

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

**В.Г. Тельнов**

## **ОСНОВИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ**

Методичні рекомендації

до виконання лабораторних і контрольних робіт  
студентами напряму підготовки 6.080101  
Геодезія, картографія та землеустрій

Дніпропетровськ  
2015



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



**ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА**  
**Кафедра геодезії**

**В.Г. Тельнов**

## **ОСНОВИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ**

Методичні рекомендації

до виконання лабораторних і контрольних робіт  
студентами напряму підготовки 6.080101  
Геодезія, картографія та землеустрій

Дніпропетровськ  
НГУ  
2015

**В.Г. Тельнов**

Основи рекультивації порушених земель. Методичні рекомендації до виконання лабораторних і контрольних робіт студентами напряму підготовки 6.080101 Геодезія, картографія та землеустрій / Тельнов В.Г.; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2015. – 30 с.

Автор:

В.Г. Тельнов, ст. викл.

Затверджено методичною комісією з напряму підготовки 6.08010 Геодезія, картографія та землеустрій (протокол № 1 від 03.02.2014) за поданням кафедри геодезії (протокол № 7 від 03.03.2014).

Призначено для самостійної роботи під час підготовки до модульних контролів за результатами лабораторних і контрольних робіт з дисципліни «Основи рекультивації порушених земель».

Розглянуто теоретичні відомості про ключові питання інженерно-геодезичних робіт до початку горнотехнічної рекультивації та після її завершення, тобто вибір найбільш точного способу визначення площі, зображеної на топографічній карті або плані, аналітичного розрахунку координат вставляемого пункту опорної геодезичної мережі, а також складання проекту під горизонтальний і похилий будівельний майданчик.

Орієнтовано на активізацію виконавчого етапу навчальної діяльності студента.

Відповідальний за випуск в. о. завідувача кафедри геодезії, канд. техн. наук М.В. Трегуб.

## Зміст

Вступ.....	4
Завдання 1.....	5
1.1. Графічний спосіб визначення площі ділянки.....	6
1.2. Напівмеханічний спосіб визначення площі ділянки за допомогою палетки.....	7
1.2.1. Визначення площі ділянки за допомогою квадратної палетки .....	7
1.2.2. Визначення площі ділянки за допомогою лінійної палетки.....	8
1.3. Механічний спосіб визначення площі ділянки за допомогою планіметра.....	8
1.4. Оцінка точності визначення площі графічним, напівмеханічним і механічним способами.....	10
Завдання 2.....	11
2.1. Пряма геодезична засічка.....	11
2.2. Зворотня геодезична засічка.....	13
Завдання 3.....	16
3.1. Складання проекту вертикального планування під горизонтальний майданчик.....	17
3.1.1. Обробка журналу геометричного нівелювання за квадратами.....	18
3.1.2. Побудова плану нівелювання за квадратами.....	20
3.1.3. Проект горизонтального майданчика з дотримання балансу земляних робіт.....	21
3.1.4. Контроль правильності обчислень.....	25
3.2. Вертикальне планування під похилий майданчик.....	25
3.3. Підрахунок обсягів земляних робіт.....	27
Література.....	28

## Вступ

Дисципліна «Основи рекультивациі порушених земель» входить до навчальних планів підготовки бакалаврів за спеціальністю 7.08010103 «Землеустрій та кадастр» і викладається у VIII семестрі на 4 курсі навчання.

Матеріали лабораторних занять і контрольних робіт з дисципліни «Основи рекультивациі порушених земель» розроблено відповідно до освітньо-кваліфікаційної програми підготовки бакалаврів за спеціальністю 7.08010103 «Землеустрій та кадастр». Студенти вивчають дану дисципліну в аудиторії та самостійно, користуючись навчальною літературою. Для досконалого опрацювання окремих питань необхідно використовувати науково-технічну літературу.

**Мета пропонованих методичних матеріалів** – допомогти студентам засвоїти основні геодезичні завдання, які виникають на територіях під час гірничотехнічної рекультивациі та після її завершення. Вона відповідає рівню професійної діяльності бакалавра. Методичні матеріали включають чотири завдання: дослідження точності визначення площі, зображеної на топографічній карті або плані; вирішення прямої і зворотної геодезичної засічки; складання проекту вертикального планування під горизонтальний будівельний майданчик; складання проекту вертикального планування під похилий будівельний майданчик. У кожному завданні вказуються навчальні цілі, зміст, методичні рекомендації до їх виконання та наведені приклади розв'язування завдань.

### **Основні рекомендації до оформлення робіт**

Лабораторні роботи та контрольні завдання виконуються згідно з індивідуальних завдань й методичних рекомендацій, що приводяться в дійсних матеріалах.

Виконання кожного завдання супроводжується коротким пояснювальним текстом, який містить назву, мету та вихідні дані. Хід роботи супроводжується необхідними рисунками, формулами й поясненнями до них. Розрахунки наводяться повністю, включаючи формули в загальному вигляді, а також числові значення, які підставляються у формули.

Лабораторні роботи оформлюються на аркушах формату А4 (поля з усіх боків по 2 см), виконуються в рукописному або в електронному вигляді. Усі рисунки, таблиці й формули підписуються і нумеруються.

## **Контрольна робота і рекомендації до її виконання**

Контрольну роботу слід виконувати тільки після опрацювання відповідного навчального матеріалу з літератури.

Виконання роботи спирається на вивчення початкового матеріалу з дисципліни «Основи рекультивації порушених земель», а також на окремих розділів з геодезії та теорії математичної обробки геодезичних вимірів.

Робота складається з чотирьох завдань, які включають в себе:

1. Дослідження точності визначення площі, зображеної на топографічній карті;
  2. Пряму і зворотну геодезичну засічку;
  3. Проект вертикального планування під горизонтальний будівельний майданчик;
  4. Проект вертикального планування під похилий будівельний майданчик.
- Варіанти завдань видаються викладачем.

### **Завдання 1**

**Тема:** Дослідження точності визначення площі, зображеної на топографічній карті або плані

#### **Навчальні цілі:**

1. Отримати навички визначення площ на картах і планах;
2. Вибрати найбільш точний спосіб визначення площі, зображеної на карті або плані в залежності від її конфігурації;
3. Вміти оцінювати точність визначення площі.

#### **Основні відомості**

Площі, обчислені за елементами, вимірними безпосередньо на місцевості, будуть визначені з високим ступенем точності. Однак у більшості випадків ця точність буде зайва, тому зазвичай площі ділянок місцевості визначають за планами і картами, що набагато зручніше і забезпечує достатню для практики точність.

Площу за планом або картою можна визначити чотирма способами: графічним, напівмеханічними за допомогою палетки, аналітичним (якщо фігура являє собою замкнутий багатокутник) і механічним за допомогою планіметра.

#### **Зміст завдання**

Дослідити точність багаторазового визначення площі (не менше 5 разів) фігури, зображеної на топографічній карті М 1:10000 наступними способами:

- графічним, з перегрупуванням найпростіших фігур;
- напівмеханічними за допомогою палетки;
- механічним за допомогою планіметра.

Виконати оцінку точності визначення площі всіма досліджуваними способами. Зробити висновок про найбільш прийнятний спосіб визначення площі для даного випадку.

#### **Вихідні дані**

Карта масштабу 1:10000 з нанесеними на ній і пронумерованими фігурами, які відповідають номеру студентів в списку групи.

