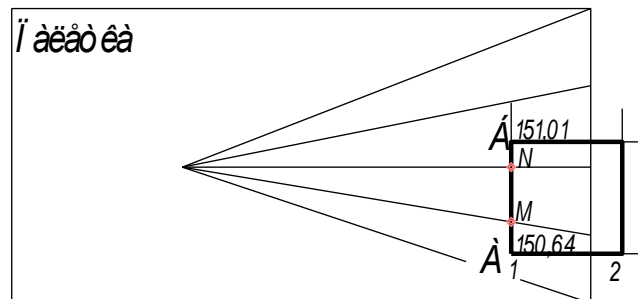


Рисунок 2.3 – Графічний спосіб інтерполяції

Для інтерполяції по стороні квадрата АБ палетку накладають на сітку квадратів так, щоб точка А зайняла положення, яке відповідає власній відмітці $H_{A/1} = 150,64$ м.

Обережно проколюють восківку в позначеній точці. Тримаючи голку вимірювача в цій точці, повертають восківку навколо голки до тих пір, поки точка Б, яку видно через восківку, займе положення, яке відповідатиме відмітці $H_{B/1} = 151,01$ м. Закріплюють палетку в цьому положенні. Голкою вимірювача переносять на план точки М та N, перетин паралельних ліній восківки з стороною квадрата АБ і підписують їх відмітки $H_M = 150,75$ м та $H_N = 151,00$ м.

