

УДК 622.271.3:624.131.537

**ОЦІНКА СТАНУ СТІЙКОСТІ
ЗОВНІШНІХ ВІДВАЛІВ***Д.О. Шевченко**Криворізький технічний університет, Кривий Ріг*

Запропонований спосіб оцінки стану стійкості зовнішніх відвалів різномісних порід на основі методу звукометрії. Розглянута методика та технологія закладки звукометричних хвилеводів у відвальному масиві.

Предложен способ оценки состояния устойчивости внешних отвалов разнопрочных пород на основе метода звукометрии. Рассмотрена методика и технология закладки звукометрических волноводов в отвальном массиве.

Масиви гірських порід і, в першу чергу, їх приповерхневі товщі, в ході інженерно-господарського освоєння піддаються великим антропогенним впливам. При цьому виникають такі небезпечні збитково утворюючі процеси як зсуви, карсти, підтоплення, просадочні процеси та ін.

Найбільш частим (близько 85% від загального числа деформацій) і серйозним видом порушень стійкості техногенних масивів гірських порід (відвали розкривних порід) є зсуви.

Зсуви порушують стійкість масивів гірських порід та негативно впливають на багато інших компонентів навколишнього природного середовища, наприклад, таких як порушення поверхневого стоку, виснаження ресурсів підземних вод при їх розкриві, утворення заболоченостей, порушення ґрунтового покриву, загибель дерев і т. д.

У зв'язку з цим, проблему стійкості бортів кар'єрів і відвалів слід розглядати як складову сталого розвитку територій гірничо-видобувних регіонів.

Тому нормативними документами регламентується проведення контролю і оцінки стану стійкості відвалів гірських порід [1-4].

В процесі відвалоутворення формується напружений стан у відвальному масиві і його основі, яка змінюється із зростанням навантажень до граничних значень, що перевищують опір гірських порід на зсув і супроводжується ущільненням та зсувом частинок по поверхнях ковзання. Виконані дослідження в лабораторних і натурних умовах по вивченню сигналів акустичної емісії при

ущільненні і переміщенні частинок порід у відвалах показали можливості оцінювати їх стан і оконтурювати зсувонебезпечні ділянки [5-7].

При цьому не розглянуті спосіб і умови розміщення і закладки приймальної частини сигналів апаратури реєстрації акустичної емісії у відвальному масиві гірських порід.

Метою цієї роботи є розробка способу оцінки стану стійкості відвалу з різномісних порід, в якому шляхом забезпечення можливості визначення величин напруженого стану, як усередині призми можливого зсування відвалу, так і по потенційній поверхні ковзання цієї призми за рахунок отримання величин відносної інтенсивності частоти появи імпульсів акустичної емісії, досягають підвищення точності оцінки стану стійкості відвалів з різномісних порід з урахуванням несприятливих інженерно-геологічних умов і безпечного відвалоутворення і за рахунок цього, зменшаться витрати на проведення протизсувних робіт і витрати об'єму складування розкривних порід у відвали та підвищиться захист навколишнього середовища.

Реалізація цієї мети можлива при застосуванні методу звукометричного контролю за напруженим станом гірських порід. Враховуючи це, розроблений нами спосіб здійснюється наступним чином.

При формуванні відвалу з проектним граничним кутом $\alpha_{пр}$ борту відвалу і проектною висотою $H_{пр}$ з різномісних порід на ділянці земної поверхні з несприятливими інженерно-геологічними умовами, що збільшують ризик порушення стійкості відвалу, виконують закладку металевих хвилеводів на дослідній ділянці відвального масиву при двосторонньому її формуванні, спочатку

у вертикальній площині з координатами x, z із заданою довжиною l_n хвилеводів у призмі активного тиску з контуром c, d, e, n , у межах контуру c, d, e, m, k, n призми можливого зсування відвалу, яка є зовнішньою частиною відвалу, що складається із порід вищої категорії міцності на зовнішній поверхні

піонерних насипів першого ярусу, сформованих із внутрішньої сторони відвалу уздовж границі c, n потенційної поверхні ковзання з контуром c, n, k у межах контуру c, d, e, m, k, n призми можливого зсування відвалу, яку визначають у відповідності з вимогами [1,8] (рисунок 1).

