

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ДЕННОЇ ПОВЕРХНІ, ПІДРОБЛЕНОЇ ГІРНИЧИМИ РОБОТАМИ

У статті розглянуті питання використання різних способів спостереження за деформаціями денної поверхні, розташованої над гірничими виробками. При відсутності повної характеристики про підземні гірничі роботи доцільно використовувати способи з визначенням просторового положення точок. Можливості сучасних приладів та програмного забезпечення диктують потребу в удосконаленні класичних методик спостереження за деформаціями. Використовуючи цифрові тахеометри для вимірювання довжин ліній та перевищень можна одночасно визначати не тільки планові координати, як пропонується в роботах деяких авторів, а й просторові.

На ділянках, де неможливо було з різних причин розташувати профільні лінії перпендикулярно до прогнозованих обрушень, було перевірено планове положення реперів. Попередні спостереження на реперах профільних ліній, які виконувалися з використанням вимірювання відстаней та перевищень, давали величини горизонтальних та вертикальних деформацій, які не перевищували критичних величин. Але, враховуючи складні умови території, було прийнято рішення про використання паралельно й інших методів.

По реперах були прокладні спеціальні полігонометричні ходи. Визначені координати реперів на останню дату були порівняні з попередніми, на початкову дату. Обчислені різниці координат реперів характеризують величини на напрями зрушення за певний період часу. В статті наведено приклад, коли відстань між реперами змінилася з величини 57,510 м до 57,630 м, тобто на 12 см, а координати реперів, між якими ця відстань визначалася, відповідно – на 760 мм та 570 мм.

Ключові слова: програмні засоби, деформації, нові прилади.

Проблема і її зв'язок з науковими та практичними задачами Дослідження територій, на яких можуть виникати різного роду деформації, як відомо, виконуються різними способами. Вибір способу залежить від точності їх визначення та умов місцевості. На практиці, найчастіше для територій, які підроблені підземними гірничими роботами, використовуються спостережні станції, для реперів профільних ліній, яких вимірюються позначки та відстані між ними. Виміряні величини перевищень та відстаней використовуються визначення вертикальних і горизонтальних деформацій.

Останнім часом є приклади використання для вимірювань електронних приладів та GPS. Це дозволяє підвищити швидкість виконання досліджень, але для того, щоб не втратити при цьому точність, необхідно ретельно розробляти методику виконання робіт. Крім того, доцільно використовувати всі можливості сучасних приладів.

При дослідженні деформацій на території шахти ім. Орджонікідзе, де у 2010 р. спостерігалось значне обрушення, спочатку використовувалися лінійні проміри та геометричне нівелювання, але згодом, було з'ясовано, що такі спостереження не завжди дають достовірні результати.

Аналіз досліджень та публікацій. Велика кількість праць вітчизняних та зарубіжних вчених присвячена питанням удосконалення способів та методик спостереження за деформаціями.

Для підвищення безпеки гірничих робіт та ефективності добування корисних копалин, вітчизняними та зарубіжними вченими пропонується вдосконалення класичних способів спостережень за деформаціями на підроблених територіях, шляхом використання сучасних приладів, комп'ютерних програм та нових методик.

Наприклад, пропонується використовувати GPS та електронний тахеометр [1]. За допомогою електронного тахеометра можна зміни змінити традиційну методику вимірів. Використавши функцію виміру недоступних відстаней - Missing Line Measurement, можна відразу отримати горизонтальне прокладання, істинну довжину та відносне перевищення між відбивачами, встановленими над відповідними реперами [2]. Пропонується використовувати GPS для прив'язки опорних реперів [3].

Співробітниками науково-дослідної лабораторії «Маркшейдерія, геомеханіка та геометризація надр КарГТУ для моніторингу Соколовського та Сарбайського кар'єрів використовується сучасна техніка: роботизований електронний тахеометр TCA1201, GPS-система 1200, 3D - лазерний сканер, не тільки для спостереження за робочими та опорними реперами, а й для вивчення структурно-тектонічні особливості гірського масиву.

На ряді підприємств використовується удосконалена методика спостережень за деформаційними процесами на основі технології 3D-сканування та георадарної зйомки.

Постановка задачі. Після обвалення ділянки денної поверхні на території шахти ім. Орджонікідзе у 2010 р. (рис. 1), було складено проект спостережень за деформаціями та закладено для цього спостережну станцію.

За проектом профільні лінії, розташовані у гірничому відводі, повинні бути перпендикулярними до зони обрушення [4]. За відомою методикою між реперами вимірюються відстані та перевищення, а опорні реperi на початку серії спостережень прив'язуються до твердих пунктів, розташованих за зоною зрушень.



Рис. 1. Зона обвалення

Багаторазові спостереження реперів відображаються у таблицях та на графіках.

