

## АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАЛІГАННЯ ТРІЩИН ПРИ ВИКРИСТАННІ ЛАЗЕРНОГО СКАНЕРА

Визначення тріщинуватості значно впливає на проектування гірничих робіт. На сьогоднішній день найбільш перспективним є лазерне сканування. Оскільки даний метод вимірювання на кар'єрах блочного каменю є новим, необхідно виконати оцінку точності для даних умов вимірювання.

Всю сукупність систематичних похибок у величинах, виміряних наземними лазерними сканерами, можна поділити на дві групи:

- 1) інструментальні похибки, обумовлені якістю збірки та юстування механічних, оптичних та електронних частин приладу;
- 2) методичні похибки, джерелом яких є сам метод вимірювання величин за допомогою наземного лазерного сканера.

Величини похибок першої групи фактично відображаються в технічному паспорті сканера та визначаються на етапі зборки та юстування приладу, а потім періодично – під час калібрування та повірки.

В результаті впливу рефракції світових променів віддалемірний блок вимірює оптичну довжину хвилі, яка перевищує по довжині геометричну. Крім цього, атмосфера змінює фізичні параметри випромінювання, викликаючи згасання (послаблення інтенсивності), обумовлене поглинанням та розсіюванням енергії хвилі в атмосфері та випадкову зміну параметрів хвилі, обумовлене турбулентністю атмосферного повітря (флуктуація амплітуди (інтенсивності), фази, частоти, поляризації, напрямку поширення хвилі та кута розходження лазерного променя).

Характеристики більшості лазерних сканерів можна поділити на дві основні групи:

- 1) геометричні характеристики, які визначають точність та детальність отриманої моделі;
- 2) технічні характеристики, від яких залежить зручність роботи зі сканером, швидкість роботи сканера та умови виконання роботи.

Визначальними геометричними характеристиками наземного лазерного сканера є: максимальна вертикальна та горизонтальна роздільні здатності сканування; максимальний захват по вертикалі та горизонталі сканера; точність вимірювання відстаней, вертикальних та горизонтальних кутів; розходження лазерного променя; максимальна відстань сканування.

Одним із важливих параметрів при наземній лазерній зйомці є кутовий крок сканування, від величини якого залежить точність і детальність створюваної цифрової моделі об'єкта та рельєфу. Величина кутового кроку сканування визначається наступними факторами: технічними характеристиками сканера; складністю форми об'єкта та його поверхні; необхідною деталістю та точністю кінцевої продукції; необхідною продуктивністю сканерної зйомки (площі сканування за робочий день); оперативністю роботи (часом роботи на одній станції).

Для сканування конкретного об'єкта із достатньою щільністю точок не обов'язково задавати мінімально можливий кутовий крок сканування, який визначається кутовою роздільною здатністю сканера. Кутовий крок сканування повинен забезпечити можливість виділення тріщин певного розміру залежно від вимог до точності.

Для визначення числового значення попереднього розрахунку кутового вертикального  $\Delta\varphi$  та горизонтального  $\Delta\theta$  кроку сканування (в градусах) Т.О. Широкова, О.В. Комісаров, О.В. Романович в своїх роботах використовують наступну формулу (дана формула наведена для випадку, коли  $\Delta\varphi = \Delta\theta$ ):

$$\Delta\varphi = \frac{d}{\sqrt{2} \cdot S} \cdot \frac{180}{\pi},$$

де  $d$  – мінімальний розмір об'єкта, який необхідно відобразити на скані;

$S$  – відстань від сканера до об'єкта зйомки.

Перетворимо дану формулу для визначення мінімального розміру об'єкта:

$$d = \frac{\sqrt{2} \cdot \pi}{180} \cdot S \cdot \Delta\varphi. \quad (1)$$

В загальному вигляді середня похибка визначення мінімального розміру об'єкта має наступний вигляд:

$$m_d^2 = \left( \frac{\partial d}{\partial S} \right)^2 \cdot m_S^2 + \left( \frac{\partial d}{\partial (\Delta\varphi)} \right)^2 \cdot m_{\Delta\varphi}^2,$$

де  $m_S^2$  – похибка вимірювання відстані,

$m_{\Delta\varphi}^2$  – похибка вимірювання горизонтального і вертикального кроку сканування,

$$\frac{\partial d}{\partial S} = \Delta\varphi,$$

$$\frac{\partial d}{\partial(\Delta\varphi)} = S.$$

Підставляючи значення часткових похідних у формулу (1), отримуємо:

$$m_d^2 = \Delta\varphi \cdot m_s^2 + S \cdot m_{\Delta\varphi}^2. \quad (2)$$

Похибки вимірювання відстані  $m_s$  фазовим методом із використанням різних способів розв'язання невизначеності визначається за формулою:

$$m_s = \sqrt{m_c^2 + \left(\frac{v}{4\pi f}\right)^2 m_\varphi^2 + S^2 \left[ \left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_v}{v}\right)^2 \right]}, \quad (3)$$

де  $m_c$  – похибка визначення постійної поправки приладу;

$m_\varphi$  – похибка визначення різниці фаз між опорним та робочим сигналом;

$m_f$  – похибка, викликана відмінністю масштабної частоти від номінального значення;

$m_v$  – похибка визначення швидкості поширення електромагнітної хвилі;

$v$  – швидкість поширення електромагнітних хвиль;

$f$  – частота модуляції.

Підставляємо у (2) вираз для визначення похибки вимірювання відстані і отримуємо кінцевий вигляд формули для обчислення середньої похибки визначення мінімального розміру об'єкта:

$$m_d^2 = \Delta\varphi \cdot \left[ m_c^2 + \left(\frac{v}{4\pi f}\right)^2 m_\varphi^2 + S^2 \left[ \left(\frac{m_f}{f}\right)^2 + \left(\frac{m_v}{v}\right)^2 \right] \right] + S \cdot m_{\Delta\varphi}^2$$

В даній роботі було отримано формулу, за якою можна виконати аналіз точності визначення основних елементів залягання тріщин при використанні лазерного сканера. Оскільки розміри мікротріщин можуть досягати 0,0001 м, то є важливим визначення доцільності використання лазерного сканера при розв'язанні гірничих задач саме за допомогою даного методу, що можна зробити за допомогою вище наведеної формули.