

ВСТАНОВЛЕННЯ СТУПЕНЮ СТІЙКОСТІ УСТУПУ КВАРЦОВИХ ПІСКІВ

Виконання гірничих робіт з видобутку будівельних корисних копалин в сучасних умовах характеризується складністю геологічних і гідрогеологічних умов їх розробки та інтенсифікацією і концентрацією гірничих процесів. Ці особливості впливають на стійкість укосів уступів та бортів кар'єрів. Вони, у свою чергу, визначають ефективність та повноту відпрацювання родовища, а також техніко-економічні показники роботи підприємства. Тому однією з основних задач на кар'єрі є визначення оптимальних параметрів укосів для забезпечення їхньої тривалої стійкості при мінімальних обсягах гірничих робіт. Завищені кути укосів призводять до розвитку зсувних явищ, які завдають значної матеріальної шкоди гірничим підприємствам (рис. 1). Зокрема, під зсувом опиняються підготовлені до виймання запаси корисних копалин та порушуються безпечні умови праці. Занижені кути укосів викликають значне збільшення обсягів розкривних робіт і призводять до втрат корисних копалин у бортах кар'єру.



Рис. 1. Загальний вигляд уступу кварцових пісків

Для кількісної та якісної оцінки стійкості укосів використовують значення коефіцієнта стійкості. Тому, завданням дослідження є визначення коефіцієнту стійкості укосу.

Традиційним методом визначення коефіцієнту стійкості укосу є використання графічних побудов при розрахунках. Застосування графіків і діаграм є досить зручним, простим та задовольняє інженерним вимогам. Однак такі розрахунки обмежені в точності, трудомісткі і не дозволяють виконати більш складні обчислення для особливих умов забезпечення стійкості укосів. Розвиток інформаційних технологій умовив розробку декількох пакетів прикладних програм для розрахунку стійкості схилів методами граничної рівноваги (SCAD Soft «Откос», Rocscience Slide, Slope, GeoStab 5 та ін.) та чисельних методів, що усувають зазначені недоліки.

Аналіз досліджень з питань вивчення стійкості природних і штучних укосів засвідчив, що на сьогодні існує значна кількість моделей, методів, критеріїв міцності масиву та способів розрахунку стійкості гірського масиву. Результатом розрахунків усіх їх є встановлення форми і місця розташування поверхні ковзання та визначення коефіцієнту стійкості гірського масиву. Зважаючи на це, метою досліджень є встановлення ступеня стійкості уступу кварцових пісків на кар'єрі Сихівського родовища та визначення коефіцієнту стійкості у програмному комплексі Rocscience Slide в 2D на основі методу граничної рівноваги.

Кварцові піски є тонко-дрібнозернистими, сипучими та слабо ущільненими. Фізико-механічні характеристики кварцових пісків Сихівського родовища наступні: об'ємна маса – $\gamma = 1,66 \text{ т/м}^3$; коефіцієнт розпушення – $K_p = 1,32$; природна вологість пісків – $W = 2,83 \%$; зчеплення пісків у гірському масиві – $C = 2 \text{ кПа}$; кут внутрішнього тертя – $\phi = 33^\circ$; коефіцієнт пористості – $e = 0,65$.

Відповідно до проекту розробки родовища висота робочого уступу повинна становити $H = 20 \text{ м}$, а кут відкосу – $\alpha = 30^\circ$. Однак в деяких випадках, через низку об'єктивних причин, технологічні параметри на кар'єрі можуть не дотримуватися. Зокрема, через вихід з ладу робочого обладнання та високу інтенсивність робіт, кут відкосу робочого уступу певний час може становити до 50° . Це порушує технологію видобування та безпеку праці, а також може спричинити осипи, обваллення та зсуви. Для попередження і запобігання зсувних явищ на укосах уступів необхідно оперативно визначати стійкість гірського масиву та можливу поверхню обваллення (ковзання).

Розрахунок стійкості уступу кварцових пісків при $\alpha = 50^\circ$ виконано в програмі Slide 6 методами граничної рівноваги з використанням критерію міцності Mohr-Coulomb. Для аналізу обрані методи Bishop, Janbu та Spencer.

Зокрема, для спрощеного методу аналізу Bishop, маємо наступні результати: глобальну мінімальну поверхню ковзання та контури коефіцієнта стійкості з мінімальним коефіцієнтом стійкості з усіх аналізованих поверхонь (рис. 2, а); поверхню мінімального коефіцієнта стійкості (рис. 2, б); усі поверхні ковзання (рис. 2, в); поверхні ковзання зі значеннями коефіцієнта стійкості від 0,5 до 1,3 (нормативного) (рис. 2, г).

