

УДК 622.271.3:624.131.537

**КОНТРОЛЬ СТАНУ СТІЙКОСТІ
ВНУТРІШНІХ ВІДВАЛІВ***Д.О. Шевченко**Криворізький технічний університет, Кривий Ріг*

Запропонований спосіб контролю стану стійкості внутрішніх відвалів різномісних порід на основі методу звукометрії. Обґрунтоване очікуване збільшення точності контролю стійкості внутрішніх відвалів від застосування розробленого способу із забезпеченням безпечного відвалоутворення.

Предложен способ контроля состояния устойчивости внутренних отвалов разнопрочных пород на основе метода звукометрии. Обосновано ожидаемое увеличение точности контроля устойчивости внутренних отвалов от применения разработанного способа с обеспечением безопасного отвалообразования.

В результаті людської діяльності утворюються порушені землі - землі, що втратили свою господарську цінність або що стали джерелом негативної дії на природне середовище. Найбільше порушення земель виникає в результаті гірничодобувних робіт (кар'єри, відвали). Тому одним з головних напрямів природоохоронної діяльності гірничих підприємств є рекультивация порушених земель.

З розробкою та введенням в дію «Положення про проектування внутрішнього відвалоутворення та складування відходів виробництва...» [1] проектування внутрішнього відвалоутворення набуває все більшого впровадження і являє собою один із способів проведення гірничотехнічної рекультивации окремих ділянок глибоких кар'єрів.

Гірничотехнічна рекультивация порушених земель залізорудних кар'єрів Кривбасу є однією з самих проблемних. Тому впровадження внутрішнього відвалоутворення до закінчення відпрацювання кар'єра являється першочерговим завданням, що буде сприяти створенню Інгулецького екологічного коридору.

Часто гірничотехнічна рекультивация внутрішніх відвалів супроводжується деформаційними процесами відвальної маси, що тягне за собою додаткові витрати на проведення технічної рекультивации порушених земель і відповідно подальшої біологічної рекультивации та захисту рельєфу місцевості від ерозійного руйнування.

Тому, виходячи з цього, стійкість борти

внутрішніх відвалів слід розглядати як складову сталого розвитку гірничодобувних регіонів.

Згідно нормативних документів [2-5], контроль стійкості відвалів включає закладку спеціальних спостережних станцій, що складаються з профільних ліній, по яким розташовані опорні та робочі реperi та періодично проводяться інструментальні спостереження. У зв'язку з тим, що укладання і закладку робочих датчиків у вигляді реперів проводять після відсіпання західки відвалу і лише на його поверхні, прийом по реперах інформації про зміщення контрольованої ділянки відвалу і визначення їх поточних і контрольованих критичних величин на активній стадії порушення відвалу спостережачими, що знаходяться в небезпечних для них умовах, при розташуванні опорних реперів поза зоною зміщень, що часто є лише передбачуваною, а не фактичною, відбувається отримання інформації із запізнюванням про зміщення контрольованої ділянки відвалу, що у свою чергу приводить до низької точності контролю стійкості внутрішнього відвалу.

Метою цієї роботи є розробка способу контролю стійкості внутрішнього відвалу, в якому шляхом визначення прихованої стадії порушення усередині призми можливого зсування в нижній і верхній її частинах по частоті появи імпульсів акустичної емісії на контрольованій ділянці внутрішнього відвалу за рахунок можливості роздільного прийому датчиками у вигляді металевих хвилеводів в нижній і верхній частинах відвалу в призмі можливого зсування критичних і поточних величин частот появи імпу-

льсів акустичної емісії, досягають підвищення точності контролю стійкості внутрішнього відвалу із забезпеченням безпечного відвалоутворення.

Реалізація цієї мети можлива при застосуванні методу звукометричного контролю за напруженим станом гірських порід. Дослідження в цьому напрямку [6] показали, що в процесі ущільнення та переміщення часток породи, виникають сигнали акустичної емісії. Враховуючи це, розроблений нами спосіб здійснюється наступним чином.