## 1.1. Графічний спосіб визначення площі

Для визначення площі ділянки на карті її розбивають на найпростіші геометричні фігури – трикутники, прямокутники і трапеції. Якщо контури меж ділянки криволінійні, то площу потрібно розділити на найпростіші фігури з таким розрахунком, щоб сторони їх, що збігаються з цими кордонами, практично можна було прийняти прямолінійними. Потім вимірюють на карті відповідні елементи цих фігур і обчислюють їх площі. Наприклад, в трикутнику вимірюють основи  $a$  і висоту  $h$  або дві сторони ( $a$  і  $b$ ) і кут  $\gamma$  між ними, в трапеціях – ( $a$  і  $b$ ) і висоту  $h$ , в прямокутниках – сторони ( $a$  і  $b$ ). І, застосовуючи відповідні формули

$$S_{mp} = \frac{1}{2}ah; \quad S_{mp} = \frac{1}{2}ab \cdot \sin \gamma; \quad S_{trap} = \frac{a+b}{2}h; \quad S_{np} = ab,$$

обчислюють площі цих фігур.

Площа всієї ділянки визначається як сума площ усіх фігур, що складають дану ділянку:

$$S = \sum S_{\phi}.$$

Оскільки графічна похибка лінійних вимірів на карті ( $t_{ep} = 0.2\text{мм}$ ) не залежить від довжини відрізків, то відносна похибка короткої лінії буде більше, ніж довгої. Тому задану ділянку слід розбивати на фігури можливо великих розмірів з приблизно однаковими довжинами основ і висот.

Для оцінки точності визначення площі ділянки її розбивають на нові геометричні фігури ще чотири рази. Для наочності на аркуші кальки формату А4 показуються ділянку в масштабі 1:10000 5 разів з розбивкою її на нові геометричні фігури та їх нумерацію.

Результати визначення площі графічним способом заносяться в таблицю (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.

Вимірювання площі ділянки графічним способом

№вим №фіг	I	II	III	IV	V
	Площа фігури $S$ , м <sup>2</sup>				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
.					
.					
.					
.					
Площа ділянки $S$ , м <sup>2</sup>					



## 1.2. Напівмеханічний спосіб визначення площі ділянки за допомогою палетки

Визначення площі цим способом проводиться на карті або плані за допомогою особливого пристосування – палетки. Вона являє собою аркуш із прозорого матеріалу (наприклад, кальки), на якому нанесена квадратна або лінійна палетки (рис. 1.2.)

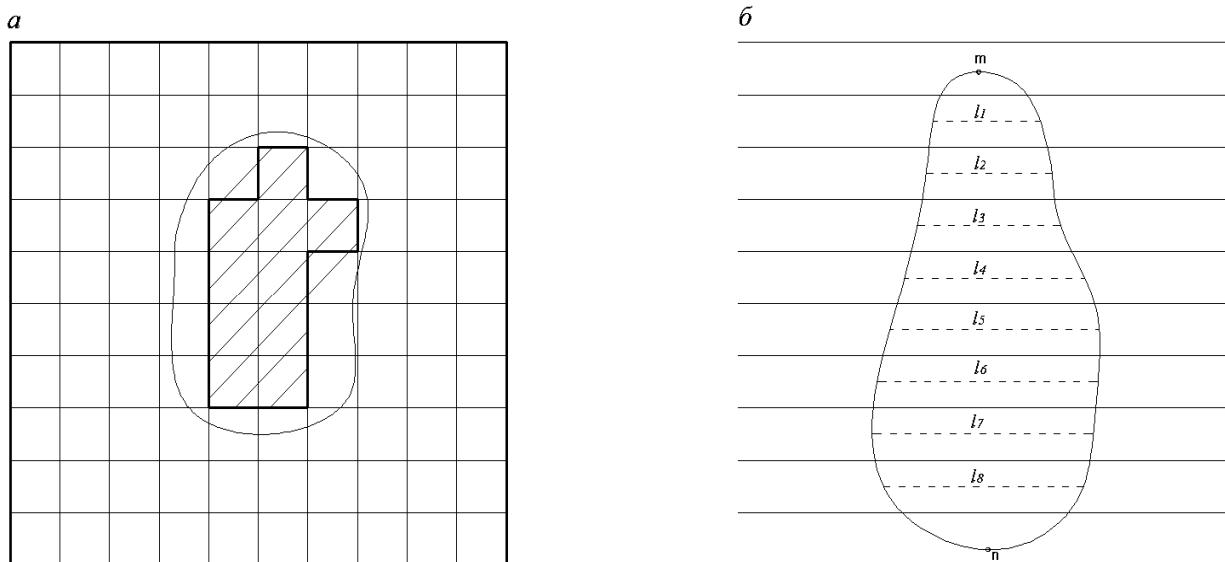


Рис.1.2. Способи визначення площ за допомогою палеток: а – квадратної, б – лінійної.

### 1.2.1. Визначення площі ділянки за допомогою квадратної палетки

Квадратна палетка являє собою сітку квадратів зі сторонами 1 – 10 мм залежно від розмірів даної ділянки, нанесеної на прозорій основі. Знаючи довжину сторін і масштаб карти або плану, легко обчислити площу квадрата палетки:  $S = a^2$ .

Для визначення площі ділянки палетку довільно накладають на карту або план і підраховують число повних квадратів  $N_1$ , розташованих усередині контуру ділянки. Потім оцінюють на око число квадратів  $N_2$ , що складаються з неповних квадратів біля кордонів ділянки (рис. 1.2 а).

Тоді загальна площа вимірюваної ділянки

$$S = s \cdot (N_1 + N_2)$$

Для контролю площу заданої ділянки вимірюють повторно, розгорнувши палетку приблизно на  $45 - 60^\circ$  тощо.

### 1.2.2. Визначення площі ділянки за допомогою лінійної палетки

Лінійна палетка являє собою аркуш прозорої основи, на який через рівні проміжки ( $a = 2 - 5$  мм) нанесено ряд паралельних ліній.

Палетка накладається на задану ділянку таким чином, щоб крайні точки  $m$  і  $n$  контуру розмістились посередині між паралельними лініями палетки (рис. 1.2, б). В результаті вимірювана площа виявляється розчленованою на фігури, що є близькими до трапецій з висотами, які дорівнюють  $a$ ; при цьому відрізки паралельних ліній всередині контуру є середніми лініями трапеції. Отже, для визначення площі ділянки за допомогою циркуля-вимірювача і масштабної лінійки потрібно виміряти довжини середніх ліній трапецій  $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$  та їх суму помножити на відстань між лініями з урахуванням масштабу карти або плану, тобто

$$S = a \cdot (l_1, l_2, l_3, \dots, l_n) = a \sum_{i=1}^n l_i.$$

Для контролю вимірюють площу при іншому положенні палетки, розгорнувши її на  $45 - 60^\circ$  відносно первинного положення.

Результати вимірювань заносять в таблицю (табл. 1.2).

Таблиця 1.2.

