

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ БОРТІВ КАР'ЄРІВ ТА ВІДВАЛІВ

Приведені основні методи спостережень та прогнозування стійкості відкритих гірничих виробок. Проблеми геомеханічних процесів є надзвичайно складною і багатогранною задачею, вирішення якої неможливе без вирішення цілого ряду приватних наукових завдань, зумовлених загальним ходом науково-технічного прогресу в теорії і практиці відкритих гірничих робіт. На основі досліджень фактичних характеристик кар'єрів та відвалів було обґрунтовано значимість та важливість виконання прогнозу, що є вагомим аспектом про перспективи та можливості стану укосів протягом усього строку їхньої служби. За результатами виконаної порівняльної характеристики ефективності існуючих методів та засобів контролю, визначені основні їх переваги і недоліки. Аналіз теорії й практики, щодо методів та засобів виконання прогнозу при експлуатації глибоких залізрудних кар'єрів, дозволив зробити висновок про необхідність впровадження сучасних технологій в усі види маркшейдерсько-геодезичних робіт, що дозволить підвищити ефективність оперативного й маркшейдерського обліків розкривних і добувних гірничих робіт, ефективність проведення спостережень за деформаціями та втрат корисних копалин.

Постановка проблеми. Впровадження нових та автоматизація існуючих методів прогнозування стійкого стану відкритих гірничих виробок є актуальною темою для гірничої промисловості. Методи та засоби, які були розроблені кілька років тому, являються вже застарілими, на зміну їм прийшли більш точніші, ефективніші, удосконалені та автоматизовані системи прогнозу. На сьогодні день перед маркшейдером або геодезистом постає проблема правильного вибору використання того чи іншого методу та способу прогнозування стійкого стану гірничого масиву. Тому саме для подолання даної проблеми пропонується виконати порівняльний аналіз існуючих методик спостережень, що використовуються на підприємствах Кривбасу.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. На сьогодні існує велика кількість методів та систем автоматизованого контролю, кожен з яких в тій чи іншій мірі виконує поставлене завдання. Ринок праці представлений великою різноманітністю сучасних приладів, для спостережень стійкого стану гірничих виробок. Потужні підприємства кожен день прагнуть до поліпшення та вдосконалення існуючих засобів спостережень. Однак сам прогноз передбачає отримання надійних результатів вихідних даних для оцінки подальшої стійкості бортих кар'єрів та відвалів, складовою частиною якого є встановлення форми та положення спостережимої поверхні ковзання в масиві гірських порід на його основі, шляхом інтерпретації результатів використовуваних методів спостереження за зміщенням робочих реперів, розташованих на бермах відвалів та бортах кар'єрів.

Найбільш суттєві відхилення, при визначанні часу виникнення можливого зсуву або під час визначення форми та положення поверхні ковзання, виникають у центральних її частинах, дія та вплив яких може призвести до появи похибок обґрунтування розрахункових схем та оцінки ступеня стійкості бортих кар'єрів та укосів розкривних відвалів.

Викладення матеріалу та результати дослідження. Вибір найбільш точного методу прогнозування стійкості бортих кар'єрів та відвалів, що при цьому потребує мінімальних затрат на його використання є однією з найважливіших частин процесу проведення спостережень за станом гірського масиву. Контроль за станом укосів проводять по мірі їх формування при просуванні фронту гірничих робіт до межових контурів кар'єру. Насправді, контроль стану укосів представляє собою процес встановлення відповідності між поточними вимірюваннями геомеханічних параметрів і заздалегідь встановленої норми. Головною задачею спостережень є – виявлення механізму зсувного процесу і встановлення найбільш важливих параметрів деформування укосу. Спостереження дозволяють виявити сукупну дію всієї суми факторів, які впливають на стійкість бортих кар'єрів та укосів розкривних відвалів. Оперативність і якість прогнозу прямо залежить від оперативності і точності отримання вихідної інформації про зміщення поверхні прибортового масиву.

В Україні, сьогодні спеціалістами використовується широке різноманіття методів прогнозування стійкого стану відкритих гірничих виробок, основними з яких є: візуальні; маркшейдерсько-геодезичні; інженерно-геофізичні; інструментальні; інженерно-геологічні; інженерно-гідрогеологічні; гідрогеологічні методи [1-2].

