

Б. Ю. Собко, канд. техн. наук

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА В КАР'ЄРАХ

Одним з основних напрямків підвищення ефективності гірничого виробництва є інформатизація виробничих процесів (Постанова КМУ №1702 від 18.12.2001р. «Порядок формування та виконання галузевої програми й проекту інформатизації»).

Стабільна робота гірничо-металургійних підприємств з видобутку й переробці розсіпних титано-цирконієвих руд у великій мірі залежить від ефективності використання устаткування та оперативності керування гірничотехнологічними роботами.

В зв'язку з цим розробка інформаційно-аналітичних методів підвищення ефективності гірничого виробництва на кар'єрах з видобутку розсіпних руд є досить актуальною й спрямована на забезпечення оперативного контролю за виробничими процесами та технологіями комплексного освоєння родовищ.

Ціль досліджень – розробка методів підвищення ефективності роботи гірничого виробництва на кар'єрі.

У той же час для гірничовидобувних підприємств, обладнання яких працює у важких гірничо-геологічних умовах з високою енергоємністю, підвищення загальної ефективності виробництва неможливо без застосування сучасних геоінформаційних способів і засобів. На таких підприємствах при обмеженні можливостей інтенсифікації виробництва за рахунок впровадження нових технологічних схем і устаткування резерви підвищення продуктивності праці й зниження собівартості товарної продукції варто шукати у впровадженні в виробництво способів і засобів підвищення ефективності та керування гірничотранспортними комплексами.

Сьогодні практично всі закордонні інженерні й управлінські служби гірничовидобувних підприємств запровадили або запроваджують у свою діяльність сучасні комп'ютерні технології геологічного моделювання, проектування й планування гірничих робіт, автоматизованої обробки космічної зйомки для одержання цифрових моделей кар'єру й рельєфу місцевості, екологічного моніторингу тощо.

Найважливішою особливістю гірничовидобувних підприємств є велике територіальне розміщення його об'єктів. Як наслідок цього, при плануванні гірничотранспортних робіт необхідно враховувати географічну складову інформації. Це є важливим як для рішення завдань просторового геологічного моделювання, планування гірничих робіт, оперативного керування гірничотранспортним устаткуванням.

Крім вищесказаного, робота гірничовидобувних підприємств в умовах ринкових відносин, розвитку міжнародних зв'язків, зміцнення виробничої й фі-

нансової діяльності неможлива без освоєння й впровадження сучасних способів і засобів підвищення ефективності та управління виробництва.

Сучасні методи підвищення ефективності гірничих робіт повинні передбачати:

- підвищення ефективності оперативного керування роботою підприємства за рахунок безперервного забезпечення диспетчерського й управлінського персоналу повною, актуальною й достовірною інформацією про поточне положення та стан всіх елементів гірничовидобувного комплексу;
- підвищення вірогідності й оперативності обліку використання мінеральних ресурсів, поліпшення контролю роботи персоналу й устаткування;
- підвищення конкурентоспроможності підприємства на ринку мінеральної сировини за рахунок гнучкого маневрування використання всіх видів ресурсів.

До основних сучасних методів підвищення ефективності гірничих робіт варто віднести: створення цифрових тривимірних моделей території й об'єктів гірничовидобувного підприємства, створення цифрових тривимірних геологічних моделей родовища й впровадження сучасних програмних засобів планування й керування гірничими роботами на кар'єрах з використанням геологічної моделі, GPS – технологій і системи навігації в рішенні маркшейдерських завдань і підвищення ефективності роботи та керування гірничотранспортними роботами на кар'єрах.

Застосування цифрових планів і тривимірних моделей місцевості.

Цифрова тривимірна модель території гірничого підприємства являє собою цифрову модель місцевості (ЦММ) і включає метричну (номера координат крапок місцевості), синтетичну (коди топографічних об'єктів, відомості про порядок і вид з'єднання крапок у контури), семантичну (різні характеристики об'єктів) і службову інформацію про місцевість. Дана модель передбачає використання супутникових геодезичних систем реального часу (Real Time Kinematic – RTK).

Єдина база атрибутивних даних (БД) описує об'єкти місцевості й гірничого виробництва та дозволяє фіксувати різні характеристики (дані діагностики про стан транспортних шляхів, геологічні дані, дані про стан гірничих машин і агрегатів, обсягах виконаних гірничих робіт і т.д.).

Цифрові тривимірні моделі території й об'єктів гірничовидобувного підприємства, в області графічного подання інформації й аналізу даних з урахуванням положення розглянутих об'єктів у просторі визначають їх ефективне спільне використання як фахівцями в області моделювання родовищ і планування гірничих робіт (геологи, маркшейдери, гірничі інженери), так і керівниками, що приймають рішення по керуванню інфраструктурою підприємства й розвитку виробництва. Крім цього цифрова карта є також базою для прийняття стратегічних рішень щодо розвитку гірничого підприємства.

