

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНІМАЛЬНИХ РОБІТ У СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Показано шляхи автоматизації знімальних робіт, які можна застосовувати для підвищення ефективності маркшейдерського забезпечення гірничих робіт як частини управління технологічними процесами у кар'єрах. Обґрунтовано створення математичної моделі забезпечення, яка враховує тип та рівень автоматизації приладів та пристроїв.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На формування ефективної роботи гірничодобувного підприємства та собівартість кінцевої продукції впливають багато чинників. Такими чинниками є автоматизація найбільшої кількості технологічних процесів там де це економічно доцільно, та автоматизація процесів збору даних, зокрема маркшейдерського забезпечення робіт для здійснення контролю та управління технологічними процесами. Так, для маркшейдерського забезпечення за видобуванням існує багато різноманітних методик, приладів та пристроїв, як можна поділити на групи, що мають певний рівень автоматизації знімальних робіт. Проблема постає у виборі найбільш доцільної комбінації методик, приладів і науковому обґрунтуванні необхідної кількості персоналу для маркшейдерського забезпечення (з урахуванням рівня автоматизації та вимог нормативних документів), а також у підвищенні ефективності та оперативності контролю за стійкістю бортів, екскаваторними, відвальними та буро-вибуховими роботами.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз показав, що автоматизація маркшейдерського забезпечення робіт та впровадження сучасних технологій знімальних робіт є основним спрямуванням для підвищення ефективності управління технологічними процесами, роботи маркшейдерських служб та відділів, підвищення точності, оперативності, своєчасного реагування на відхилення від проектів, покращення умов праці маркшейдерів, культури ведення робіт і рівня безпеки праці.

Постановка завдання. Розробка родовищ корисних копалин пред'являє високі вимоги до точності, якості та оперативності маркшейдерського забезпечення технологічних процесів. Для того щоб відповідати цим вимогам, необхідно вибрати правильну модель забезпечення, яка перш за все включає вибір приладів та пристроїв.

Викладення матеріалу та результати. У теперішній час набувають найбільшої актуальності лазерні прилади з можливістю дистанційного керування шляхом радіозв'язку і передачі даних засобами *Wi-Fi*, *Internet* та *Bluetooth* технологій, при цьому область застосування охоплює спостереження за сейсмічними процесами у земній поверхні і забезпечення гірничих робіт. Обладнання для маркшейдерського забезпечення робіт може бути стаціонарним, мобільним та переносним.

Стаціонарні системи спостереження, що включають лазерні сканери, які встановлюють на спеціальні опори які можуть бути вмонтовані у інженерну споруду з якою передбачається вести спостереження або які встановлюють на постійно закріплених наземних спостережних станціях, де здійснюється безперервний контроль за зсувами земної поверхні. Такі системи повинні мати постійне джерело живлення та дистанційне керування шляхом дротового поєднання спостережної станції та управляючого комп'ютеру. Встановлення стаціонарних лазерних сканерів може бути виправданим за умов постійних важкопрогнозованих зсувів земної поверхні, з метою негайного реагування, запобігання руйнування техніки і людських жертв, у випадках коли не можливо повністю ізолювати зону небезпечного впливу або якщо є велика імовірність розповсюдження такої зони на більшу частину родовища. При цьому спеціально підібране та налаштоване програмне забезпечення дозволить службам диспетчеризації родовища своєчасно реагувати на відповідні сигнали про небезпеку і залучати спеціалістів.

Мобільне обладнання може бути: бортовим гідрографічним, повітряним *2D* і *3D*, автомобільним *2D* і *3D*. На сьогодні одним з найбільших виробників такого обладнання є компанія *Riegl*. Особливістю мобільних систем є принцип накопичення даних подібний до фотограмметричних методів, разом із відсутністю недоліків пов'язаних із спотворенням зображень у певній

частині об'єктиву, можливість мати одне цільне зображення замість багатой кількості фотознімків і порівняно більш точним визначенням перевищень між точками сканування, що робить цей метод таким, який може розглядатися альтернативним до аерофотознімання. Найбільшу ефективність повітряні сканери демонструють при зйомці ситуації з дуже складним рельєфом, тому використання доцільне для накопичення даних при створенні 3D області ведення гірничих робіт (кар'єрів і відвалів) або поверхні акваторії дна водосховищ і шламосховищ - для створення топографічних карт та планів місцевості будь-якої складності, у якості як контрольного заміру, так і мобільного спостереження за станом бортів кар'єру. Мобільні сканери за розмірами та конструкцією можуть бути для пілотних та безпілотних летальних апаратів (БПЛА). Характерними особливостями сканерів для БПЛА є спрощені конструкції, зменшена вага, дальність і швидкість роботи, разом з тим вони здатні виконувати всі ті ж задачі, які виконують їх відповідники для пілотованої техніки у менших обсягах і призначені для більш локального застосування у порівняно крупних масштабах. Використання БПЛА сканування може бути виправданим у місцях, де знаходження людини є неможливим, негативно впливає на ведення гірничих робіт або є небезпечним, з метою підвищення ефективності маркшейдерського забезпечення робіт: в зонах активного воронко-утворення, великого скупчення техніки і машин безпосередньо задіяних у технологічних процесах, у місцях падіння гірничої маси у результаті роботи екскаваторів і бульдозерів, для зменшення пересувань знімальних бригад по території кар'єру.