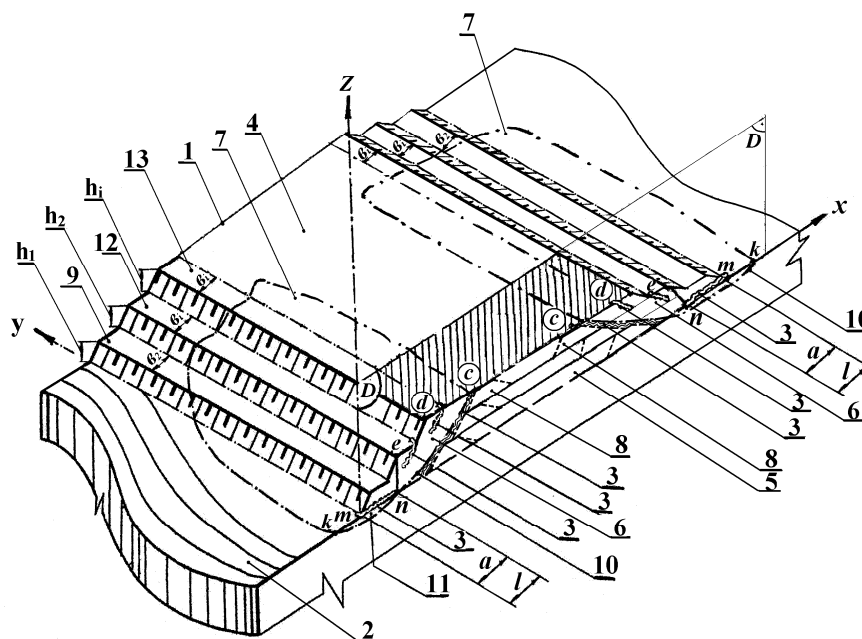


Рисунок 1 - Аксонометрична проекція дослідної ділянки відвального масиву з проектним контуром відвалу: 1 – відвал; 2 – ділянка земної поверхні; 3 – металеві хвилеводи; 4 – дослідна ділянка відвального масиву; 5 – внутрішня частина відвалу; 6 – призма активного тиску; 7 – призма можливого зсування; 8 – піонерні насипи; 9 – перший ярус; 10 - потенційна поверхня ковзання; 11 – призма упора; 12 – другий ярус; 13 – i -й ярус

Довжину l_n металевих хвилеводів, які закладено у вертикальній площині з координатами x, z на зовнішній поверхні піонерних насипів першого ярусу, визначають з виразу:

$$l_n = \frac{h_{in}}{\sin \alpha_{in}}, \quad (1)$$

де l_n - довжина хвилеводу закладеного на зовнішній поверхні піонерного насипу i -го ярусу відвалу, м; h_{in} - висота піонерного насипу i -го ярусу відвалу, м; α_{in} - кут укосу піонерного насипу i -го ярусу відвалу, град.

Потім закладку металевих хвилеводів виконують в горизонтальній площині з координатами x, y першого ярусу в призмі упора з контуром e, m, k, n у межах контуру c, d, e, m, k, n призми можливого зсування відвалу на земній поверхні з довжиною l хвилеводів рівною проектній ширині a призми упора в

основі відвалу із формуванням запобіжних бERM з проектною шириною b_2 бERM наступного (другого) ярусу. Далі виконують відсіпання внутрішньої частини відвалу першого ярусу породами низької категорії міцності.