Цифрова модель поверхні території гірничовидобувного підприємства і його об'єктів створюється на основі сучасних комп'ютерних технологій і топо-

геодезических робіт, у т.ч. космозйомки, аерофотозйомки, польової планово-висотної підготовки, фотограметричних і цифрових робіт, польового приймання карт та ін.

Єдине координатне поле забезпечується базовим комплексом RTK (супутникова антена і передавальний радіомодем з радіоантеною), що дає можливість у будь-якому реальному масштабі часу визначити місце розташування об'єктів у єдиній системі координат, зафіксувати зміну поверхні території або положення об'єкта.

Єдина система обміну даними забезпечує передачу й обмін даними між всіма споживачами й служить для:

а) передачі координатних даних при виконанні топогеодезичних робіт і визначення місця розташування рухливих об'єктів у реальному масштабі часу;

б) передачі групам споживачів, для яких це необхідно, завдань і вихідних даних для їхнього виконання, включаючи ЦММ і БД;

в) прийому на диспетчерських пунктах даних з виробничих об'єктів про їхнє місце розташування й звітів про виконання завдань.

Цифрова модель об'єктів гірничого підприємства належить якому-небудь робочому періоду. Вона поповнюється приєднанням маркшейдерських зйомок цього робочого періоду. Створення нових зйомок і приєднання до моделі можливо тільки для поточного календарного періоду.

Цифрова модель гірничих робіт являє собою набір шарів геометричних об'єктів. Кожний із шарів є набором однорідних об'єктів. Наприклад, необхідний шар ліній верхніх брівок уступів, шар автомобільних доріг, шар ліній електропередачі і т.п. Першим завданням створення цифрової моделі гірничих робіт є створення класифікатора шарів моделі. Ця робота виконується з урахуванням специфіки кар'єрів гірничого підприємства, що утворилася з практики ведення маркшейдерської документації.

Технологія підтримки цифрової моделі передбачає обробку результатів всіх видів маркшейдерської зйомки з можливістю автоматичного відновлення цифрової моделі гірничих робіт і об'єктів інфраструктури гірничого підприємства, а також цифрового моделювання рудного тіла, всього родовища та кар'єра.

Супутникова технологія визначення координат забезпечує: високу точність вимірів, всепогодність (відсутність впливу опадів, температури, можливість роботи в темний час доби), збільшення продуктивності при відсутності умови взаємної видимості між пунктами. Технологія заснована на одночасному прийомі сигналів супутникової системи GPS Navstar. Визначення поточних координат відбувається в реальному часі; затримка за часом порядку 1 с. Точність визначення координат становить залежно від умов спостережень 1-5 см, що відповідає вимогам масштабу, як для координат контурів, так і для крапок знімального обґрунтування.

Застосування комп'ютерних систем для вирішення гірничо-геологічних завдань

Застосування електронних цифрових тривимірних гірничо-геологічних моделей у геологічній, маркшейдерській та інших службах гірничовидобувного підприємства дозволяє:

- найбільш повно використати геологічну інформацію у всіх розв'язуваних завданнях, вести максимально повний і точний облік руху запасів;
- виконувати різноманітні розрахунки розвитку гірничих робіт і одержувати оптимальні стратегічні рішення, що дають великий економічний ефект;
- організувати автоматизовану систему контролю та керування якістю руди;
- автоматизувати процес створення електронних (графічних, табличних) матеріалів для різних служб підприємства.

Сьогодні практично всі гірничі підприємства розвинених країн миру вирішують свої геологічні, гірничі та маркшейдерські завдання комплексно із застосуванням систем гірничо-геологічного моделювання. Найбільш відомі й активно використовуються системи Micromine, Minemap, Minescape, Surpac, Vulcan (Австралія), Datamine (Великобританія), Intergraph, Techbase (США), Gemcom, Geostat (Канада) тощо.

З перелічених вище систем електронного геологічного моделювання найбільше широко застосовується програмний пакет Micromine (Майкромайн), як один з лідерів в області розробки й впровадження програмного забезпечення для гірничовидобувної промисловості.

Майкромайн – це багатофункціональний програмний продукт, який володіє всіма процесами, необхідними для вирішення прикладних завдань на будь-якій стадії геологорозвідувальних і гірничих робіт та підрахунку запасів. Основними його особливостями є гнучкість і простота керування, стандартний програмний інтерфейс Windows [1].

Майкромайн вирішує як повсякденні завдання виробництва, так і специфічні проблеми, пов'язані із тривимірним моделюванням, підрахунком запасів.