Визначення площі за допомогою палетки

№ вимірів	1	2	3	4	5
Площа ділянки $S$ , м <sup>2</sup>					

### 1.3. Механічний спосіб визначення площі за допомогою планіметра

Перед вимірюванням площі ділянки необхідно визначити ціну розподілу планіметра. Для цього вибираємо фігуру, площа якої відома. В цьому випадку це квадрат координатної сітки, площа якого дорівнює  $1\,000\,000$  м<sup>2</sup>. Дану фігуру обводимо по контуру вісім разів: чотири при положенні «полнос право» і чотири – при «полносі ліво». Кожного разу обводі беремо відлік до початку обведення і після, і обчислюємо їх різницю. Розбіжність між значеннями не повинна перевищувати чотирьох поділів планіметра. Потім підраховуємо середню різницю відліків і обчислюємо ціну розподілу планіметра за формулою:

$$q = \frac{S}{(n_2 - n_1)_{cp}},$$

де  $n_1, n_2$  – відліки по планіметру до обведення і після відповідно,  $S$  – площа квадрата, що дорівнює  $1\,000\,000$  м<sup>2</sup>.

Результати зведені в таблиці (табл. 1.3).

Таблиця 1.3.

*Визначення ціни розподілу планіметра*

N вим.	Відліки по планіметру		Різниця відліків n2 - n1	Середня різниця (n2 - n1)ср	Площа, що обводиться S, м <sup>2</sup>	Ціна розподілу м <sup>2</sup> /дел	Ср. ціна розподілу м <sup>2</sup> /дел	Прим.
	до обведення	після обведення						
					1 000 000			" " Z

де L – довжина важеля планіметра.

Визначивши ціну розподілу планіметра, обчислюємо площу заданої ділянки. Її також обводимо по контуру при положеннях «полюс право» і «полюс ліво». Знаючи ціну розподілу, площу ділянки можна визначити за формулою:

$$S = q \cdot (n_2 - n_1)_{ср}.$$

Результати вимірювань і обчислень зведемо в таблицю (табл. 1.4).

Таблиця 1.4.

*Визначення площі за допомогою планіметра*

N вим.	Відліки по планіметру		Різниця відліків n2 - n1	Середня різниця (n2 - n1)ср	Ср. ціна розподілу м <sup>2</sup> /дел	Площа, що обводиться S, м <sup>2</sup>
	до обведення	після обведення				

### 1.4. Оцінка точності визначення площі графічним, напівмеханічним і механічним способами

Оцінку точності виконаємо в таблиці (табл. 1.5).

Таблиця 1.5.

N	Графічний				Напівмеханічний				Механічний			
	S, м <sup>2</sup>	S <sub>ср</sub> , м <sup>2</sup>	V	VV	S, м <sup>2</sup>	S <sub>ср</sub> , м <sup>2</sup>	V	VV	S, м <sup>2</sup>	S <sub>ср</sub> , м <sup>2</sup>	V	VV
1												
2												
3												
4												
5												
Σ												

Розрахуємо середньоквадратичне і відносну помилки для кожного способу за формулами:

$$m_s = \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}}, \quad f_{\text{відн}} = \frac{1}{S_{\text{ср}} : m_s},$$

де  $m_s$  – середньоквадратична помилка,  $f_{\text{відн}}$  – відносна помилка.

Отримані значення занесемо в таблицю (табл. 1.6).

Таблиця 1.6.

Графічний		Напівмеханічний		Механічний	
$m_s$ , м <sup>2</sup>	$f_{\text{відн}}$	$m_s$ , м <sup>2</sup>	$f_{\text{відн}}$	$m_s$ , м <sup>2</sup>	$f_{\text{відн}}$

Виконаємо оцінку точності іншим способом.

Запишемо формулу:

$$S'_{\text{ср}} = \sum \frac{S_{\text{ср}}}{3},$$

де  $S'_{\text{ср}}$  – середня площа з трьох способів,  $S_{\text{ср}}$  – середня площа по кожному способу.

Потім знаходимо відхилення середньої площі, обчисленої графічним, напівмеханічними і механічним способами, від загальної площі:

$$\delta = S_{\text{ср}} - S'_{\text{ср}}.$$

Після цього оцінюємо точність, скориставшись виразом

$$\Delta = \frac{\delta}{S_{\text{ср}}} \cdot 100\%.$$

Результати оцінки точності зведемо в таблицю (табл. 1.7).

## Результати оцінки точності

	Графічний спосіб	Напівмеханічний спосіб	Механічний спосіб
$S'_{cp}, \text{м}^2$			
$S'_{cp}, \text{м}^2$			
$\delta$			
$\Delta, \%$			

## Завдання 2

**Тема: Пряма і зворотна геодезичні засічки**

**Навчальні цілі:** Отримання навичок розрахунку координат точок знімального обґрунтування прямою і зворотною геодезичною засічкою.

**Загальні відомості**

Рекультивація земель, порушених внаслідок ведення як підземних, так і відкритих гірничих розробок, передбачає виробництво планової і висотної зйомок. Зйомки ведуть, спираючись на тверді пункти з відомими координатами і тверді сторони з відомими дирекційними кутами.

Залежно від місцевих умов розвиток мережі пунктів знімальної основи можна робити різними способами. У нашому випадку розглядається питання створення знімального обґрунтування прямою і зворотною геодезичними засічками. Ці способи використовують при сильно горбистій місцевості, коли неможливе безпосереднє вимірювання віддалей від вставляємих пунктів до пунктів базису з відомими координатами.

**Зміст роботи**

За даними, виданими викладачем, виконати розрахунок координат пунктів знімального обґрунтування, створених прямою і зворотною геодезичними засічками.

**2.1. Пряма геодезична засічка**

При прямій геодезичній засічці вимірюють два кути при твердих точках між стороною базису і напрямками на обумовлену точку.

### Вихідні дані:

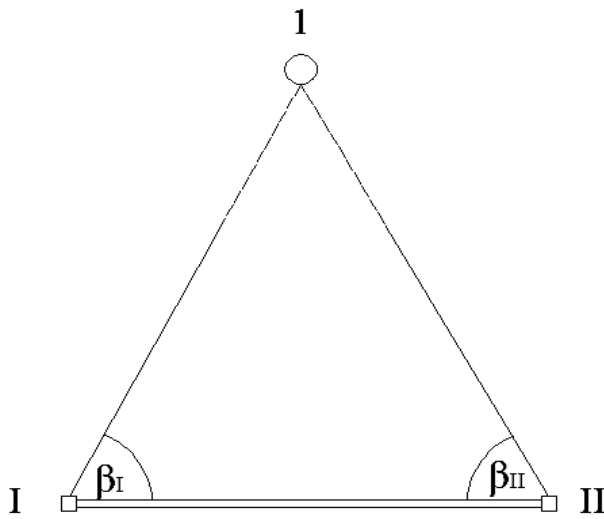


Рис. 2.1. Схема прямої засічки

Координати		
Точки	X,м	Y,м
I	5001.70	3498.08
II	4860.32	3365.64

### Кути:

$$\beta_I = 69^\circ 13.1'$$

$$\beta_{II} = 83^\circ 44.5'$$

### Визначити $X_1$ та $Y_1$

#### Хід роботи

1. Обчислюємо горизонтальний кут  $\beta_1$  при точці 1.