Виконаний аналіз сучасних методів спостереження та контролю, за станом гірничовидобувних регіонів на підприємствах Кривбасу, дозволив сформувати таблицю, за допомогою якої є можливість переглянути порівняльний аналіз та впевнитися у вірогідному рішенні щодо вибору того чи іншого методу [3-5]. Створена порівняльна характеристика методів прогнозування стійкого стану відкритих гірничих виробок наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Аналіз ефективності методів спостереження контролю за стійкістю бортів кар'єрів та відвалів

Метод	Переваги методу	Недоліки методу	Характеристики даного методу
Візуальний	дозволяє оцінити галузь застосування результатів інструментальних, геофізичних і інженерногеологічних визначень стану укосів	є лише частиною комплексної методики вивченості умов стійкості укосів	метод полягає в фіксації видимих на поверхні проявів порушення стійкості укосів, характеру тріщинуватості масиву, водопоявів і наслідків вибухових робіт
Маркшейдерсько-геодезичні	дають кількісну оцінку деформації укосу, дозволяють виявити характер початку деформації, що дає можливість зробити прогнозування відносно її розвитку у часі	потребує закладки спеціальних станцій спостереження	метод полягає в фіксації і отриманні кількісних закономірностей деформації укосів на поверхні і в глибині масиву по результатам вимірювань горизонтальних зміщень і вертикальних осаджень
Інженерно-геофізичні	дозволяють швидко та оперативно знайти початок розвитку геомеханічного процесу	не дають остаточного твердження про стан укосів, його можна зробити лише на основі інженерно-геологічних і гідрогеологічних спостережень	метод дає вагомі дані, для визначення розвитку деформаційних процесів та їх швидкості.
Інструментальні	розвинуте апаратне забезпечення, певна методика робіт, автоматизована система розрахунку координат, високий ступінь безпеки робіт	використовуються тільки для спостереження за стійкістю бортів по профільних лініях	метод полягає в фіксації і отриманні кількісних закономірностей деформації укосів на поверхні і в глибині масиву по результатам вимірювань горизонтальних зміщень і вертикальних осаджень
Інженерно-геологічні	здобувають ведучу роль при формуванні відвалів розрихлених і скельних порід на слабкій основі	їх застосування залежить від умов і ступеня ущільнення порід в відвалі	метод полягає в фіксації змін в розподілі фізичних полів (електричного, магнітного, електромагнітного та інших), пов'язаних наявністю прихованого порушення укосу, зміною фізико-механічних і водно-фізичних властивостей масиву гірських порід.
Інженерно-гідрогеологічні і гідрогеологічні	оперативне визначення властивостей масивів гірських порід, порівняння фактичних їх показників з розрахунковими, документування випадків деформацій укосів та внесення необхідних поправок в проектні рішення і розробку спеціальних додаткових заходів, які забезпечують стійкість укосів	відсутність досвіду застосування для вирішення поставлених завдань, необхідність проведення в таких випадках додаткових досліджень	методи визначають положення депресійної кривої в масиві гірських порід, заміри притоків підземних вод на ділянках їх височування та здійснюють вимірювання парового тиску

Складна геотектонічна будова у ряді гірничодобувних регіонів, викликана істотним збільшенням глибини розробки, вимагає створення принципово нових пристроїв для спостереження

зсуву гірських порід, що відрізняються підвищеною точністю прогнозування при їх, відносно спрощеній конструкції.

Це пов'язано зі специфікою даних робіт. Висока точність вимагає підвищення оперативності виконання прогнозу стійкості гірничих виробок та обліку руху їх промислових запасів.

Сучасна практика гірничовидобувних підприємств Кривбасу показує, що на даний момент, спостереження та вимірювання на кар'єрах виконуються за допомогою тахеометричної зйомки, нівелювання, використання систем GPS, тощо [6-7].

Засоби, що застосовують для проведення геомеханічного моніторингу відкритих гірничих виробок, на території Кривбасу це: електронні тахеометри; системи GPS; дистанційні методи (цифрова наземна зйомка); оптичні або електронні нівеліри; електронні тахеометри; лазерні далекоміри; лазерні сканери; системи радарного контролю.

Якісний стрибок у напрямку створення інструментів побудови 3D моделей стався з появою безвідбивачевих систем вимірювання, з розробкою на їх основі тривимірних лазерних скануючих систем. Застосування цих методів дозволяє забезпечити одержання значних переваг як у технологічному, так і в економічному аспектах [8].

Практичне застосування високоточних супутникових GPS приймачів, для визначення деформованого стану відкритих гірничих виробок, дозволило виконувати зйомку, що істотно знижує як час проведення роботи так і обробку результатів.

Це стало першим кроком, до вироблення основних методологічних підходів проведення GPS зйомок для контролю деформованого стану відкритих гірничих виробок.

Застосування систем GPS на кар'єрах Кривбасу дозволяє: відмовитися від включення до складу профільних ліній спостережних станцій опорних реперів в безпосередній близькості до спостережуваного породного масиву (опорна точка диференціальної корекції може знаходитися на відстані до 5 кілометрів від профільної лінії), що в свою чергу підвищує точність проведених вимірювань; значно розширити межі досліджуваних областей впливу гірничих робіт, що в підсумку дозволяє на якісно новому рівні вивчати деформування верхньої частині земної кори, викликане техногенними факторами [9].