До відсіпання міцних і м'яких порід внутрішнього відвалу висотою H_b з кутом природного укосу α_b уздовж проектної межі його з бортом кар'єру на поверхні його укосу з кутом нахилу α_σ і висотою H_σ на дільниці відсіпання внутрішнього відвалу, вхрест простягання борту кар'єру на профільних лініях спеціальних спостережних станцій контрольованих дільниць по черзі укладають робочі датчики, які є одночасно і опорними у вигляді металевих хвилеводів різної довжини, спочатку нижні потім верхні шляхом опускання їх під власною вагою на довжину, яку визначають з виразів:

$$l_{Xн} = \frac{k_n \cdot H_\sigma}{\sin \alpha_\sigma}, \quad l_{Xв} = \frac{k_v \cdot H_\sigma}{\sin \alpha_\sigma},$$

де $l_{Xн}$ – довжина нижнього металевого хвилеводу, м; k_n – коефіцієнт “глибини зондування” призми можливого зсування нижнього металевого хвилеводу; H_σ – висота борту кар'єру на дільниці відсіпання внутрішнього відвалу, м; α_σ – кут нахилу борту кар'єру на дільниці відсіпання внутрішнього відвалу, град.; $l_{Xв}$ – довжина верхнього металевого хвилеводу, м; k_v – коефіцієнт “глибини зондування” призми можливого зсування верхнього металевого хвилеводу.

Довжину контрольованих дільниць приймають рівною довжині профільних ліній спеціальних спостережних станцій, яку визначають одним з відомих способів залежно від висоти борту кар'єру та міцності його порід.

Нижні і верхні металеві хвилеводи укладають по черзі на однаковій відстані L рівній висоті H_σ борту кар'єру на дільниці відсіпання внутрішнього відвалу як один від одного, так і до найближчих меж кожної контрольованої дільниці (рисунк 1).

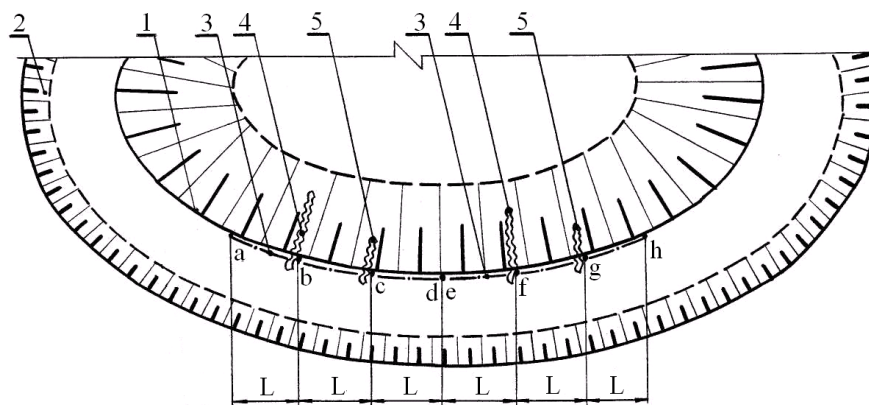


Рисунок 1 - Схема формування контрольованих дільниць (a, b, c, d та e, f, g, h) на борту кар'єру до відсіпання внутрішнього відвалу: 1 – проектна межа внутрішнього відвалу з бортом кар'єру; 2 – кар'єр; 3 – профільні лінії спеціальних спостережних станцій; 4 – нижній металевий хвилевод; 5 – верхній металевий хвилевод

Після укладання металевих хвилеводів на контрольованих дільницях здійснюють закладку (засипку) нижнього металевого хвилеводу на дільниці відсіпання внутрішнього відвалу. Потім на цій же контрольованій дільниці проводять прийом сигналів акустичної емісії (АЕ), реєстрацію частоти появи імпульсів АЕ з визначенням контрольованої