Програмний продукт Майкромайн, має модульну структуру та дозволяє вирішувати наступні завдання:

Геологорозвідувальні роботи:

- геохімічне моделювання;
- геостатична оцінка;
- тривимірне подання геохімічних, геофізичних, топографічних та маркшейдерських даних;
- створення геофізичних баз даних, їхня обробка й моделювання.

Оцінка мінеральних ресурсів на стадіях попереднього і заключного ТЭО:

- створення баз даних;
- класичний статистичний аналіз;
- оцінка ризику;
- інтерпретація геологічних даних і мінералізації;
- каркасне моделювання;
- повне тривимірне моделювання з використанням методів інверсії відстані (IDW);
- підрахунок і класифікація ресурсів відповідно до світової класифікації Об'єднаного Комітету по Запасах (JORC Code);
- аудит підрахунку запасів.

Підрахунок запасів і планування гірничих виробок:

- моделювання родовищ і підрахунок запасів на стадіях попереднього й заключного ТЭО відповідно до світової класифікації Об'єднаного Комітету по Запасах (JORC Code);
- оптимізація параметрів кар'єрів і планування гірничих робіт;
- оцінка економіки мінімально-промислового змісту корисного компонента;
- проектування гірничих виробок ;
- контроль змісту й організація системи збору даних;
- оцінка ефективності процесу гірничого виробництва зі звітом.

ГІС-обслуговування:

- розробка ГІС-застосунків;
- переклад векторних даних ГІС, їхня обробка й передача;
- підготовка гнучких пакетів ГІС-даних для їхньої інтеграції в бази даних і взаємодії з базами даних клієнтів;
- навчання структурованим прикладним програмам.

Тривимірний геологічний модель є основою не тільки для гірничо-геометричного аналізу кар'єрного поля, але й для вирішення завдань оперативного й календарного планування гірничих робіт. Оперативне планування гірничих робіт включає автоматизовану розробку геолого-технологічних карт відпрацьовування вибоїв екскаваторами на основі структурної і якісної характеристик руд із затвердженням технологічних схем і способів виїмки. Контури перетину вибоїв устанавлюються з урахуванням положення під'їзних доріг, місця роботи гірничотранспортного устаткування за даними маркшейдерської зйомки й уточнюються щодня. Календарне планування включає автоматизовану розробку оптимальних варіантів річної, квартальної й місячної програми розвитку гірничих робіт. При цьому виконується підрахунок обсягів і якості руди, обсягів розкриву по блоках, ділянках, у цілому по кар'єрі, при розвитку гірничих робіт за місяць, за квартал, за рік.

Застосування навігаційних систем оперативного керування гірничотранспортним комплексом.

Гірничотранспортний комплекс (ГТК) є складною динамічною системою й характеризується наявністю численних об'єктів, включає велику кількість машин і устаткування: екскаватори (роторні, крокуючі, гусеничні (пряма й зворотня мех. лопати), бульдозери, грейдери, автосамоскиди, допоміжну техніку. Всі ці технічні засоби вимагають взаємозалежного керування під час роботи, планування ремонту й техобслуговування, обліку запчастин і палива тощо.

Ефективне керування такими системами в цілому, як і окремими ланками гірничого виробництва неможливо без прийняття оптимальних рішень на основі моделювання всієї системи ГТК із урахуванням взаємодії його об'єктів у просторі й часі.

Останнім часом у світі широке поширення одержали супутникові технології навігації системи контролю та керування за рухливими об'єктами. Подібні системи використовуються для керування морським, сухопутним і повітряним

транспорт. В Україні такі системи також починають користуватися попитом. Можливість створення систем такого призначення з'явилася у зв'язку з бурхливим розвитком геоінформаційних технологій (ГІС), комп'ютерної техніки й мікроелектроніки, а також супутникової навігації GPS (США) і ГЛОНАС (Росія).

Системи функціонують таким чином: на гірничотранспортне устаткування встановлюється бортовий комплект, за допомогою якого здійснюється визначення поточних координат, швидкості, курсу, збір інформації з датчиків. Оброблена спеціальним чином інформація передається з об'єктів на диспетчерський пункт (ДП). ДП являє собою програмно-апаратний комплекс, призначений для вирішення завдань контролю, керування й аналізу. Для забезпечення високої надійності як операційні системи застосовуються UNIX або Windows NT. На ДП прийнята інформація розміщується в базі даних, а також відображається на електронній карті місцевості. Таким чином, оператор ДП має можливість візуально контролювати місцезнаходження гірничотранспортного устаткування, його стан (за інформацією датчиків), а інформація бази даних використовується для аналізу й генерації необхідної документації.

Огляд способів і засобів оперативного керування рухливими об'єктами, у тому числі великовантажними автомобілями й колісними навантажувачами показує, що найбільш перспективним методом підвищення ефективності роботи кар'єрного автотранспорту є створення сучасних систем диспетчеризації та оперативного контролю параметрів роботи автосамоскидів на основі супутникової навігації GPS – технологій.