В процесі закладки металевих хвилеводів у вертикальній площині на зовнішній поверхні піонерних насипів першого ярусу і в подальшій його відсіпці до проектної межі із засипанням металевих хвилеводів в горизонтальній площині як з однієї сторони частини дослідної ділянки так і протилежної другої в залежності від напрямку борту виконують прийом сигналів акустичної емісії (АЕ), реєстрацію частоти появи її імпульсів і визначення критичних величин частот $N_{кy}$ появи імпульсів АЕ у призмі упора з контуром e, m, k, n у випадку її можливого руйнування.

Поява сигналів АЕ в процесі відсіпки порід вищої категорії міцності із засипанням металевих хвилеводів супроводжується виникненням у них максимальних коливань звукового діапазону частот при терті кусків породи між собою і при терті кусків породи об металеву поверхню хвилеводів. Ці коливання в металевих хвилеводів у вигляді імпульсів АЕ приймають п'єзоелектричним геофоном і реєструють самописцем. При цьому, зареєстровані імпульси АЕ з визначенням величини максимальної частоти в процесі відсіпки відвалу з засипкою хвилеводів окремо у вертикальній площині і в горизонтальній площині, відповідають величині частоти появи імпульсів АЕ при терті кусків породи об металеву поверхню хвилеводів і при терті між кусками породи у вертикальній площині і в горизонтальній площині, що виникають при зародженні і розвитку зсуву відвалу, приймають за критичні величини частоти появи імпульсів АЕ.

Металеві хвилеводи розміщені у вертикальній площині на зовнішній поверхні піонерних насипів сформованого першого ярусу довжиною l_n подовжують на таку ж довжину з розрахунку для другого ярусу та виконують їх закладку у призмі активного тиску на зовнішній поверхні піонерних насипів формуючого другого ярусу. Одночасно з закладкою подовжених хвилеводів виконують прийом сигналів АЕ, реєстрацію частоти появи імпульсів АЕ з визначенням критичної величини частоти N_{ky} з двох протилежних сторін частини дослідної дільниці.

Потім виконують закладку металевих хвилеводів у вертикальній площині у призмі активного тиску призми можливого зсування відвалу на поверхні укосів другого ярусу, які підсіпають до відсіпки запобіжних берм наступного i -го ярусу з проектною шириною b ; берм ярусу і з заданою довжиною l хвилеводів, що визначається з виразу:

$$l = \frac{h_i}{\sin \alpha_{ia}}, \quad (2)$$

де l - довжина хвилеводу, м; h_i - висота i -го ярусу відвалу, м; α_{ia} - кут укосу i -го ярусу відвалу, град.

Одночасно з закладкою, як з однієї сторони частини дослідної дільниці, так і з протилежної другої в залежності від напрямку борту, виконують прийом сигналів АЕ, реєстрацію частоти появи імпульсів АЕ з ви-

значенням критичної величини частоти N_{ka} появи імпульсів АЕ металевих хвилеводів в призмі активного тиску з контуром с, d, e, n у випадку її можливого руйнування.

Після відсіпання внутрішньої частини відвалу другого ярусу породами низької категорії міцності і завершення процесу ущільнення відвальної маси під власною вагою, що установлюють по даним маркшейдерських інструментальних спостережень, як з однієї сторони частини дослідної дільниці, так і з протилежної другої в залежності від напрямку борту виконують прийом сигналів АЕ і реєстрацію частоти появи імпульсів АЕ з визначенням геофонами поточних величин частот N_{ny} появи імпульсів АЕ спочатку в призмі упора, і потім аналогічно з визначенням поточних величин частот N_{na} появи імпульсів АЕ в призмі активного тиску. Потім порівнюють показники поточних величин частот з критичними і визначають стан стійкості відвалу у двосторонній сформованій частині дослідної дільниці відвального масиву по величинах відносної інтенсивності λ_y та λ_a частоти появи імпульсів АЕ в призмі упора і призмі активного тиску, що визначаються з виразів:

$$\lambda_y = \frac{N_{ny}}{N_{ky}}, \quad (3)$$

$$\lambda_a = \frac{N_{na}}{N_{ka}}, \quad (4)$$

де λ_y - величина відносної інтенсивності частоти появи імпульсів акустичної емісії в призмі упора, безрозмірна; N_{ny} - величина поточної частоти появи імпульсів акустичної емісії в призмі упора, імпульс/хв; N_{ky} - критична величина частоти появи імпульсів акустичної емісії в призмі упора, імпульс/хв; λ_a - величина відносної інтенсивності частоти появи імпульсів акустичної емісії в призмі активного тиску, безрозмірна; N_{na} - величина поточної частоти появи імпульсів акустичної емісії в призмі активного тиску, імпульс/хв; N_{ka} - критична величина частоти появи імпульсів акустичної емісії в призмі активного тиску, імпульс/хв.

При затуханні поточної частоти появи імпульсів АЕ і при зниженні величини відносної інтенсивності λ_y та λ_a частоти появи імпульсів АЕ в призмі упора і призмі активного тиску від 0,5 і нижче, як з однієї сторони частини дослідної дільниці, так і з протилежної другої в залежності від напрямку бо-

рту, стан двосторонньої сформованої частини дослідної дільниці відвального масиву визначається, як стійкий і виконується відсіпка наступного i -го ярусу. При зростанні поточної частоти появи імпульсів АЕ і підвищенні величини відносної інтенсивності λ_y та λ_a частоти появи імпульсів АЕ в призмах упора і активного тиску в інтервалі від 0,5 до 1,0 стан сформованої частини дослідної дільниці відвального масиву визначається як нестійкий і виконуються протизсувні гірничі роботи.

У випадку, якщо стан однієї із сформованих сторін частини дослідної дільниці відвального масиву буде визначений як стійкий, а стан протилежної другої в залежності від напрямку борту – нестійкий, то відповідно в одній із сформованих сторін частини дослідної дільниці відвального масиву виконується відсіпка наступного i -го ярусу, а в

протилежній другій в залежності від напрямку борту виконуються протизсувні гірничі роботи одним із відомих способів з наступною оцінкою стану стійкості дослідної дільниці відвального масиву. При позитивному результаті оцінки стану стійкості, виконується подальше формування наступного i -го ярусу до повного його формування. При негативному результаті оцінки стану стійкості протилежної другої частини дослідної дільниці, знову виконуються відповідні протизсувні гірничі роботи одним із відомих способів з наступною оцінкою стану стійкості дослідної дільниці відвального масиву з несприятливими інженерно-геологічними умовами. При відсіпці кожного наступного i -го ярусу оцінку стану стійкості сформованої частини дослідної дільниці відвального масиву виконують аналогічно попередньому (рисунок 2).