$$\beta_1 = 180 - (\beta_I + \beta_{II}) = 27^\circ 02.4'' :$$

2. Визначаємо дирекційний кут і довжину жорсткої сторони  $\alpha_{I-II}$  і  $d_{I-II}$  :

$$\alpha_{I-II} = \arctg \frac{\Delta Y}{\Delta X} = 223^\circ 07.8'$$

$$d_{I-II} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 193.72 \text{ м.}$$

$$d_{I-II} = \frac{\Delta X}{\cos(\alpha_{I-II})} = 193.72 \text{ м.}$$

$$d_{I-II} = \frac{\Delta Y}{\sin(\alpha_{I-II})} = 193.72 \text{ м.}$$

3. За теоремою синусів обчислюємо довжини інших сторін трикутника через відому сторону I – II та виміряні кути  $\beta_I$  і  $\beta_{II}$  :

$$d_{I-1} = \frac{d_{I-II} \cdot \sin \beta_{II}}{\sin \beta_1} = 423.58 \text{ м.}$$

$$d_{II-1} = \frac{d_{I-II} \cdot \sin \beta_I}{\sin \beta_1} = 398.40 \text{ м.}$$

4. Знаходимо дирекційний кути сторін I – 1 та II – 1

$$\alpha_{I-1} = \alpha_{I-II} - \beta_I = 153^\circ 54.7'$$

$$\alpha_{II-1} = \alpha_{I-II} + \beta_{II} = 126^\circ 52.3'$$

5. Обчислюємо прирісти координат:

$$\Delta X_{I-1} = d_{I-1} \cdot \cos \alpha_{I-1} = -380.42 \text{ м.}$$

$$\Delta Y_{I-1} = d_{I-1} \cdot \sin \alpha_{I-1} = 186.27 \text{ м.}$$

$$\Delta X_{II-1} = d_{II-1} \cdot \cos \alpha_{II-1} = -239.05 \text{ м.}$$

$$\Delta Y_{II-1} = d_{II-1} \cdot \sin \alpha_{II-1} = 318.71 \text{ м.}$$

6. Обчислюємо координати точки 1:

$$X_1^I = X_I + \Delta X_{I-1} = 4621.28 \text{ м.}$$

$$Y_1^I = Y_I + \Delta Y_{I-1} = 3684.35 \text{ м.}$$

$$X_1^{II} = X_{II} + \Delta X_{II-1} = 4621.27 \text{ м.}$$

$$Y_1^{II} = Y_{II} + \Delta Y_{II-1} = 3684.35 \text{ м.}$$

7. Обчислюємо середнє значення координат:

$$X_1 = \frac{X_1^I + X_1^{II}}{2} = 4621.28 \text{ м.}$$

$$Y_1 = \frac{Y_1^I + Y_1^{II}}{2} = 3684.35 \text{ м.}$$

8. Виконаємо оцінку точності

$$m_1 = \frac{m_{\beta''}}{\rho'' \cdot \sin(\beta_I + \beta_{II})} \cdot \sqrt{d_{I-1}^2 + d_{II-1}^2} = 0.03 \text{ м.}$$

2.1.1. Вирішимо дану задачу за формулами Юнга :

$$X_1 = \frac{X_I \cdot \operatorname{ctg} \beta_{II} + X_{II} \cdot \operatorname{ctg} \beta_I - Y_I + Y_{II}}{\operatorname{ctg} \beta_I + \operatorname{ctg} \beta_{II}} = 4621.27 \text{ м.}$$

$$Y_1 = \frac{Y_I \cdot \operatorname{ctg} \beta_{II} + Y_{II} \cdot \operatorname{ctg} \beta_I + X_I - X_{II}}{\operatorname{ctg} \beta_I + \operatorname{ctg} \beta_{II}} = 3684.35 \text{ м.}$$

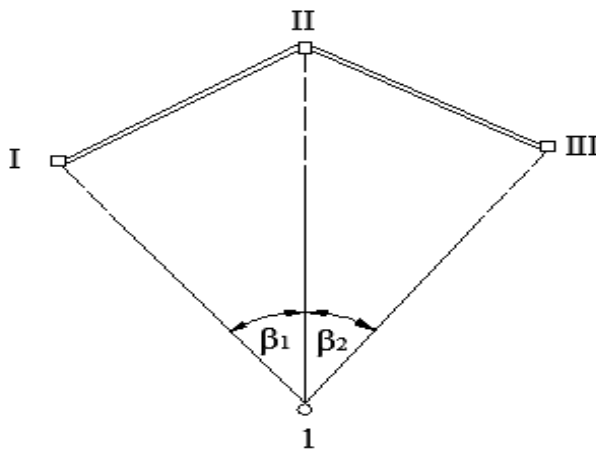
2.1.2. Вирішимо дану задачу за формулами Гауса

$$Y_1 = \frac{Y_I \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{I-1} - Y_{II} \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{II-1} - X_I + X_{II}}{\operatorname{ctg} \alpha_{I-1} - \operatorname{ctg} \alpha_{II-1}} = 3684.35 \text{ м.}$$

$$X_1 = X_I + (Y_1 + Y_I) \cdot \operatorname{ctg} \alpha_{I-1} = 4621.28 \text{ м.}$$

## 2.2. Зворотна геодезична засічка

При зворотній геодезичній засічці горизонтальні кути  $\alpha$  і  $\beta$  вимірюються теодолітом при точці на три жорсткі геодезичні пункти А, В, С.

**Вихідні дані:**

Координати		
Точки	X,м	Y,м
I	4825.49	3267.71
II	4966.87	3400.15
III	5005.16	3616.35

Рис.2.2. Схема зворотної засічки

**Кути:**

$$\beta_1 = 27^\circ 02.4'$$

$$\beta_2 = 30^\circ 10.5'$$

Визначити  $X_1$  та  $Y_1$ **Хід роботи**

1. За відомими координатами I, II, III знаходимо дирекційний кути і горизонтальні прокладання сторін I – II та II – III:

$$\alpha_{I-II} = \arctg \frac{\Delta Y_{I-II}}{\Delta X_{I-II}} = 43^\circ 07.8'$$

$$d_{I-II} = \sqrt{\Delta X_{I-II}^2 + \Delta Y_{I-II}^2} = 193.72 \text{ м.}$$

$$d_{I-II} = \frac{\Delta X}{\cos(\alpha_{I-II})} = 193.72 \text{ м.}$$

$$d_{I-II} = \frac{\Delta Y}{\sin(\alpha_{I-II})} = 193.72 \text{ м.}$$

$$\alpha_{II-III} = \arctg \frac{\Delta Y_{II-III}}{\Delta X_{II-III}} = 79^\circ 57.4'$$

$$d_{II-III} = \sqrt{\Delta X_{II-III}^2 + \Delta Y_{II-III}^2} = 219.56 \text{ м.}$$

$$d_{II-III} = \frac{\Delta X}{\cos(\alpha_{II-III})} = 219.56 \text{ м.}$$

$$d_{II-III} = \frac{\Delta Y}{\sin(\alpha_{II-III})} = 219.56 \text{ м.}$$

2. Обчислюємо значення кута I – II – III:

$$\angle_{I-II-III} = \alpha_{II-I} - \alpha_{II-III} = 143^\circ 10.4'$$



3. Визначаємо горизонтальні кути і при вихідних пунктах I і III:

$$\varphi_1 + \varphi_2 = 360^\circ - \angle_{I-II-III} = 159^\circ 36.7'$$

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{d_{II-III} \cdot \sin \beta_1}{d_{I-II} \cdot \sin \beta_2} = 44^\circ 17.4'$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2 \cdot \operatorname{arctg} \left( \operatorname{tg} \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \cdot \operatorname{ctg}(45^\circ + \theta) \right) = 7^\circ 53.1'$$