Відомо, що порівняння отриманих результатів з допустимими величинами дає уяву про ступінь впливу гірничих робіт.

Можливості сучасних приладів та програмного забезпечення диктують потребу в удосконаленні класичних методик спостереження за деформаціями.

Використовуючи цифрові тахеометри для вимірювання довжин ліній та перевищень можна одночасно визначати не тільки планові координати, як пропонується в роботах деяких авторів, а й просторові.

Викладення матеріалу та результати. На ділянках, де неможливо було з різних причин розташувати профільні лінії перпендикулярно до прогнозованих обрушень, було перевірено планове положення

реперів.

Попередні спостереження на реперах профільних ліній, які виконувалися з використанням вимірювання відстаней та перевищень, давали величини горизонтальних та вертикальних деформацій, які не перевищували критичних величин [4,5].

Але, враховуючи складні умови території, було прийнято рішення про використання паралельно й інших методів.

По реперах було прокладено спеціальні полігонометричні ходи.

Визначені координати реперів на останню дату були порівняні з попередніми, на початкову дату.

Обчислені різниці координат реперів характеризують величини на напрями зрушення за певний період часу.

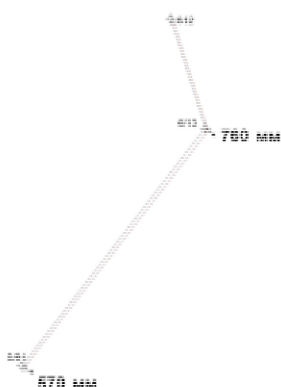
На рис. 2 наведено приклад, коли відстань між реперами змінилася з величини 57,510 до 57,630 м, тобто на 12 см, а координати реперів, між якими ця відстань визначалася, відповідно - на 760 та 570 мм.

Рис. 2. Планові зміщення реперів

Технічна експлуатація будинків, споруд та інженерних комунікацій на підроблюваних територіях має здійснюватись у відповідності з чинними нормативними документами.

Важливою умовою безпечної експлуатації будівель і споруд, які знаходяться на підробленій території, є постійний контроль за їх станом, який здійснюється маркшейдерською службою і полягає в оперативному отриманні точної інформації.

Ефективним є спосіб, який використовує не тільки сучасні прилади, а й ефективне програмне забезпечення для опрацювання результатів спостережень.



Але є випадки, коли необхідно розробляти методику відповідно до певних умов, що склалися. Інколи профільні лінії проходять по вулицях, які не перпендикулярні до зони провалу, як показано на рис. 3. У таких випадках, як показала практика спостережень, виконання лінійних промірів та геометричного нівелювання не може давати дійсної характеристики процесу зсувів.

На території Криворізького залізничного басейну є ділянки, для яких складно передбачити утворення провалів або напрям зрушень через недостатню інформацію про гірничі роботи початку попереднього століття. Тому, зрозуміло, що необхідно для таких випадків передбачити певні контролю, які унеможливили би не прогнозовані випадки.

Впроваджуючи координування реперів шляхом прокладання спеціальної полігонометрії, яка пропонується авторами, особлива увага повинна приділятися точності центрування приладів та визначення його висоти.

При використанні електронного тахеометра SET 630R ($m_{\beta}=6''$, $m_s=2$ мм) середні квадратичні помилки визначення приростів координат за величинами відстаней між реперами та дирекційними кутами напрямів, що їх з'єднують, залежно від варіювання цих величин складають відповідно від 0,7 мм до 1,9 мм. Так як на визначення координат впливають середні квадратичні помилки визначення ΔX та ΔY , то вони визначаються із середніми квадратичними помилками від 1 мм до 2,7 мм.

Відомо, що при визначенні перевищень із тригонометричного нівелювання, суттєвий вплив на точність має точність вимірювання ліній та кутів нахилу. Виходячи з цих положень, розраховано, з якою точністю необхідно виконувати лінійні та кутові виміри при заміні геометричного нівелювання на тригонометричне



Рис. 3. Розташування профільних ліній

Відомо, що при вимірюванні горизонтального прокладання перевищення обчислюється за формулою

$$h = S \cdot \sin \nu, \quad (1)$$

а середня квадратична помилка визначення перевищення за формулою

$$m_h^2 = \sin^2 \nu m_s^2 + S^2 \cos^2 \nu \frac{m_v^2}{\rho^2}. \quad (2)$$

Нами досліджено з якою точністю необхідно вимірювати довжини ліній між реперами, при виконанні робіт електронним тахеометром SET 630R, кутова точність якого $6''$. На точність лінійних вимірів впливає величина кута нахилу. Для визначення перевищення з середньою квадратичною помилкою $m_h=\pm 3$ мм при $m_{\beta}=6''$, $S=20$ м при куті нахилу від 1° до 10° довжини ліній повинні вимірятися з точністю відповідно від 15 см до 2 мм, що за даних умов цілком прийнятним.