Систематизацію технічних засобів для проведення геомеханічного моніторингу стійкого стану відкритих гірничих виробок представлено на рис. 1.



Рис. 1. Засоби геомеханічного моніторингу стійкості стану відкритих гірничих виробок

На сьогодні найпоширенішим методом корекції супутникового сигналу є метод диференціальної корекції.

Цей метод заснований на накопиченні даних для диференціальної корекції на базовій станції, яка складається з приймача з антеною, комп'ютера і відповідного програмного забезпечення.

Мобільний приймач GPS також накопичує дані у власній пам'яті в об'ємі, достатньому для подальшої корекції інформації.

Після закінчення робіт дані бази і мобільного приймача GPS спільно обробляються за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Використання радарних систем контролю (SSR) – Ground Probe можна назвати останнім словом науки і техніки в цій галузі.

Метою моніторингу за допомогою радарних систем спостереження є зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій та зменшення їх можливих наслідків за рахунок своєчасного виявлення зміщень та деформацій земної поверхні на обстежуваних ділянках.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Для підвищення ефективності проведення спостережень, за деформаціями видобувних регіонів Криворіжжя, особливе місце займають питання впровадження ефективності використання нових засобів автоматизації гірничих процесів. Завдання удосконалення методик вимірів та інтерпретацій тріщинуватості гірських порід у бортах кар'єрів, шахтах, відвалах, свердловинах на сьогоднішній день достатньо актуальне.

В цілому, прогноз стійкості відкритих гірничих виробок, шляхом маркшейдерських спостережень за зрушенням гірських порід є найбільш достовірним, оскільки спирається на об'єктивну інформацію про стан гірських масивів. Але його застосування стикається з виробничими та економічними проблемами отримання реальних деформаційних характеристик породних укосів. Це зумовлює необхідність залучення в польові та камеральні маркшейдерські роботи сучасного геодезичного обладнання для контролю за стійкістю уступів, бортів кар'єрів і відвалів.

Впровадження нових інформаційно-вимірювальних комплексів на території Криворіжжя зумовило би автоматизацію більшості процесів та простоту обробки. Тому важливим, є питання створення системи автоматизованого контролю стійкості бортів кар'єрів і відвалів, деякі перші розроблені системи вже пройшли лабораторні випробування та готові до впровадження їх на гірничих підприємствах. За критерієм «вартість – ефективність» і якістю одержуваної інформації, застосування GPS технологій для отримання інформації про деформований стан породних масивів з метою прогнозування їх стійкого стану на сьогоднішній день найбільш доцільне.

Проблема управління стійкістю прибортових масивів на кар'єрах Кривбасу може бути вирішена тільки на основі комплексного підходу, що включає в себе рішення всіх складових задач та питань, що були розглянуті в даній статті.

Список літератури

1. Долгих Л.В. Сучасні методи знімальних робіт на кар'єрах / Л.В. Долгих, О.В. Долгих, М.М. Маленький // Вісник Криворізького технічного університету : зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2006. – № 13. – С. 48–51.
2. Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. – Л.: ВНИМИ, 1971. – 187 с.
3. **Є.В.Герасимова**, А.В. Болотников. Використання геофізичних методів спостережень для оцінки стійкості бортів залізрудних кар'єрів //Рукопис подано до редакції 15.03.12 УДК 622. 271. 33:550.3; - Кривий Ріг, 2012. – с. 54-58.
4. **В.В. Демьянов**, С.М. Простов, В.А. Хамяляйнен, С.В. Сидельцев, Р.Ю. Сорокин Техническое и информационное обеспечение системы автоматизированного контроля устойчивости бортов карьеров - №3 (2006). с. 113-117.
5. **Генике А.А.**, Черненко В.Н. Исследование деформационных процессов на Загорской ГЭС спутниковыми методами / А.А. Генике, В.Н. Черненко // Геодезия и картография. – 2003. – №2. – С. 27–33.
6. **Болотников А.В.** Применение GPS-технологий в маркшейдерско-геодезическом обеспечении открытых горных работ / А.В. Болотников, А.А. Романенко // Збірник наукових праць ДП «НДГРІ». – Кривий Ріг. – 2010. – №52. – С. 35–41.
7. **Генике А.А.** Глобальная спутниковая система определения местоположения GPS и ее применение в геодезии / А.А. Генике, Г.Г. Побединский. – М.: Картоцентр; Геодезиздат, 1999. – 272 с.
8. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов разрезов и отвалов, интерпретации их результатов и прогнозу устойчивости. Л.: ВНИМИ, 1987. – 118 с.
9. **Петраковский С.Я.** Применение методов стереофотограмметрии и программы PHOTOMOD Lite в практике маркшейдерских измерений. Рукопись поступила в редакцию 20.03.15