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} + \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = 83^\circ 44.9'$$

$$\varphi_2 = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = 75^\circ 51.8'$$

4. Контроль:

$$\frac{d_{II-III} \cdot \sin \beta_1}{d_{I-II} \cdot \sin \beta_2} = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2}$$

5. З трикутників I – II – 1 і II – 1 – III визначаємо кути I – II – 1 і III – II – 1

$$\angle_{I-II-1} = 180^\circ - \beta_1 - \varphi_1 = 69^\circ 12.7'$$

$$\angle_{III-II-1} = 180^\circ - \beta_2 - \varphi_2 = 73^\circ 57.7'$$

6. Знаходимо дирекційні кути і горизонтальні прокладання сторін I – 1 та III – 1:

$$\alpha_{I-1} = \alpha_{I-II} + \varphi_1 = 126^\circ 52.7'$$

$$\alpha_{III-1} = \alpha_{III-II} + \varphi_2 = 184^\circ 05.6'$$

$$d_{I-1} = \frac{d_{I-II} \cdot \sin(\angle_{I-II-1})}{\sin \beta_1} = 398.38 \text{ м.}$$

$$d_{III-1} = \frac{d_{II-III} \cdot \sin(\angle_{III-II-1})}{\sin \beta_2} = 419.81 \text{ м.}$$

7. Обчислюємо прирости координат точки 1 відносно точок I і III:

$$\Delta X_{I-1} = d_{I-1} \cdot \cos \alpha_{I-1} = -239.07 \text{ м.}$$

$$\Delta Y_{I-1} = d_{I-1} \cdot \sin \alpha_{I-1} = 318.67 \text{ м.}$$

$$\Delta X_{III-1} = d_{III-1} \cdot \cos \alpha_{III-1} = -418.74 \text{ м.}$$

$$\Delta Y_{III-1} = d_{III-1} \cdot \sin \alpha_{III-1} = -29.97 \text{ м.}$$

8. Обчислюємо координати точки 1:

$$X_1^I = X_I + \Delta X_{I-1} = 4586.42 \text{ м.}$$

$$Y_1^I = Y_I + \Delta Y_{I-1} = 3586.38 \text{ м.}$$

$$X_1^{III} = X_{III} + \Delta X_{III-1} = 4586.42 \text{ м.}$$

$$Y_1^{III} = Y_{III} + \Delta Y_{III-1} = 3586.38 \text{ м.}$$

9. Обчислюємо середнє значення координат:

$$X_1 = \frac{X_1^I + X_1^{III}}{2} = 4586.42 \text{ м.}$$

$$Y_1 = \frac{Y_1^I + Y_1^{III}}{2} = 3586.38 \text{ м.}$$

10. Знаходимо похибку визначення точки 1:

$$m_1 = \frac{d_{II-I} \cdot m_{\beta''}}{\rho'' \cdot \sin(\varphi_1 + \varphi_2)} \cdot \sqrt{\left(\frac{d_{I-1}}{d_{I-II}}\right)^2 + \left(\frac{d_{III-1}}{d_{II-III}}\right)^2} = 0.08 \text{ м.}$$

### **Завдання 3**

**Тема:** Складання проекту вертикального планування будівельного майданчика

**Навчальні цілі:**

1. Отримання навичок складання проекту вертикального планування під горизонтальний будівельний майдан.
2. Отримання навичок складання проекту вертикального планування під похилий майданчик.

#### **Загальні відомості**

Планувальні роботи – необхідний і відповідальний етап у створенні потрібного рельєфу на території, що рекультивується. Такі роботи вимагають ретельного контролю, оскільки без цього неможливо створити рельєф, що відповідає проектному.

Відновлення порушених територій для їх подальшого використання здійснюють під горизонтальний або похилий майданчик.

Перетворення природного рельєфу на території будмайданчика в поверхню, яка задовольняє технічним вимогам даної споруди, називається вертикальним плануванням. Проект вертикального планування є складовою частиною генплану будівництва; у його розробці важливе місце займають геодезичні розрахунки.

Залежно від умов експлуатації зведених споруд розрізняють випадки вертикального планування під горизонтальний або похилий майданчик. Основою для складання проекту вертикального планування слугують топографічні плани місцевості в масштабах 1:1000 – 1:500, отримані в результаті нівелювання поверхні за квадратами.

## **Зміст завдання**

За даними нівелювання: обчислити висотні позначки всіх вершин квадратів; побудувати план ділянки з висотою перерізу рельєфу 0,5 м; побудувати картограму земляних робіт в масштабі 1:1000; обчислити обсяги земляних робіт з дотриманням нульового балансу; обчислити коефіцієнт планування.

### **Вихідні дані:**

1. Журнал нівелювання за квадратами;
2. Відмітка вершини квадрата А / 1;
3. Проектні ухили за обопільно перпендикулярними сторонам квадратів  $i_1$  та  $i_2$ .

### **3.1. Складання проекту вертикального планування під горизонтальний майданчик**

#### **Вихідні дані:**

- 1) Журнал нівелювання за квадратами (рис.3.1);
- 2) Абсолютна відмітка вершини квадрата А / 1.

#### **Завдання**

- 1) Обробити журнал нівелювання за квадратами;
- 2) Обчислити абсолютні позначки вершин квадратів;
- 3) Побудувати топографічний план ділянки з висотою перерізу рельєфу 0,5 м;
- 4) Обчислити проектну відмітку горизонтального майданчика;
- 5) Обчислити робочі позначки;
- 6) Побудувати картограму земляних робіт;
- 7) Обчислити обсяги земляних робіт.

д	1934	2308	1645	2101	1941	1902	1294	1883	1408	1825
г	1434	1889	1226	1631	1471	1798	1190	1702	1227	1731
	1699	2154	1532	1937	1499	1826	1741	2253	1582	2086
в	1373	1823	1201	1611	1173	1578	1493	1998	1327	1751
	0578	1028	0656	1066	0426	0831	0310	0815	0465	0889
б	0896	1605	1233	1828	1188	1759	1238	1686	1336	0561
	0855	1564	0974	1569	1046	1617	1033	1481	1119	0344
а	1663	2143	1553	1970	1447	1985	1401	2083	1721	1200
	1	2	3	4	5	6				

Рис 3.1. Журнал-схема нівелювання за квадратами

### 3.1.1. Обробка журналу геометричного нівелювання за квадратами

1. Обчислюють перевищення між вершинами квадратів: перевищення дорівнює різниці заднього відліку  $a$  і переднього  $b$ , тобто  $h = a - b$  (за зовнішнім ходом).

2. Обчислюють перевищення між вершинами квадратів за внутрішніми ходами: перевищення дорівнює різниці заднього відліку  $a$  і переднього  $b$ , тобто  $h_1 = a_1 - b_1$ ,  $h_2 = a_2 - b_2$ , тоді перевищення між вершинами буде дорівнювати середньому:  $h = \frac{h_1 + h_2}{2}$ .

3. Обчислюють суму перевищень за зовнішнім ходом  $\Sigma h$ , яка не повинна перевищувати допустиму нев'язку  $f_{\text{дон}} = \pm 4 \text{ мм} \sqrt{n}$ , де  $n$  – кількість станцій у нівелірному ході.

4. Якщо  $\Sigma h = f_h \leq f_{\text{дон}}$ , то в значення перевищень вводять поправки зі знаком, зворотним знаку нев'язки  $f_h$ .