Висновки та напрям подальших досліджень. У результаті досліджень встановлено, що при спостереженні за деформаціями з використанням лінійних промірів та геометричного нівелювання, в умовах Кривбасу необхідно періодично визначати координати реперів, що дозволяє сучасне устаткування та прилади. Сучасні прилади дозволяють поєднувати способи профілів та

координат. Пропонована методика дозволяє підвищувати точність визначень деформацій та прогнозування їх розвитку. Ці дані використовуються при розробці заходів з охорони навколишнього середовища, будівель та споруд.

Список літератури

1. Долгих Л.В., Долгих О.В. Дослідження території зони провалля від шахти ім. Орджонікідзе //Збірник наукових праць „Вісник Криворізького технічного університету”. - Кривий Ріг: КТУ. Вип. 27, 2011. с. 70-73.
2. Долгих А.В. Преобразование маркшейдерских данных для моделирования нейросетевыми методами. / Гірничий вісник. – Кривий Ріг: КНУ. – 96, 2013. – С. 85-89.
3. Федоренко П.И., Долгих А.В. Применение новых технологий при маркшейдерском обслуживании горных предприятий // Разработка рудных месторождений.-Вип. 82.- Кривой Рог: КТУ.- 2003.- С. 68-72.
4. Долгих А.В., Долгих Л.В. Использование нейронных сетей при исследовании земной поверхности, подработанной подземными горными работами. Сборник научных трудов «Качество минерального сырья». Кривой Рог, 2014.; Издательство «Дионат» (ФЛ-П Чернявский Д.А.). – С. 387-392.
5. Сазонов В.А. «Исследование вопросов подземной подработки карьеров и выбор способов наблюдений за устойчивостью их поверхности» Автореферат кандидатской диссертации. – КГРИ. – Кривой Рог, 1969.
6. Сероштан В.С. Зависимость времени стояния кровли от площади ее обнажения. – «Горный журнал», 1974, №12. С. 42-44.
7. Грищенкова, Е.Н. Обоснование условий использования электронных тахеометров для инструментальных наблюдений на маркшейдерских наблюдательных станциях / Е.Н. Грищенкова // Проблемы недропользования: Сборник научных трудов. Часть I. Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – СПб, 2014. – С. 157-159.
8. Божко В.Г., Гринюк Б.О., Чирва О.І. Використання електронних приладів при спостереженні за деформаціями поверхні та стійкістю об'єктів технологічного комплексу гірничовидобувних підприємств Кривбасу//Вісник Криворізького технічного університету. - 2005. - №7. - С. 65-67.
9. Божко В.Г., Гринюк Б.А., Чирва А.И. Использование GPS-системы для привязки опорных реперов наблюдательных станций // Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг. - 2007.
10. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений – М.: Недра, 1988. – 112 с.

Рукопис подано до редакції 20.04.16

УДК 622.34: 550.343.6

М.В. ШОЛОХ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЯДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РУДИ І КОРИСНОЇ КОПАЛИНИ У РУДНІЙ СИРОВИНІ

Виконано стохастичне моделювання відосблених і взаємозалежних динамічних рядів для прогнозування якісних показників руди і корисної копалини у рудній сировині родовища, покладу, рудного тіла або дільниці залістистих кварцитів. Відмічено, що основними перевагами стохастичних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині є їх високі адаптивні властивості, точність прогнозування, а також можливість моделювання нестационарних динамічних рядів. Розглянуто методику моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Уявлення про гірничодобувне виробництво як динамічної системи і облік залежностей між об'ємно-якісними показниками окремих рівнів рудопотоків, пов'язаних гірничотехнологічними процесами, дозволило узагальнити методи прогнозування відосблених рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині на взаємозалежні. Успішне вирішення теоретичних питань у цій області, дозволило зменшити труднощі практичної реалізації методу, які обумовлені складністю оцінки параметрів таких багатовимірних моделей і інтерпретації результатів моделювання. Виконаний аналіз використання багатовимірних моделей на великому фактичному матеріалі дає позитивні результати. Розглянуто два підходи, які доцільно використати для моделювання взаємозалежних динамічних рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині. Виконанні дослідження у значній мірі розширюють можливості методу прогнозування процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині в рудопотоках і дозволяють вірогідно оцінювати контрольовані якісні характеристики на періодах управління перевищуючи оперативні, істотно підвищуючи при цьому точність прогнозування. Видано рекомендації стосовно технології прогнозування з невеликими інтервалами дискретності.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Побудова стохастичних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині динамічних рядів і їхнє використання для прогнозування базується на методах аналізу тимчасових рядів. Найбільш завершений - метод Бокса-Дженкінса [4]. Основними перевагами стохастичних моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині є їх високі