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

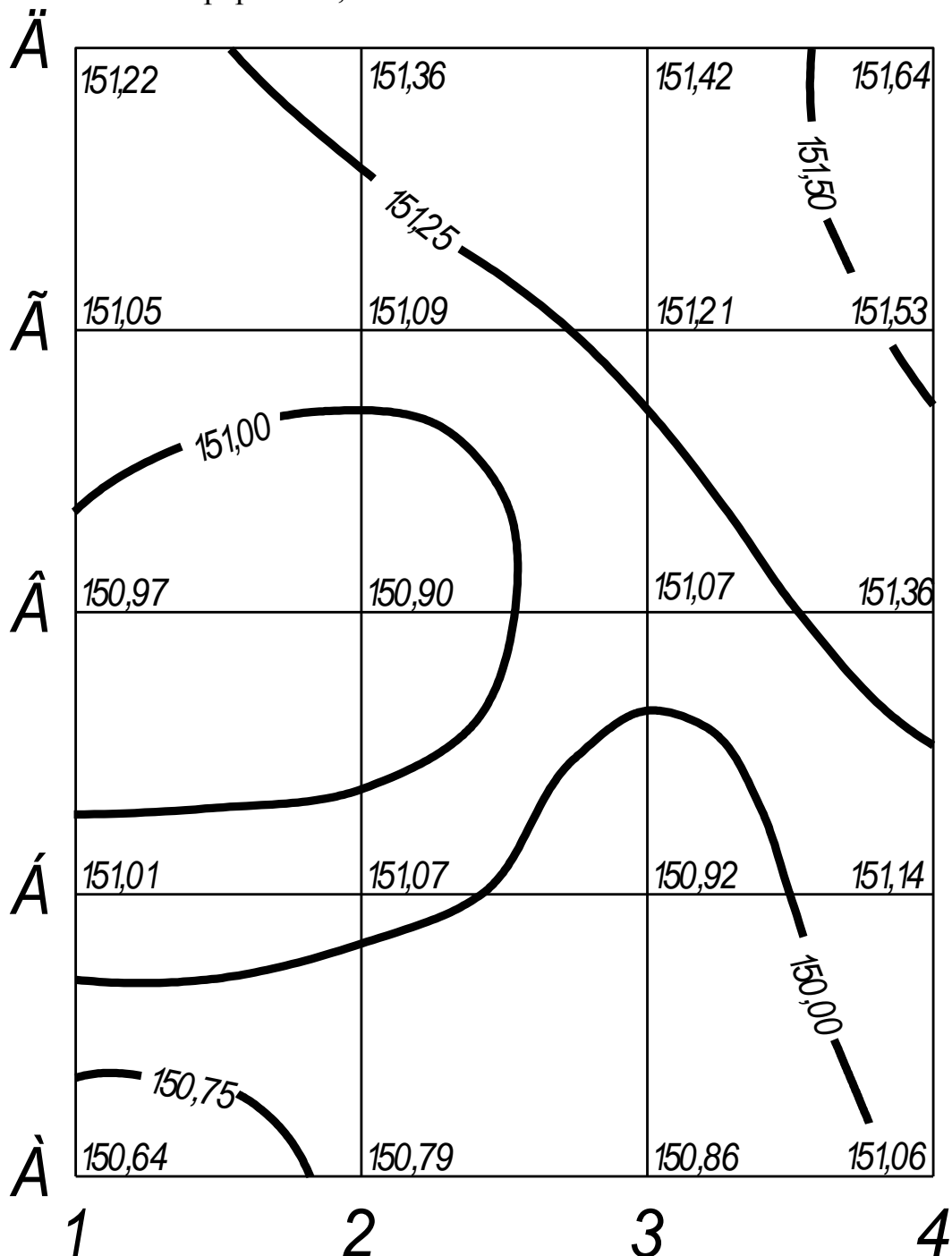


Рисунок 2.4 – Топографічний план будмайданчика в масштабі 1:500, переріз горизонталей через 0,25 м

3 Проектування оформлювальної площини

Геодезичні розрахунки при проектуванні вертикального розпланування полягають у визначенні параметрів, які характеризують умови створення оформлювальної площини з необхідним поперечним і поздовжнім схилами. Вихідними даними для обчислення проектних відміток площини, висоти насипів та об'ємів земляних робіт є відмітки вершин квадратів (табл. 2.1 та рис. 2.4).

3.1 Визначення проектних відміток

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

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

$$H_0 = (\sum H_1 + 2 \cdot \sum H_2 + 3 \cdot \sum H_3 + 4 \cdot \sum H_4) / 4 \cdot n, \quad (3.1)$$

де $\sum H_1$ - сума відміток вершин, які входять в один квадрат, м;

$\sum H_2, \sum H_3, \sum H_4$, - сума відміток вершин, загальних, відповідно, для двох, трьох і чотирьох квадратів, м;

n - число квадратів.

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

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

$$H_n = H_0 \pm i_x d_x / 2 \pm i_y d_y / 2, \quad (3.2)$$

де i_x - поздовжній нахил оформлювальної площини за напрямом АД;

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

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

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

Визначають проектні відмітки кутових вершин квадратів будмайданчика, м:

$$H_{A/1} = H_0 + 0,5 \cdot i_x \sum d_x - 0,5 \cdot i_y \sum d_y; \quad (3.3)$$

$$H_{D/1} = H_0 - 0,5 \cdot i_x \sum d_x - 0,5 \cdot i_y \sum d_y; \quad (3.4)$$

$$H_{A/4} = H_0 + 0,5 \cdot i_x \sum d_x + 0,5 \cdot i_y \sum d_y; \quad (3.5)$$

$$H_{D/4} = H_0 - 0,5 \cdot i_x \sum d_x + 0,5 \cdot i_y \sum d_y; \quad (3.6)$$

де Σd_x , Σd_y - сума сторін квадратів, відповідно, по осі абсцис та осі ординат, м;

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

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

$$H_{A/4} = 151,10 + \frac{0,003 \cdot 80}{1} + \frac{0,006 \cdot 60}{2} = 151,40 \text{ м};$$

$$H_{D/4} = 151,10 - \frac{0,003 \cdot 80}{1} + \frac{0,006 \cdot 60}{2} = 151,16 \text{ м}.$$

Проектні відмітки усіх інших вершин квадратів визначають виходячи з умов:

$$H_{nxi} = H_{A/1} - i_x \cdot d; \quad (3.7)$$

$$H_{nyy} = H_{A/1} - i_y \cdot d; \quad (3.8)$$

$$H_{nB/1} = 151,04 - 0,003 \cdot 20 = 150,98 \text{ м};$$

$$H_{nA/1} = 151,04 + 0,006 \cdot 20 = 151,16 \text{ м}.$$

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

$$h = H_{\Phi} - H_{\Pi}, \quad (3.9)$$

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

H_{Π} – проектна відмітка, яка визначається за залежностями (3.7) – (3.8), м.

Якщо $H_{\Phi} > H_{\Pi}$, необхідна виїмка h_B , якщо $H_{\Phi} < H_{\Pi}$ - насип h_H .