Разом з тим необхідно відзначити, що дотепер для кар'єрів України відсутні конкретні рекомендації зі створення систем супутникової навігації й оперативного контролю за роботою гірничотранспортного устаткування із застосуванням тривимірних геологічних моделей родовищ.

Для підвищення ефективності роботи кар'єрного транспорту була розроблена й впроваджена радіонавігаційна система підвищення ефективності роботи гірничотранспортного устаткування на кар'єрах Вільногірського ГМК. Система дозволяє в реальному режимі часу проводити дистанційне оперативне керування й контроль за швидкісним режимом руху самоскида, відстанню транспортування, кількістю ходок, часом навантаження-розвантаження, часом руху, часом простою автосамоскидів, обсягом перевезень, показниками вантажообігу, витратою палива.

При розробці радіонавігаційної системи підвищення ефективності роботи кар'єрного транспорту використано серійне апаратно-програмне забезпечення SkyLinks і технологія GPS, які були доповнені створеною геологічною моделлю Малишевського родовища Вільногірського ГМК.

Апаратно-програмне забезпечення системи підвищення ефективності роботи гірничотранспортного устаткування включає диспетчерську станцію й контролери на автосамоскидах. Дані в радіомережі передаються по протоколі АХ.25 на швидкості 1200 бод. На одній частоті через обмеження за адресацією можуть працювати до 32 одиниць техніки. Звичайний пакет даних передається за 0,7 секунди. За хвилину передаються до 50 пакетів даних.

Створена система складається з таких основних частин:

- устаткування мобільних об'єктів (автосамоскидів, колісних навантажувачів) системи;
- комунікаційної частини системи;
- прикладної частини системи.

Устаткування мобільних об'єктів системи оперативного керування призначено для збору, накопичення й передачі інформації про стан і положення машин (з точністю 2-5м) на диспетчерський центр із частотою не менше як 4 звіти про стан і положення в секунду. Передача інформації в диспетчерський центр здійснюється за виділеним радіоканалом.

Контрольовані автосамоскиди оснащені наступним базовим комплектом бортового устаткування (рисунок):

- радіостанція з УКХ антеною, що призначена для обміну цифровою інформацією між машиною й диспетчерським пунктом;
- бортовий контролер з вбудованим приймачем GPS (датчик місця розташування, курсу й швидкості машини);
- дисплей;
- GPS антена;
- датчики стану машини.

На диспетчерській станції встановлене наступне устаткування, що забезпечує функціонування каналів передачі інформації та керування системою:

- радіостанція диспетчерської системи (обмін даними й обмін голосовим зв'язком);
- базовий модем-контролер диспетчерської системи;
- комп'ютер з комунікаційним контролером;
- комплект апаратури диференціальної станції.

Апаратура передачі даних забезпечує обмін інформації між мобільним об'єктом і диспетчерським центром. Для кожного із частотних каналів, виділених для системи, комплект апаратури передачі даних містить у собі базову УКХ антену, базову УКХ радіостанцію, базовий контролер.



Рис. 1. Схема базового комплекту устаткування мобільних об'єктів

Промислові випробування системи та її впровадження були проведені в 2006 році у гірничотранспортному виробництві Вільногірського ГМК.

Параметри роботи автосамоскидів Белаз-7548 надходять до бортових контролерів, обробляються та накопичуються в базі даних диспетчерського центра. Інформація, необхідна для формування змінного рапорту диспетчера, автоматично зберігається в базі даних і видається до друку.

Висновки

Впровадження розроблених методів підвищення ефективності гірничих робіт на кар'єрах дозволяє оперативно керувати роботою гірничотранспортного устаткування, за рахунок оптимізації маршрутів, підвищити коефіцієнт використання вантажопідйомності автосамоскидів Белаз-7548 та значно зменшити час простоїв гірничого устаткування.

Впровадження радіонавігаційної системи в кар'єрі дозволило одержати економію на гірничому виробництві в наступному вигляді: 37% – за рахунок економії витрат дизельного палива; 7% – за рахунок точного обліку пробігу автосамоскидів; 56% – за рахунок збільшення продуктивності гірничотранспортного устаткування.

Застосування цифрових планів гірничих робіт, моделей поверхні кар'єру, геологічної моделі родовища та GPS-технологій дозволяє оптимізувати роботу гірничотранспортного устаткування в кар'єрі, вести оперативний облік і контроль мінерального складу транспортуємої руди у кожному автосамоскиді.

1. Собко Б.Ю., Зберовський О.В., Чорнобук О.І.. Особливості побудови тривимірних геологічних моделей розсіпних родовищ України // Наук. вісник НГУ.–2008. – №- 2. – С. 9-12.