Д	106,043 +374	105,669 +456	105,213 -39	105,252 +589	104,663 +417	104,246				
	+500	-419	-419	-470	-470	-104	-104	-181	-181	-94
Г	106,543	106,088	105,683	105,356	104,844	104,340				
	+326	-331	-331	-326	-326	-248	-248	-255	-255	-335
В	106,869	106,419	106,009	105,604	105,099	104,675				
	+326	+577	+577	+762	+762	+928	+928	+871	+871	-328
Б	106,551	105,842	105,247	104,676	104,228	105,003				
	-808	+579	+579	+401	+401	+368	+368	+602	+602	+856
А	106,743 -480	105,263 -417	104,846 -538	104,308 -682	103,626 +521	104,147				
	1	2	3	4	5	6				

*Рис. 3.2. Відомість обробки нівелювання за квадратами*

### 3.1.2. Побудова плану нівелювання за квадратами

На аркуші ватману формату А3 викреслюють сітку квадратів з розмірами 60 x 60 м в масштабі 1: 1000. Біля вершин квадратів підписують їх абсолютні відмітки, округливши їх до сотих метра. Інтерполюючи кожен бік квадратів, знаходять сліди горизонталей з перерізом рельєфу 0,5 м. Знайдені інтерполяцією сліди однойменних горизонталей з'єднують плавними кривими, і таким чином, отримують горизонталі.

Відмітки горизонталей, що кратні 5 м, підписують у розривах горизонталей, при цьому верх цифр повинен бути звернений у бік підвищення схилу місцевості (рис. 3.3).

При кресленні елементів рельєфу, горизонталі проводять коричневою тушшю. Звичайна товщина горизонталі повинна бути 0,1 мм, а горизонталі з відміткою, кратною 5 м, потовщують в 2 рази.

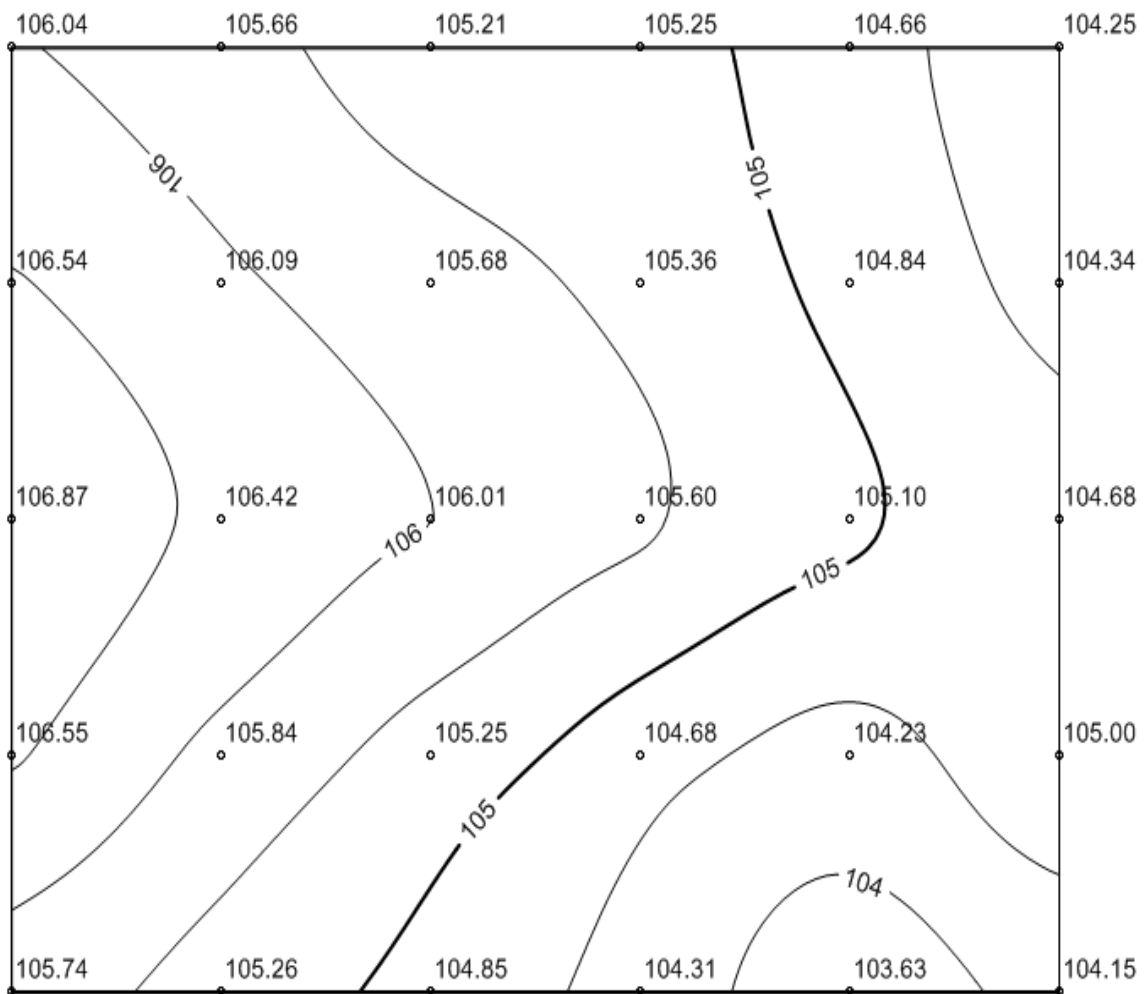


Рис. 3.3. План нівелювання ділянки за квадратами

### 3.1.3. Проект горизонтального майданчика з дотриманням балансу земляних робіт

Викреслюють сітку квадратів для отримання вихідних даних для проектування горизонтального майданчика.

Для полегшення подальших обчислень знаходять відносні позначки вершин квадратів (рис. 3.4)

$$H_i^{\text{відн}} = H_i - H_{\min}$$

де  $H_i$  – відмітка і вершини квадрата;  $H_{\min}$  – мінімальна з усіх позначок вершин сітки квадратів.

Для цього на намальованій сітці квадратів зверху підписують абсолютні відмітки, обчислені раніше, а нижче – відносну відмітку.

Обчислюють проектну відмітку горизонтального майданчика:

$$H_0 = H_{\min} + \frac{\Sigma H_1^{\text{відн}} + 2\Sigma H_2^{\text{відн}} + 3\Sigma H_3^{\text{відн}} + 4\Sigma H_4^{\text{відн}}}{4n} \text{ м,}$$

де  $\Sigma H_1^{відн}$  – сума відносних оцінок вершин, що належать тільки одному квадрату;  $\Sigma H_2^{відн}$ ,  $\Sigma H_3^{відн}$ ,  $\Sigma H_4^{відн}$  – суми відносних відміток вершин загальних для двох, трьох і чотирьох квадратів відповідно;  $n$  – число квадратів.