критичної величини частоти $N_{кн}$ в ході процесу ущільнення відвальної маси. При посуванні екскаваторної західки в межах контрольованої дільниці здійснюють закладку верхнього металевого хвилеводу і проводять прийом сигналів АЕ, реєстрацію частоти появи імпульсів АЕ з визначенням контрольованої критичної величини частоти $N_{кв}$, з

одночасним прийомом сигналів АЕ, реєстрацією нижнім металевим хвилеводом поточної величини частоти $N_{ни}$ появи імпульсів АЕ. І після посунання екскаваторної західки до межі контрольованих ділянок внутріш-

нього відвалу проводять прийом сигналів АЕ, реєстрацією верхнім металевим хвилеводом поточної величини частоти $N_{ве}$ появи імпульсів АЕ (рисунок 2).

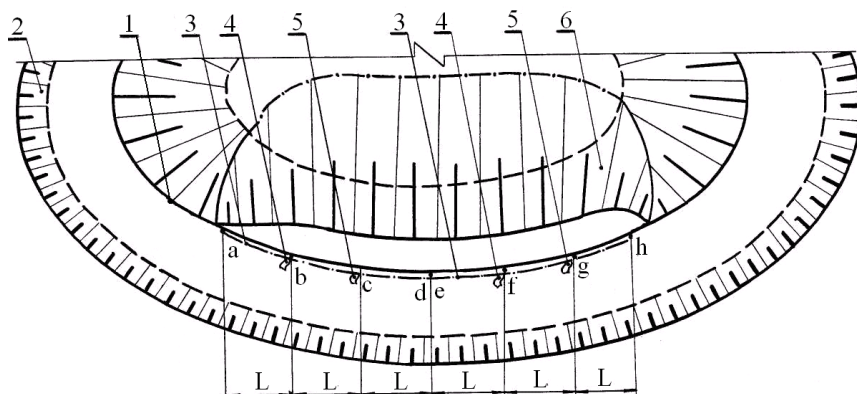


Рисунок 2 - Кар'єр в процесі відсіпання внутрішнього відвалу: 1 – проектна межа внутрішнього відвалу з бортом кар'єру; 2 – кар'єр; 3 – профільні лінії спеціальних спостережних станцій; 4 – нижній металевий хвилевод; 5 – верхній металевий хвилевод; 6 – внутрішній відвал

Поява сигналів АЕ, як в процесі відсіпання відвалу, так і в сформованому відвалі супроводжується виникненням в металевих хвилеводах коливань звукового діапазону частот при терті кусків породи між собою і кусків породи об металеву поверхню хвилеводів. Ці коливання в металевих хвилеводах у вигляді імпульсів АЕ приймають п'єзоелектричним геофоном і реєструють самописцем.

Шляхом порівняння поточних величин частот появи імпульсів АЕ з критичними величинами, роблять висновки про стійкість контрольованої ділянки внутрішнього відвалу.

У випадку зростання поточної частоти $N_{ни}$ появи імпульсів АЕ до їх критичних значень зареєстрованих нижнім металевим хвилеводом роблять висновки про початок утворення призми можливого зсування з поверхнею ковзання, а при її подальшому розвитку аж до реєстрації зростання поточної частоти $N_{ве}$ появи імпульсів АЕ до їх критичних значень верхнього металевого хвилеводу, роблять висновки про нестійкий стан сформованої західки контрольованої ділянки внутрішнього відвалу. Після чого роботи по відвалоутворенню на цій ділянці тимчасово зупиняють і продовжують роботи на суміжній ділянці уздовж фронту відвалоутворення. По завершенню стабілізації

порушеної призми можливого зсування контрольованої ділянки внутрішнього відвалу, що підтверджується результатами прийому сигналів АЕ і реєстрацією нижнім і верхнім металевими хвилеводами частот появи імпульсів АЕ поточних величин частот, ухвалюють рішення про проведення робіт по відвалоутворенню на наступній ділянці де її контроль стійкості проводять аналогічно контролю стійкості попередньої ділянки внутрішнього відвалу.

