

равки, які задовольняють умовні рівняння і при цьому сума квадратів поправок є мінімальною. При зміні виду умовних рівнянь отримані з врівноваження поправки дещо змінюються.

Свідченням того, що обидва варіанти врівноваження дають однакові результати є повна збіжність в межах точності обчислень координат пунктів, які визначаються в мережах.

Отже, проведений експеримент доводить, що врівноваження мереж трилатерації з надлишковим числом вихідних пунктів можна спростити, замінюючи умовні рівняння координат умовними рівняннями сум кутів або дирекційних кутів. Це практично дає можливість уніфікувати врівноваження мереж трилатерації корелатним способом, бо всі умовні рівняння, які виникають в мережах трилатерації, можна скласти у вигляді умовних рівнянь сум кутів.

1. *Методы и приборы высокоточных геодезических измерений в строительстве.* // – Под ред В.Б. Большакова. – М.: Недра, 1976. – 336 с. 2. *Яковлев Н.В. Высшая геодезия.* – М.: Недра, 1989. – 218 с. 3. *Зайцев А.К. Трилатерация.* М.: Недра, 1989. – 448 с.

**М.І. Кравцов, В.М. Новосад, О.І. Терещук**  
Національний університет “Львівська політехніка”

## **КООРДИНАТНО-ВЕКТОРНИЙ СПОСІБ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ТОПОГРАФІЧНОЇ ПОВЕРХНІ СХИЛУ**

© Кравцов М.І., Новосад В.М., Терещук О.І., 2001

**Рассмотрен координатно-векторный способ представления топографической поверхности склона и определения элементов залегания пласта.**

**The coordinate – vector method is considered for the representation of a slope as well as for the determination of bedding elements of a stratum.**

Положення площини в просторі може бути визначено трьома координатами однієї з її точок та напрямком і величиною найбільшого ухилу площини. При цьому ухил площини в будь-якому напрямку є векторною величиною, напрямком якої характеризується дирекційним кутом  $\alpha$ , а величина ухилу  $i$  є модулем вектора. Очевидно, що найбільший або головний ухил площини графічно визначається головним вектором і характеризується величинами  $\alpha_0$  та  $i_0$ .

З аналітичної геометрії відомо, що рівняння площини у відрізках  $a$ ,  $b$  і  $c$  на осях прямокутної системи координат має вигляд

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} + \frac{z}{c} = 1. \quad (1)$$

Якщо відомі складові ухилів площини  $i_x$  і  $i_y$  по осях координат  $x$  і  $y$ , то рівняння (1) можна подати у вигляді

$$xi_x + yi_y + z - c = 0,$$

де 
$$i_x = \frac{c}{a}; \quad i_y = \frac{c}{b} \quad (2)$$

Нехай тепер площина проходить через точку з координатами  $X_0, Y_0, Z_0$ . Тоді повинна виконуватись вимога

$$x_0 i_x + y_0 i_y + z_0 - c = 0. \quad (3)$$

Тоді рівняння площини буде

$$(x - x_0) i_x + (y - y_0) i_y + (z - z_0) = 0. \quad (4)$$

Але

$$\begin{aligned} i_x &= i_o \cos \alpha_o \\ i_y &= i_o \sin \alpha_o \end{aligned} \quad (5)$$

Тому вираз (4) можна записати у вигляді

$$i_o \cos \alpha_o (x - x_0) + i_o \sin \alpha_o (y - y_0) + (z - z_0) = 0. \quad (6)$$

З рівнянь (4) і (6) можна визначити висоту будь-якої точки площини, заданої плоскими координатами  $x, y$ , тобто

$$z = z_0 + i_x (x - x_0) + i_y (y - y_0), \quad (7)$$

або

$$z = z_0 + i_o \cos \alpha_o (x - x_0) + i_o \sin \alpha_o (y - y_0). \quad (8)$$

В загальному вигляді

$$z = z_0 + il, \quad (9)$$

де  $l$  – відстань між точками з координатами  $x_0, y_0$  і  $x, y$ ;  $i$  – ухил напрямку з першої точки на другу.

З (8) і (9) виходить, що

$$i_o \cos \alpha_o (x - x_0) + i_o \sin \alpha_o (y - y_0) = il. \quad (10)$$

Очевидно, що

$$\begin{aligned} x - x_0 &= l \cos \alpha \\ y - y_0 &= l \sin \alpha \end{aligned} \quad (11)$$

Підставивши ці величини в (10), знаходимо

$$i = i_o \cos(\alpha - \alpha_o). \quad (12)$$

Отже, годограф векторів-ухилів площини можна уявити у вигляді кола, діаметром якого є головний ухил  $i_o$  (див. рисунок а).