Всі розрахунки зводять в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Відомість визначення проектних відміток

Координати вершини	Відмітка поверхні землі, м		Робоча відмітка, м	
	фактична H_{Φ}	проектна H_{Π}	виїмки h_B	насипу h_H
1	2	3	4	5
A-1	150,64	151,04	-	0,40
A-2	150,79	151,16	-	0,37
A-3	150,86	151,28	-	0,42
A-4	150,06	151,40	-	0,34
Б-1	151,01	150,93	0,03	-
Б-2	151,07	151,10	-	0,08
Б-3	150,92	151,22	-	0,30

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Б-4	151,14	151,34	-	0,20
В-1	150,97	150,92	0,05	-
В-2	150,90	151,04	-	0,14
В-3	151,07	151,16	-	0,09
В-4	151,96	151,28	0,08	-
Г-1	151,05	150,36	0,19	-
Г-2	151,09	150,98	0,11	-
Г-3	151,27	151,10	0,17	-
Г-4	151,53	151,22	0,21	-
Д-1	151,22	150,80	0,42	-
Д-2	151,36	150,92	0,44	-
Д-3	151,42	151,04	0,38	-
Д-4	151,64	151,16	0,48	-

3.2 Складання картограми земляних робіт

Картограма - це креслення (3.2) у вигляді сітки квадратів зі стороною 20м в масштабі 1:500. В кутах кожного квадрата підписують відмітки природного рельєфу, проектні і робочі відмітки з відповідним знаком. Глибина виїмки вказується знаком " - ", а висота насипу - знаком " + ". Значення всіх відміток беруть з табл. 3.1.

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

Спочатку знаходять сторони квадратів з точками нульових робіт, в яких вершини мають відмітки з протилежними знаками (рис. 3.1).

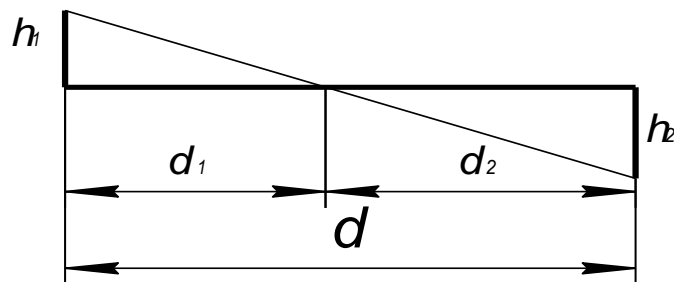


Рисунок 3.1 - Схема до визначення лінії нульових робіт

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

$$d_1 = \frac{|h_1|}{|h_1| + |h_2|} d ; \quad (3.10)$$

$$d_2 = \frac{|h_2|}{|h_1| + |h_2|} d , \quad (3.10)$$

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

d - довжина сторони квадрата, дорівнює 20 м.

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

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

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

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

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

Таблиця 3.2 – Місце розташування лінії нульових робіт

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

Точки розташування ліній нульових робіт на всіх сторонах квадратів з'єднують між собою і, в результаті, отримують на картограмі місце розташування лінії нульових робіт.

Зразок оформлення картограми земляних робіт наведений на рис. 3.2.

4 Визначення об'ємів земляних робіт

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

$$V = S \cdot h_{CP}, \quad (4.1)$$

де S - площа фігури, м²;