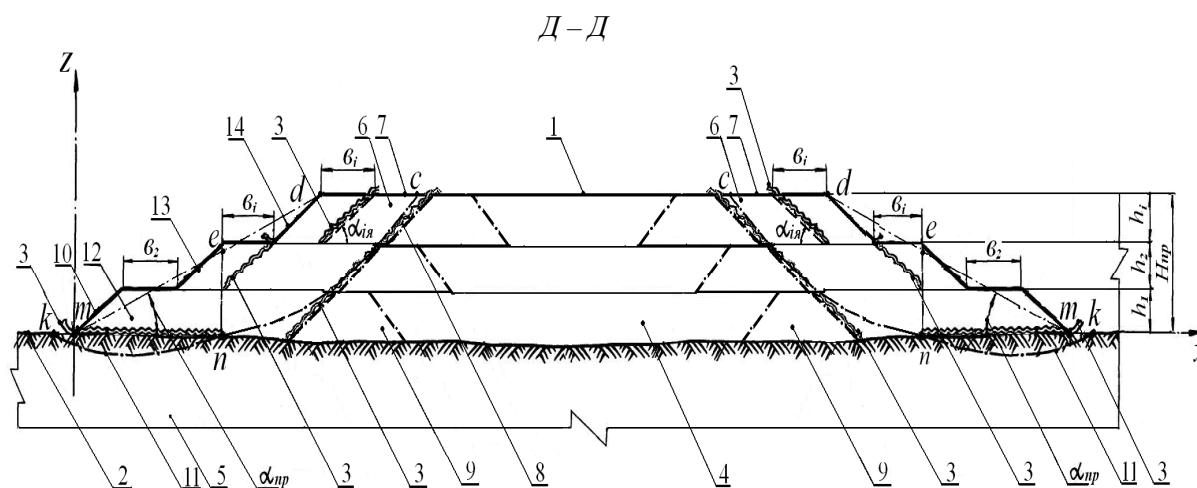


Рисунок 2 - Схема нахрест простягання дослідної дільниці відвального масиву в вертикальній площині з координатами x, z із постановкою ярусів на проектний контур відвалу: 1 – відвал; 2 – дільниця земної поверхні; 3 – металеві хвилеводи; 4 – внутрішня частина відвалу; 5 – вертикальна площина; 6 – призма активного тиску; 7 – призма можливого зсування; 8 – зовнішня поверхня піонерних насипів; 9 – піонерні насипи; 10 – перший ярус; 11 – потенційна поверхня ковзання; 12 – призма упора ; 13 – другий ярус; 14 – i -й ярус

Таким чином, застосування розробленого способу, на нашу думку, дозволить підвищити точність оцінки стану стійкості відвалів з різномісних порід з урахуванням несприятливих інженерно-геологічних умов і безпечного відвалоутворення і за рахунок цього зменшаться витрати на проведення протизсувних робіт і витрати об'єму складування розкривних порід у відвали та підвищиться захист навколишнього середовища.

Технічний результат досягається за рахунок отримання величин відносної емісії, як усередині призми можливого зсування відвалу, так і по потенційній поверхні ковзання цієї призми шляхом забезпечення можливості визначення величин напруженого стану, як усередині призми можливого зсування відвалу, так і по потенційній поверхні ковзання цієї призми.

Перелік посилань

1. Методичні вказівки з визначення оптимальних кутів нахилу бортів, укосів уступів і відвалів залізородних та флюсових кар'єрів. – Дніпропетровськ: ППЕ НАН України, 2008. – 194 с.
2. Методические указания по расчету устойчивости и несущей способности отвалов. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 126 с.
3. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1971. – 188 с.
4. Шапарь А.Г. Механика горных пород и устойчивость бортов карьеров. – К.: Вища школа, 1973. – 119 с.
5. Цариковский В.В., Сакович В.В., Ященко М.А., Запорожец В.Д., Мигуль А.Ф. Возможность использования акустической эмиссии для оценки состояния отвалов скальных и смешанных пород // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2000. – № 3. – С. 67-68.
6. Ковшуля А.А., Печковский В.И., Кальчик Г.С., Чернегов А.А. О возможности применения звукометрического метода для определения участков бортов, опасных в оползневом отношении // *УкрНИИпроект, Научные записки*. – Киев, 1963. - Вып. X.
7. Анцыферов И. И., Анцыферова Н. Г., Каган Я. Я. Сейсмоакустические исследования и проблема прогноза динамических явлений. - М.: Наука, 1971. – 136 с.
8. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах // *Сб. ВНИМИ*. – Л., 1998. – С. 78-79.

***D.O. Shevchenko* ESTIMATION OF CONDITIONING
OF STABILITY OF INTERNAL DUMPS**

Technical University of Kriviy Rig

The way of an estimation of a condition of stability of external dumps of different-soil breeds on the basis of a sound-measuring method is offered. The technique and technology of instilling of sound-measuring wave guides in dump file is considered.

*Надійшла до редколегії 21 жовтня 2008 р.
Рекомендована членом редколегії канд.техн.наук П.І. Копачем*