Значить

$$i_o = \sqrt{ix^2 + iy^2}. \quad (13)$$

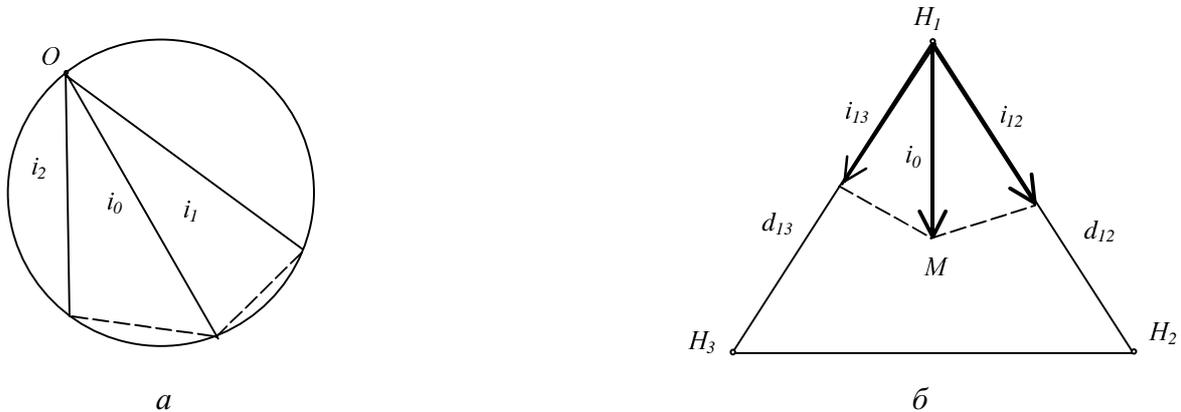
Крім того, головний ухил може бути визначений за ухилами  $i_1$  і  $i_2$  двох довільно взятих прямих на площині. Складають вектори не будуючи паралелограм, а способом перпендикулярів. Із кінцевих точок векторів  $i_1$  і  $i_2$ , прикладених до точки О, ставлять перпендикуляри до цих векторів. Точка перетину перпендикулярів буде кінцевою точкою головного вектора, прикладеного до точки О.

Отже, досить просто можна визначити елементи закладення пластів на схилі. Напрямок і абсолютна величина головного ухилу площини (напрямок падіння пласта), заданої трьома точками з висотами  $H_1, H_2, H_3$ , визначені на рисунку б\*. Головний ухил  $i_o$

---

\* Григоренко А.Г., Кюнцель В.В., Новак В.Є., Тамутич З.П. Інженерна геодинаміка – К.: Либідь, 1992.

отримуємо в результаті складання ухилів за правилом перпендикулярів. Ухил вздовж будь-якого із напрямків, проведених на площині, легко визначається з рисунка.



Годограф векторів-ухилів (а) і елементів залягання прошарку порід (б)

Практично елементи закладення довільного пласта схилу при координатно-векторному способі задавання його на поверхні можна звести до наступного:

1. На топографічний план схилу накладають за координатами  $x_i y_i$  осі свердловини 1, 2, 3 (за умовою їх вертикальності) і біля кожної з них підписують відмітки верху пласта в точках перетину його свердловинами  $H_1, H_2, H_3$ ;
2. За формулами

$$i_{12} = \operatorname{tg} \gamma_{12} = \frac{H_1 - H_2}{d_{12}}; \quad (14)$$

$$i_{13} = \operatorname{tg} \gamma_3 = \frac{H_1 - H_3}{d_{13}}, \quad (15)$$

де  $d_{12}$  і  $d_{13}$  – горизонтальні прокладення між осями свердловин 1-2, 1-3, обчислюють відповідні ухили, які в прийнятому масштабі відкладають на відповідних кривих.

3. Ставлять в кінцевих точках векторів  $i_{12}$  та  $i_{13}$  перпендикуляри, отримують кінцеві точки  $M$  головного ухилу  $i_0$ ;

4. За допомогою транспортира визначають дирекційний кут  $\alpha_0$  напрямку головного ухилу, а за формулою

$$\alpha_{\Pi} = \alpha_0 - 90^\circ,$$

де  $\alpha_{\Pi}$  – дирекційний кут напрямку пласта.

5. З врахуванням масштабу побудови ухилів  $i_{12}$  та  $i_{13}$  визначають значення головного ухилу  $i_0 = \operatorname{tg} \gamma_0$ , а за таблицями натуральних значень тригонометричних функцій – значення кута падіння  $\gamma_0$  даного пласта порід.

Зауважимо, що точність визначення елементів залягання пластів в даному способі (особливо кута падіння) сильно залежить від масштабу побудови ухилів  $i_{12}$  та  $i_{13}$ , тому слід брати його по можливості крупнішим.