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

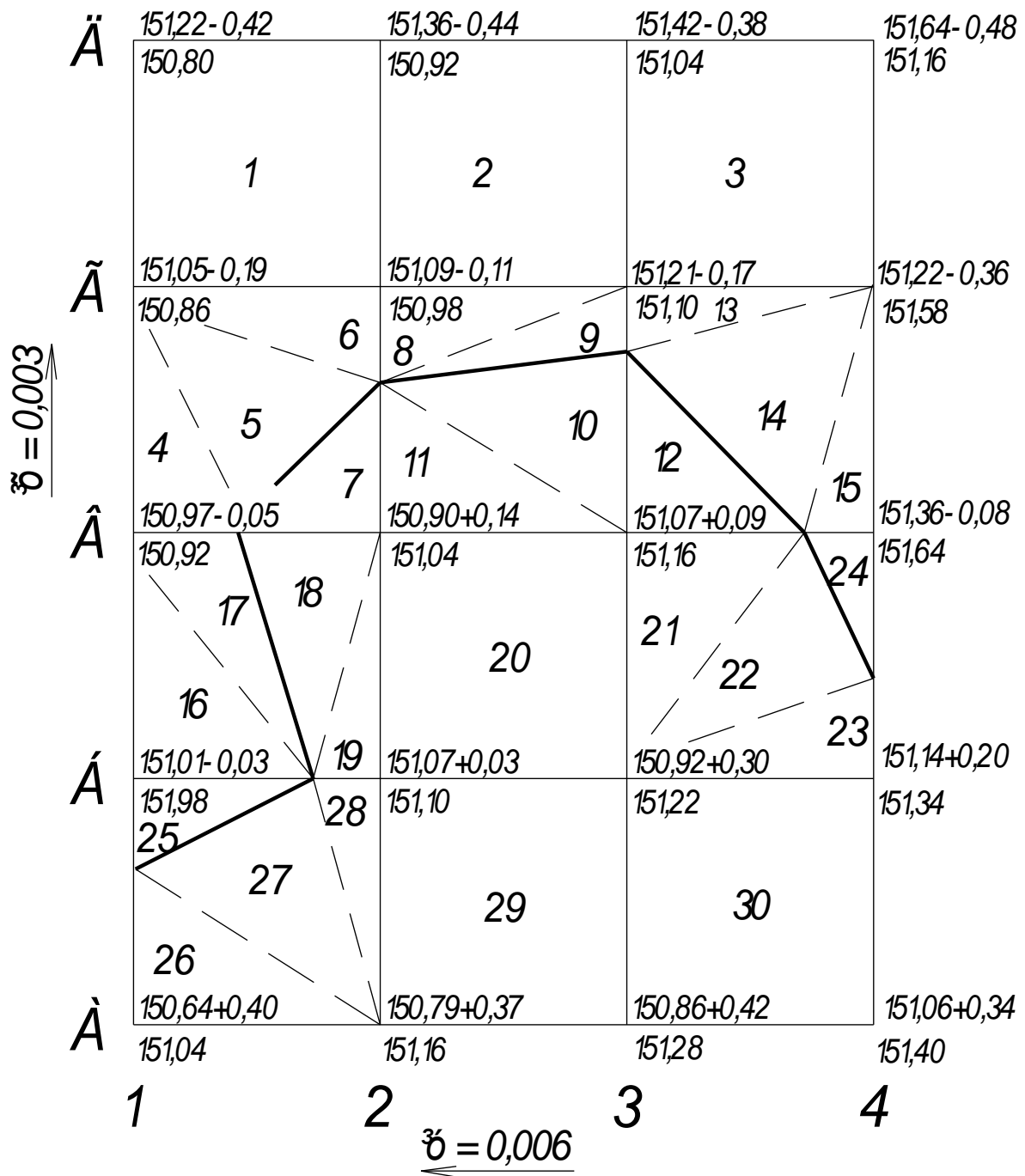


Рисунок 3.2 - Картограма земляних робіт 1:500

В квадратах, які не перетинає лінія нульових робіт,

$$V = S \cdot h_{cp} = 0,25 \cdot d^2 \cdot \sum h_i, \quad (4.2)$$

де d - сторона квадрата, дорівнює 20 м;

$\sum h_i$ - сума абсолютного значення робочих відміток в вершинах квадрата (рис. 4.1), м.

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

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

$$V = S \cdot h_{\text{CP}} = 0,167 \cdot d_1 \cdot d_2 \cdot \sum h_i, \quad (4.2)$$

де d_1, d_2 - відстань від вершини квадрата до лінії нульових робіт, які визначаються із залежностей (3.10) - (3.11), м;

$\sum h_i$ - сума абсолютного значення робочих відміток в вершинах трикутника (рис. 4.1), м.

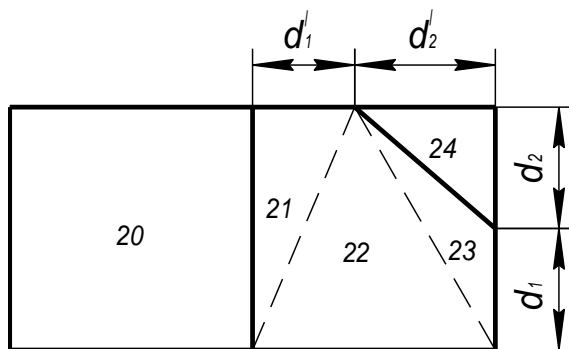


Рисунок 4.1 - Визначення площ фігур в квадратах

Всі розрахунки зводять в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 –Відомість визначення об'ємів земляних робіт

Номер фігури	Площа фігури, м ²	Абсолютні значення робочих відміток, м					Об'єм, м ³
		h_1	h_2	h_3	h_4	h_{CP}	
1	2	3	4	5	6	7	8
Виймка							
1	400	0,42	0,44	0,11	0,19	0,29	109
2	400	0,44	0,37	0,17	0,11	0,27	104
3	400	0,37	0,48	0,36	0,17	0,35	124
4	51,6	0,19	0	0,05	-	0,08	4,2
5	176,5	0,19	0	0	-	0,10	20
6	88,4	0,11	0	0,19	-	0,04	2,4
8	88,4	0,11	0,17	0	-	0,09	8,2
9	72,4	0,17	0	0	-	0,06	7,4
13	72,4	0,17	0	0	-	0,06	3,9

