

РОЗРАХУНОК СТІЙКОСТІ БОРТА КАР'ЄРУ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ МАТЕМАТИЧНИХ ПРИКЛАДНИХ ПАКЕТІВ

Задача забезпечення стійкості відкосу тісно пов'язана з вибором параметрів геометричних характеристик гірських виробок та методів добування корисної копалини. Сучасні теоретичні методи розрахунку громіздкі, потребують багато часу, та не завжди дають бажаний результат. Тому виникає необхідність в застосуванні новітніх методик з використанням математичних програмних прикладних пакетів типу MathCad, статистичних та інших математичних програм.

Стійкість укошу оцінюється за величиною коефіцієнта запасу стійкості, що визначається по відношенню моменту утримуючих сил до моменту руйнівних сил відносно центру найбільш небезпечної дуги ковзання:

$$n := \frac{M_{\text{утр}}}{M_{\text{руйн}}} \quad 1$$

Утримуючий момент визначається сумою нормальних сил (N_i), на які впливає об'ємна вага породи, кутом природного укошу, питомим щепленням породи (C), та довжиною дуги основи кожної поверхні обрушення (L):

$$M_{\text{утр}} := \sum_{i=1}^n N_i \cdot \tan(\varphi) + C \cdot L \quad 2$$

Момент руйнівних сил визначається сумуванням тангенціальних сил (T_i):

$$M_{\text{руйн}} := \sum_{i=1}^n T_i \quad 3$$

Вихідними даними є наступні характеристики укошу: висота укошу, кут нахилу укошу, кут природного укошу породи, питома щеплення породи, об'ємна вага породи.

Для початку знаходимо функцію положення центрів кожної з призм обрушення. Для цього знаходимо крайні точки положення центрів (\min) і (\max). Ці точки є сталими для певної висоти і нахилу укошу. Точка (\min) є центром призми для якої нижня площадка являється дотичною. Точка (\max) є центром призми радіус якої проходить через точки перетину укошу з нижньою і верхньою площадками:

$$\min := \frac{h}{\tan\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \cdot \cos\left(\frac{36\pi}{180}\right)} \quad \max := \frac{h}{2 \sin\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \cdot \cos\left[\frac{(\alpha + 36) \cdot \pi}{180}\right]} \quad 4$$

На відрізку $[\min; \max]$ і буде знаходитись положення центра призми обрушення з найменшим коефіцієнтом запасу стійкості, який визначатиметься перемінною (n):

$$O(n) := (n) \cdot (\max - \min) \quad 5$$

Для наочності зображення побудуємо 5 поверхонь призм обрушення рис.1:

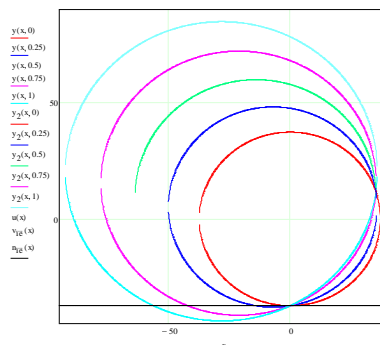


Рис.1. 5 поверхонь призм обрушення

Для управління процесом обрахунку задаємо крок для перемінної, це забезпечить використання даного алгоритму на комп'ютерах з низькими технічними параметрами:

$$n := 0, \frac{1}{k} \dots 1 \quad 6$$

де параметр (k) – кількість поверхонь обрушення. Маючи функцію зміщення центрів ми можемо побудувати функцію зміни радіусів, а відповідно і функцію призм обрушення.

Для знаходження площі кожного елементарного блока застосовуємо інтегрування зі змінними межами.

$$T(n) := \sqrt{R(n)^2 - \left(\sin\left(\frac{36\pi}{180}\right) \cdot \min + \sin\left(\frac{36\pi}{180}\right) \cdot O(n) \right)^2} - \cos\left(\frac{36\pi}{180}\right) \cdot O(n)$$

$$S_1(n, i) := \int_{(i-1) \cdot \frac{T(1)}{I}}^{i \cdot \frac{T(1)}{I}} \int_{y(x, n)}^{u(x)} 1 \, dy \, dx$$

$$S_2(n, i) := \int_{T(1) + \frac{(i-1) \cdot (T(n) - T(1))}{I}}^{T(1) + \frac{i \cdot (T(n) - T(1))}{I}} \int_{y(x, n)}^{v_{ie}(x)} 1 \, dy \, dx$$

7

де параметр (i)- кількість елементарних блоків, який впливає на точність обрахунків коефіцієнта запасу стійкості, та не впливає на швидкість побудови епюри.

Визначаємо кут (θ) нахилу дотичної до центра дуги поверхні ковзання в кожному блоці.

Визначаємо вагу кожного блоку та, відповідно, нормальні і дотичні сили.

Для побудови функції коефіцієнта запасу стійкості нам не вистачає лише функції яка буде відповідати за довжину дуги основи кожної поверхні обрушення:

$$L(n) := R(n) \cdot \left(2 \cdot \arcsin\left(\frac{\sqrt{T(n)^2 + h^2}}{2 \cdot R(n)}\right) \right)$$

8

Промодельуємо наші результати і отримаємо епюру коефіцієнта запасу стійкості рис.2.

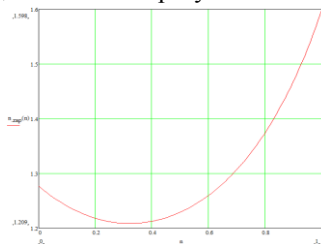


Рис.2. Еюра коефіцієнта запасу стійкості

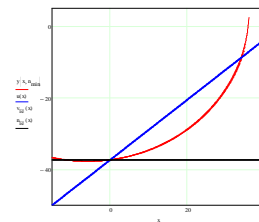


Рис. 3. Критична поверхня ковзання з найменшим коефіцієнтом запасу стійкості укусу

В нашому випадку коефіцієнт запасу стійкості становить 1,209.

Змодельуємо критичну поверхню ковзання з найменшим коефіцієнтом запасу стійкості укусу (рис.3.)

В результаті дослідження була змодельована призма обрушення, та визначено чисельне значення мінімального коефіцієнта запасу стійкості. Встановлено, що на точність обрахунків впливає лише ширина елементарного блоку, кількість призм обрушення не впливає, як це стверджувалося в теорії. На швидкість графічної побудови впливає лише кількість призм обрушення, що обраховуються. Введено параметри для контролю швидкості процесу обрахунків, що має значення для комп'ютерів зі слабкими технічними характеристиками.