д	106.0 2.4	105.7 2.1	105.2 1.6	105.2 1.6	104.7 1.1	104.2 0.6
-	106.5 2.9	106.1 2.5	105.7 2.1	105.4 1.8	104.8 1.2	104.3 0.7
в	106.9 3.3	106.4 2.8	106.0 2.4	105.6 2.0	105.1 1.5	104.7 1.1
б	106.6 3.0	105.8 2.2	105.2 1.6	104.7 1.1	104.2 0.6	105.0 1.4
а	105.7 2.1	105.3 1.7	104.8 1.2	104.3 0.7	103.6 0.0	104.1 0.5

Рис. 3.4. Отримання вихідних даних для проектування горизонтального майданчика

На аркуші ватману формату А3 будують в масштабі 1: 1000 картограму земляних робіт. Користуючись обчисленою проектною відміткою  $H_0$  і значеннями позначок  $H_i$  вершин квадратів, обчислюють робочі позначки (висоти насипів та глибини виїмок)  $a_i = H_0 - H_i$  і записують їх на картограмі біля відповідних вершин, округливши їх до десятих метра (рис. 3.5).

Будують на картограмі лінію нульових робіт (лінію перетину топографічної поверхні ділянки проектною горизонтальною площиною). Для цього знаходять положення точок нульових робіт на всіх тих сторонах квадратів, вершини яких мають робочі позначки з протилежними знаками. Відстані до точки нульових робіт від найближчих вершин квадрата знаходять за формулами:

$$X = \frac{a_1 d}{a_1 + a_2}, \quad Y = \frac{a_2 d}{a_1 + a_2},$$



де  $a_1$  і  $a_2$  – абсолютні значення робочих відміток на найближчих вершинах квадрата;  $d$  – довжина сторони квадрата.

Обчислення контролюються завдяки дотриманню рівності  $X + Y = d$ .

Обчислення відстані  $X$  і  $Y$  надписують і відкладають в масштабі на картограмі, знаходячи точки нульових робіт. Сусідні точки нульових робіт з'єднують потовщеною лінією – лінією нульових робіт (червоним кольором).

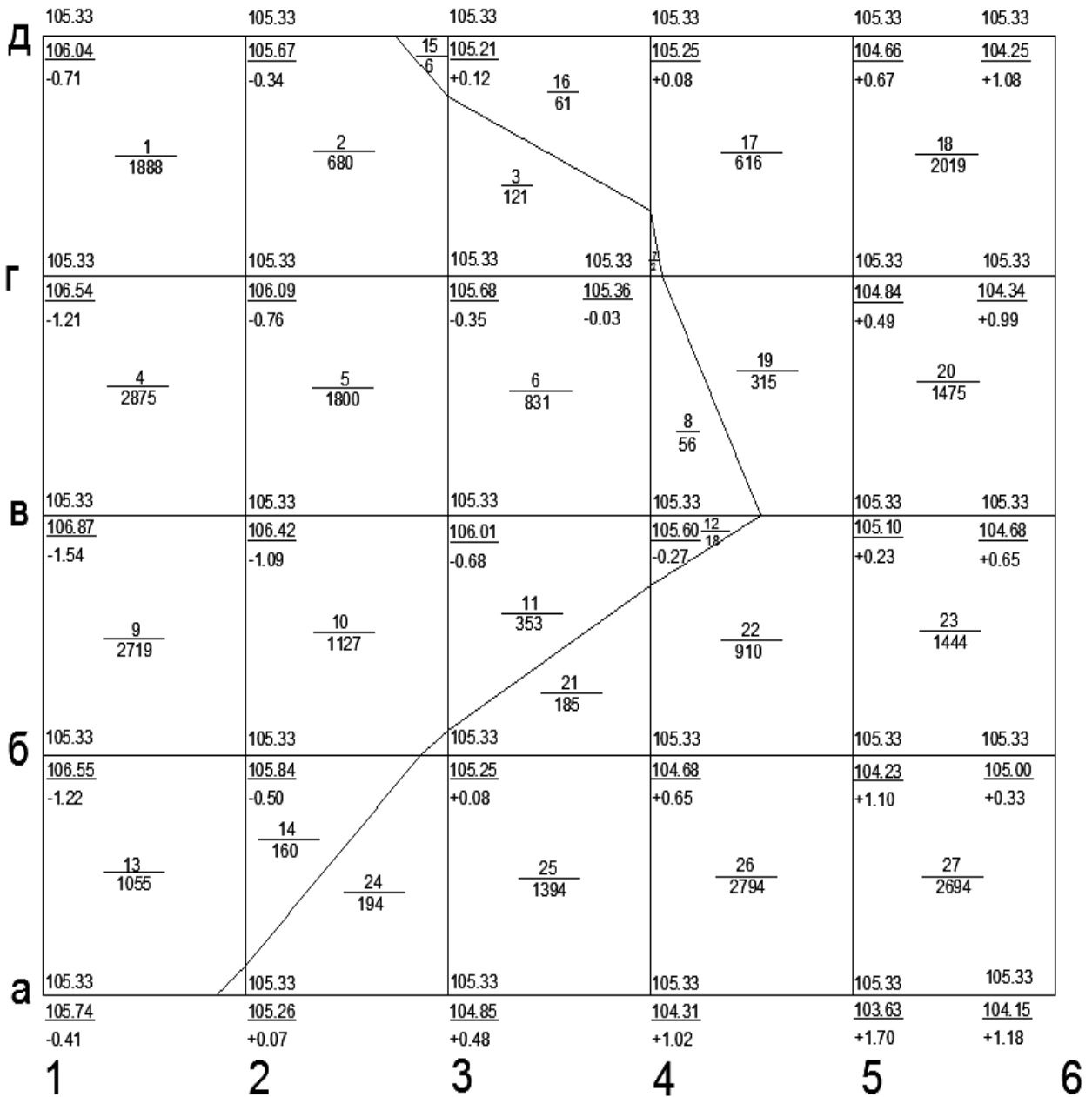


Рис.3.5. Картограма земляних робіт



На картограмі під номером кожної фігури вказується обсяг земляних робіт в ній з округленням до цілих куб. м.

Насипи фарбують червоним, виїмки – жовтим кольором.

### 3.1.4. Контроль правильності обчислень

$$S_{\text{общ}} = \Sigma S_H + \Sigma S_B =$$
$$\Delta V = |\Sigma V_H| - |\Sigma V_B| =$$
$$\frac{|\Delta V|}{|\Sigma V_H| + |\Sigma V_B|} \cdot 100\% \leq 2\%$$

Коефіцієнт планування, тобто обсяг земляних робіт, що припадає на одиницю площі  $K_n = V / S_p$ , де  $V$  – загальний обсяг земляних робіт, м<sup>3</sup>;  $S$  – площа рекультивованої ділянки, м<sup>2</sup>.

При  $K_n < 1$  земляні роботи, як правило, виконуються бульдозером, при  $K_n > 1$  – екскаватором.

#### На рецензування подаються:

- 1) Журнал нівелювання за квадратами.
- 2) Ув'язка нівелювання за квадратами.
- 3) Топографічний план ділянки.
- 4) Отримання вихідних даних для проектування.
- 5) Обчислення проектної відмітки горизонтального майданчика.
- 6) Картограма земляних робіт.
- 7) Відомість обчислення обсягів земляних робіт.

### 3.2. Вертикальне планування під похилий майданчик

Проектування майданчиків за заданим ухилом проводять при вертикальному плануванні внутрішньоквартальних територій, при улаштуванні майданчиків під технологічне обладнання тощо. Вихідними даними є фактичні позначки вершин квадратів, проектна відмітка опорної точки М (рис. 3.6, а) і проектні ухили по взаємно перпендикулярним сторонам квадратів  $i_1$  і  $i_2$ . Розрахунки та побудови ведуться на робочому кресленні, де нанесена сітка квадратів в масштабі 1:500.