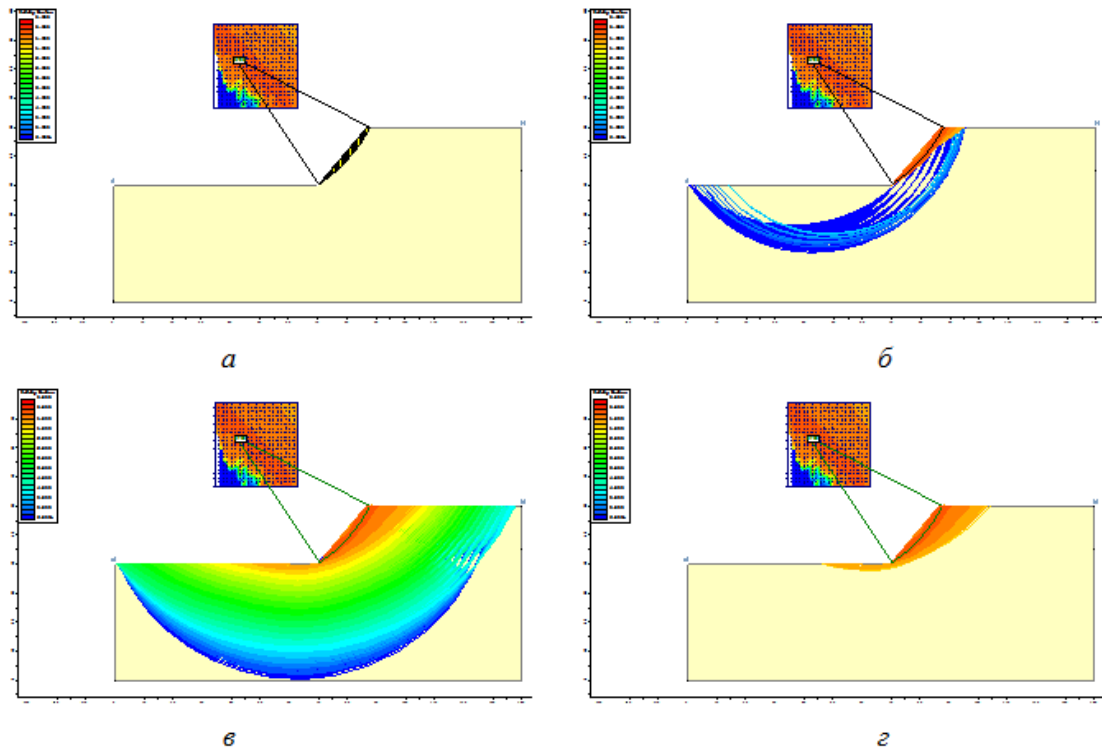


Рис. 2. Розрахунок стійкості уступу кварцових пісків за методом аналізу Bishop: а – глобальна мінімальна поверхня ковзання та контури коефіцієнта стійкості; б – поверхня мінімального коефіцієнта стійкості уступу; в – усі можливі поверхні ковзання; г – поверхні ковзання з коефіцієнтом стійкості від 0,5 до 1,3

Аналіз отриманих показників стійкості уступу показує, що методи Bishop та Spencer майже ідентичні. Так, коефіцієнт стійкості уступу при Bishop становить $K_{st} = 0,709$, а при Spencer – $K_{st} = 0,703$; радіуси круглоциліндричної глобальної поверхні ковзання однакові і становлять $R=52,145$ м; загальна площа зсуву при глобальному мінімумі для цих методів також однакова $S=40,649$ м². Метод аналізу Janbu суттєво вирізняється показниками – $K_{st} = 0,677$, $R=38,54$ м, $S=48,643$ м².

Площі поверхонь ковзання для усіх значень мінімального коефіцієнта стійкості для зазначених методів різняться між собою в межах 7,83 м². Більш безпечні умови відробки уступу надає метод аналізу Janbu, при якому ширина призми небезпеки на поверхні уступу повинна становити 18,28 м. Це приблизно на 1 м більше, ніж за іншими методами. Отже в цілому, метод аналізу Janbu на 4...6 % по наведеним показникам стійкості відрізняється від Bishop та Spencer.