При використанні запропонованого способу контролю стійкості внутрішнього відвалу забезпечується можливість обхвату прийому появи імпульсів акустичної емісії в найбільш напружених нижній - нижнім хвилеводом і верхній - коротким хвилеводом областях призми можливого зсування внутрішнього відвалу та завдяки тому, що після укладання металевих хвилеводів на ділянці відсіпання внутрішнього відвалу в процесі його відсіпання здійснюють закладку нижнього металевого хвилеводу, а потім верхнього і проводять відповідно прийом сигналів акустичної емісії, реєстрацію частоти появи імпульсів акустичної емісії з визначенням контрольованих критичних величин частот $N_{кн}$ і $N_{кв}$ появи імпульсів акустичної емісії в ході процесу ущільнення відвальної маси до його завершення з наступним визначенням поточних величин частот $N_{ни}$ і

$N_{пв}$ появи імпульсів акустичної емісії і їх порівняння з контрольованими критичними для контролю стійкості внутрішнього відвалу в сформованій його західці, існує можливість своєчасно отримувати в контрольованих нижній і верхній областях призми можливого зсування відвалу достовірні дані про стан стійкості внутрішнього відвалу. А визначаючи поточні величини частот $N_{пн}$ і $N_{пв}$, у разі зростання поточних величин частоти $N_{пн}$ появи імпульсів акустичної емісії до їх критичних значень, зареєстрованих нижнім металевим хвилеводом, робляться висновки про початок утворення призми можливого зсування і про необхідність систематичного контролю (ноу-хау) за розвитком поверхні ковзання призми можливого зсування внутрішнього відвалу, підготовки до зупинки ведення гірських робіт з переходом на суміжну дільницю для подальшого відсіпання внутрішнього відвалу і при визначенні поточних величин частот $N_{пн}$ і $N_{пв}$, у разі подальшого розвитку призми можливого зсування аж до реєстрації зростання поточних величин частот $N_{пв}$ появи імпульсів акустичної емісії до їх критичних значень верхнього металевого хвилеводу, робляться висновки про нестійкий стан сформованої західки контрольованої дільниці внутрішнього відвалу і необхідність зупинки відсіпання внутрішнього відвалу.

Запропонована методика контролю стану стійкості внутрішнього відвалу може бути застосована на Центральному ГЗКі, де складують змішані розкриті породи у зовнішній відвал Глеюватського кар'єру. Так, на залізрудному кар'єрі на дільниці його борту висотою 100 м і кутом нахилу 42° складують міцні і м'які породи у внутрішній відвал висотою 100 м з кутом природного укосу відвалу 36° .

На дільниці відсіпання внутрішнього відвалу вхрест простягання борту кар'єру на двох контрольованих дільницях довжиною рівною відповідно довжині кожної профільної лінії, що складає $3H_6 = 3 \times 100 \text{ м} = 300 \text{ м}$ по черзі укладають робочі датчики, які є одночасно і опорними у вигляді металевих хвилеводів (ХВ) різної довжини, спочатку нижні $l_{Хн}$ потім верхні $l_{Хв}$ шляхом опускання їх під власною вагою на довжину, яку визначають відповідно з виразів:

$$l_{Хн} = \frac{k_n \cdot H_6}{\sin \alpha_6} = \frac{0,6 \cdot 100}{\sin 42^\circ} = 89,6 \text{ м},$$

$$l_{Хв} = \frac{k_v \cdot H_6}{\sin \alpha_6} = \frac{0,3 \cdot 100}{\sin 42^\circ} = 44,8 \text{ м}.$$

Укладання металевих ХВ здійснюють на однаковій відстані один від одного на контрольованих дільницях a, b, c, d і e, f, g, h рівній висоті борту кар'єру на дільниці відсіпання внутрішнього відвалу $L = H_6 = 100 \text{ м}$ і на такій же відстані до найближчих меж кожної контрольованої дільниці відповідно ad і eh. При укладанні металевих ХВ виконують закріплення їх верхніх кінців на розвантажувальній площадці фронту відвалоутворення.