Зв'язок між проектними відмітками точок похилої проектної площині і опорної точки М в загальному випадку встановлюється за формулою:

$$H_n = H_M + i_1 S_1 + i_2 S_2,$$

де  $S_1$  і  $S_2$  – відстані по сторонах квадратів від опорної до визначаємої точки.

Практично спочатку обчислюють проектні перевищення по сторонах квадрата:

$$h_1 = i_1 d ; h_2 = i_2 d ,$$

де  $d$  – довжина сторони квадрата.

Далі за позначкою опорної точки  $M$  і розрахованим перевищенням знаходять проектні позначки вершин квадратів за контуром сітки, а потім – вершин квадратів всередині контуру. Така послідовність забезпечує надійний контроль обчислень.

За значеннями проектних і фактичних відміток вершин обчислюють їх робочі позначки, які виписують на кресленні біля відповідних вершин квадратів (рис. 3.6, б). Квадрати сітки, які мають у своїх вершинах робочі позначки одного знака, називаються однорідними, а різних знаків – перехідними або змішаними.

На сторонах перехідних квадратів між вершинами, що мають робочі позначки з різними знаками, знаходять положення точок нульових робіт. Відстані до точок нульових робіт визначають аналітично. Поєднавши точки нульових робіт, отримують лінію нульових робіт. За допомогою графічного інтерполювання робочих відміток по сторонах квадратів будують ізолінії робочих відміток (ізороби) з висотою перерізу 0,1 – 0,5 м. На кресленні лінія нульових робіт, що розмежовує насипи від виїмок, виділяється потовщеною лінією.

Надалі перед початком земляних робіт робочі позначки зі своїми знаками виписують на сторожках у відповідних вершинах квадратів. Лінія нульових робіт виноситься на місцевості по сторонах квадратів і позначається поруч з кілочками.

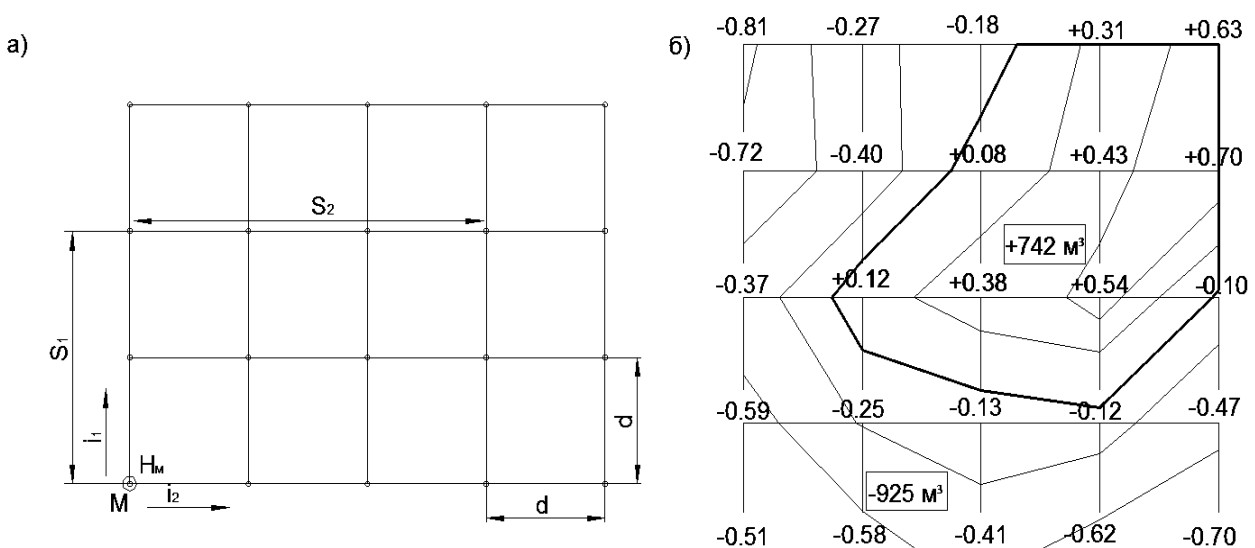


Рис. 3.6. Вертикальне планування будівельного майданчика

### 3.3. Підрахунок обсягів земляних робіт

Обсяги земляних робіт підраховують на підставі робочих відміток вершин квадратів роздільно по виїмці і насипу ґрунту. Залежно від характеру рельєфу місцевості і необхідної точності підрахунок обсягів здійснюють способами середнього арифметичного, призм, паралельних перетинів та ін.

При складанні проекту вертикального планування на основі нівелювання поверхні за квадратами зазвичай використовують спосіб призм. При цьому об'єми насипу та виїмки прирівнюють до обсягів призм з основою у вигляді трикутників, квадратів або трапецій і висотою, що дорівнює середній робочій позначці фігури.

В однорідних квадратах обсяг чотиригранної призми визначається за формулою:

$$V_{кв} = \frac{S}{4} \sum_1^3 h^{раб},$$

де  $S$  – площа підстави призми (квадрата).

У змішаних квадратах, які перетинає лінія нульових робіт, частини квадратів зазвичай ділять на трикутники і обсяг кожної тригранної призми знаходять як:

$$V_{тр} = \frac{S}{3} \sum_1^3 h^{раб}.$$

При цьому в підрахунку середньої робочої позначки в число точок включають і нульові точки.

Остаточним графічним документом вертикального планування є картограма земляних робіт (див. рис. 3.6, в), на якій вказуються фактичні, проектні та робочі позначки вершин, положення лінії нульових робіт і значення обсягів насипу і виїмки ґрунту за однорідними квадратами і окремими частинами перехідних квадратів.

Після підрахунку обсягів для окремих геометричних фігур обчислюють загальні обсяги насипу та виїмки і зводять баланс земляних робіт, тобто визначають надлишок або нестачу ґрунту при вертикальному плануванні майданчика. Для наочності на плані площі насипів і виїмок розфарбовують різними кольорами.

## Список літератури

1. Попов И.И. Маркшейдерские работы при рекультивации земель на горнах предприятиях. Учебник / И.И. Попов, А.Ф. Немкин – М. : Недра, 1984 – 184 с.
2. Поклад Г.Г. Геодезия : Учеб. для вузов / Г.Г. Поклад. – М. : Недра, 1988. – 304 с.
3. Борщ-Компониец В.И. Геодезия, основы аэрофотосъемки и Маркшейдерского дела : Учебник для вузов / В.И. Борщ-Компониец – М. : Недра, 1984. – 448 с.
4. Островський А.Л. Геодезія. Ч. № 1. Топографія: навч. посіб. / А.Л. Островський, О.І. Мороз, З.Р. Тартачинська, І.Ф. Герасемчук – Л. : Вид-во Львівської політехніки, 2011. – 440 с.
5. Федоров Б.А. Геодезия: Учеб. для вузов / Б.А. Федоров. – М. : Высш. ш., 1969. – 308 с.

**Тельнов Вячеслав Геннадійович**

**ОСНОВИ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ**

Методичні рекомендації

до виконання лабораторних і контрольних робіт  
студентами напряму підготовки 6.080101  
Геодезія, картографія та землеустрій

Редактор Є.М. Ільченко

Підп. до друку 10.09.2014. Формат 30x42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,7.  
Обл.-вид. арк. 1,7. Тираж 25 пр. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19