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
14	228,6	0	0,36	0	-	0,13	25,4
15	87	0,36	0,08	0	-	0,10	9,1
16	91	0,05	0	0,03	-	0,03	2,7
17	51,6	0,05	0	0	-	0,02	0,9
24	24,8	0,08	0	0	-	0,03	0,7
25	5,3	0,03	0	0	-	0,01	0,1
$\sum S_B = 2286,2$				$\sum V_B = 422$			
Насип							
7	82,5	0	0	0,14	-	0,05	3,8
10	69,2	0	0	0,09	-	0,03	2,1
11	112	0	0,09	0,14	-	0,08	8,6
12	36,6	0	0	0,09	-	0,03	1,1
18	147,4	0	0	0,14	-	0,05	6,9
19	100	0,14	0,30	0	-	0,06	5,7
20	400	0,14	0,09	0,30	0,03	0,16	56
21	105,9	0,09	0	0,30	-	0,13	13,8
22	200	0	0,20	0,30	-	0,17	33,3
23	17,2	0	0	0,20	-	0,07	4,5
26	93	0	0	0,40	-	0,13	10,0
27	200	0	0,37	0,40	-	0,26	51,3
28	100	0	0,03	0,37	-	0,13	13,3
29	400	0,03	0,30	0,42	0,37	0,28	112
30	400	0,30	0,20	0,34	0,42	0,41	126
$\sum S_H = 2513,8$				$\sum V_H = 448,4$			

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

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

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

n - кількість квадратів;

d - довжина сторони квадрата, м.

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

$$\sum V_B = \sum V_H \quad (4.4)$$

Відносна похибка визначення об'ємів земляних робіт

$$\Delta V = (\sum V_H - \sum V_B) / (\sum V_H + \sum V_B) \cdot 100 \% \quad (4.5)$$

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

$$\Delta V = (448,4 - 422,0) / (448,2 + 422,0) \cdot 100 \%$$

Відносна похибка визначення об'єму земляних робіт

$$\Delta V = 1,06\% < 5\%.$$

5 Точність визначення об'ємів земляних робіт

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

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

$$m_v = 100 \cdot d \cdot V \cdot (m_H^2 + 5 \cdot 10^5 \cdot d) \cdot P \cdot \left[1 + 4 \cdot r_H \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}} \right) \right]; \quad (5.1)$$

де **d** - розмір сторони квадрата, м;

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

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

r_H - коефіцієнт кореляції висот точок.

Значення коефіцієнта кореляції висот точок **H₁** і **H₂** залежить від відношення відстані між точками **I_m** до максимальної відстані між пікетами **I_m** (табл. 5.1).

Таблиця 5.1- Значення коефіцієнта кореляції

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

Максимальна відстань між пікетами залежить від масштабу зйомок і висоти перерізу рельєфу (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Максимальна відстань між пікетами при тахеометричній зйомці

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

Середньоквадратичну похибку визначення відміток точок знаходять залежно від масштабу зйомки і висоти перерізу (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 - Значення середньоквадратичної похибки визначення відміток

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

Гранична відносна похибка визначення об'ємів земляних робіт

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{2 \cdot m_H}{V} \cdot 100\% , \quad (5.2)$$

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

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

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Багатуни Г.В. и др. Инженерная геодезия. – М.: Недра, 1984. – 344 с.
2. Войтенко С.П. Геодезичні роботи в будівництві.- К.: ІСДО, 1993.- 144 с.
3. Полищук Ю.В. Высотные разбивочные работы в строительстве. – К.: Будівельник, 1980. – 104 с.
4. Ратушняк Г.С. Інженерна геодезія. – К.: Вища школа, 1992.- 262 с.
5. Справочник по инженерной геодезии /Под ред. Н. Г. Видуева. – К.: Вища школа., 1978 – 376с.
6. Справочник по геодезическим разбивочным работам /Под ред. Г.В. Багатуни. – М.: Недра, 1982. – 128 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни “Інженерна геодезія” для студентів напряму підготовки 0921 – “Будівництво” на тему: “Геодезичні розрахунки при проектуванні вертикального розпланування”

Укладачі: Георгій Сергійович Ратушняк
Олена Петрівна Сліпенька

Оригінал-макет підготовлено укладачами

Науково-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку
Формат 29,7×42¹/₄
Друк різнографічний
Тираж прим.
Зам №

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп’ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