Після укладання металевих ХВ з раніше використаних екскаваторних канатів шляхом їх опускання під власною вагою по поверхнях укосів борту кар'єру на повну їх довжину і закріплення їх верхніх кінців на розвантажувальній площадці фронту відвалоутворення, виконують їх закладку (засипку) на висоту відвалу до його верхньої межі з бортом кар'єру. І після засипки нижнього металевого ХВ на висоту відвалу контрольованої дільниці a, b, c, d здійснюють прийом сигналів акустичної емісії (АЕ), реєстрацію частоти появи імпульсів АЕ з визначенням контрольованої критичної величини частоти $N_{кн}$ в ході процесу ущільнення відвальної маси, що досягла максимального значення, рівної 82 імп/хв. Потім після засипки верхнього металевого ХВ при посуванні західки в межах контрольованої першої дільниці a, b, c, d здійснюють прийом сигналів АЕ, реєстрацію частоти появи імпульсів АЕ з визначенням контрольованої критичної величини частоти $N_{кв}$, рівної 63 імп/хв з одночасним прийомом сигналів АЕ, реєстрацією нижнім металевим ХВ поточної величини частоти $N_{пн}$ появи імпульсів АЕ, рівною 38 імп/хв. І після посування екскаваторної західки до межі de контрольованих дільниць a, b, c, d і e, f, g, h внутрішнього відвалу здійснюють прийом сигналів АЕ, реєстрацією верхнім металевим ХВ поточної частоти $N_{пв}$ появи імпульсів АЕ, рівною 19 імп/хв. Шляхом порівняння поточних величин частот появи імпульсів АЕ з критичними величинами, роблять висновки про стійкість контрольованої дільниці a, b, c, d внутрішнього відвалу.

При формуванні екскаваторної західки другої дільниці e, f, g, h аналогічно першому a, b, c, d отримані результати для другої контрольованої дільниці e, f, g, h внутрішнього відвалу для нижнього металевого ХВ $N_{кн} = 79$ імп/хв і $N_{ни} = 82$ імп/хв; для верхнього металевого ХВ $N_{кв} = 58$ імп/хв і $N_{пв} = 45$ імп/хв. На підставі проведених спостережень за акустичною емісією в процесі утворення призми можливого зсування внутрішнього відвалу можна робити висновки про можливість продовження робіт по відвалоутворенню на першій контрольованій дільни-

ці і тимчасовому припиненні робіт на другій, до стабілізації порушеної призми можливого зсування.

Таким чином, застосування способу контролю стійкості внутрішнього відвалу на нашу думку, дозволить підвищити точність контролю його стійкості із забезпеченням безпечного відвалоутворення і за рахунок цього поліпшаться умови технічної рекультивації порушених земель гірничими роботами з подальшою біологічною рекультивацією і захистом рельєфу місцевості від ерозійного руйнування.

Перелік посилань

1. Положення про проектування внутрішнього відвалоутворення та складування відходів виробництва в залізрудних і флюсових кар'єрах. – Дніпропетровськ: ІППЕ НАН України, 2004. – 50 с.
2. Методичні вказівки з визначення оптимальних кутів нахилу бортів, укосів уступів і відвалів залізрудних та флюсових кар'єрів. – Дніпропетровськ: ІППЕ НАН України, 2008. – 194 с.
3. Методические указания по расчету устойчивости и несущей способности отвалов. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 126 с.
4. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1971. – 188 с.
5. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1987. – 118 с.
6. Цариковский В.В., Сакович В.В., Яценко 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.

D.O. Shevchenko

THE CONTROL OF A CONDITIONG OF STABILITY OF INTERNAL DUMPS

Technical University of Kriviy Rig

The way of the control of a condition of stability of internal dumps of different-soil breeds on the basis of a sound-measuring method is offered. The expected increase in accuracy of the control of stability of internal dumps from application of the developed way with safe dump-forming maintenance is proved.

*Надійшла до редколегії 18 вересня 2008 р.
Рекомендована членом редколегії канд.техн.наук П.І. Копачем*