Переносні лазерні прилади використовуються для повсякденних нужд маркшейдерії. Для них характерна невелика вага (разом з кейсом до 10 кг) та можливість переносу для встановлення на місцевості, що потребує проведення певного забезпечення у якості знімальних робіт або виносу у натуру. Такими приладами виступають електронні тахеометри, переносні лазерні сканери, лазерні рулетки, лазерні нівеліри, при чому останні два класи приладів не є предметом даної статті. Через відносну простоту використання, доступність, порівняно низьку вартість та оперативність роботи тахеометри є найбільш розповсюдженими для проведення будь-яких видів маркшейдерських робіт у глибоких кар'єрах по відношенню до інших вимірювальних пристроїв.

Електронні тахеометри за рівнем автоматизації можна розділити на 3 групи. До першої групи можна віднести класичні тахеометри, що мають базовий рівень автоматизації, прості обчислювальні модулі та програмне забезпечення, і можуть не мати вбудованих *Bluetooth* та *Wi-Fi*. За класами точності: точні і високоточні, можуть вимірювати відстань по призмі до 2.5-5 км і до 150-500 м у безпризмовому режимі (в залежності від моделі). До цього класу можна віднести *SOKKIA SET, CX, FX, NET; TOPCON GPT, GTS; Trimble TS* та інші. Для роботи з приладами цієї групи у більшості випадків необхідна бригада, що складатиметься мінімум з двох осіб: одна оператор тахеометру, інші - для фіксування ситуації у полі. Використання електронних тахеометрів цієї групи є актуальним при помірній активності просування гірничих робіт, групуванні екскаваторів на певних ділянках кар'єру, невеликому проміжку часу що необхідний для пересування і достатньої кількості персоналу для здійснення маркшейдерського забезпечення (недостатня кількість може бути обумовлена хворобами або відпустками певних спеціалістів), а збільшення активності робіт або значне збільшення часу на пересування по кар'єру у випадку використання тахеометрів цієї групи передбачає збільшення штату маркшейдерської служби родовища або підприємства.

До другої групи можна віднести безпосередньо роботи-тахеометри з наявним серводвигуном, системою пошуку призми, можливістю дистанційного керування. Важливими характеристиками, що відрізняють їх від першої групи - це можливість здійснення робіт з мінімальною дозволеною кількістю персоналу, відстань на якій можна здійснювати дистанційне керування, при чому можливість зменшити кількість персоналу для проведення зйомки або виносу у натуру не має негативного впливу на точність і якість робіт, хоча іноді може мати негативний вплив на оперативність. Представниками групи виступають *SOKKIA SX, SXR; Trimble S, RTS* та інші подібні до них. Більша частина з цих приладів здатна завдяки вище зазначеним технологіям *Bluetooth* і *Wi-Fi* оперативно передавати інформацію на комп'ютер для контролю та подальшої обробки даних. Використання таких тахеометрів доцільно при періодично тимчасовій або постійній високій активності ведення гірничих робіт і при підвищених вимогах до маркшейдерського забезпечення при незмінній кількості людино-годин, що на нього витрачаються. Так, використовуючи два роботи- тахеометри, розташованих на відповідних станціях для забезпечення

однієї ділянки місцевості, можна покрити значну площу, виконуючи роботу бригадою, що складається з двох осіб. А у випадку, коли необхідний винос у натуру можна залучити до маркшейдерського забезпечення неспеціалістів з метою збереження рівня безпеки праці, при цьому безпосередньо винос буде здійснювати лише одна особа.

До третьої надсучасної групи належать роботи-тахеометри з функцією сканування місцевості. По суті такий пристрій являє собою комбінацію електронного тахеометра і лазерного сканера, що робить його універсальним, спроможним виконувати цикл геометричних вимірювань, доцільність та область використання збігається з другою групою автоматизації, що доповнена можливістю з високою точністю вести спостереження за стійкістю бортів, вивчати сейсмічні процеси земної поверхні та точно встановлювати коефіцієнт розпушення при веденні буровибухових робіт, визначати об'єми гірничої маси, що перемістилися за рахунок вибуху. Тахеометри 3-ї групи рівня автоматизації є найбільш універсальними і високотехнологічними. Їх використання буде виправдане у разі активного ведення гірничих робіт при наявності небезпечних зсувів гірських порід на певних ділянках родовища, що потребують детального та своєчасного фіксування і вивчення, з метою забезпечення якісного управління технологічними процесами, культури та безпеки праці, відповідного рівня точності і оперативності. До групи належать *TOPCON IS*, *Trimble VX* і подібні до них. Треба зазначити, що у режимі сканера прилад працює у значно меншому діапазоні відстаней, в залежності від моделі в середньому досягає від 1-го до 250 м. Усі моделі мають функції пошуку призми та дистанційного керування.

Можливість сканування місцевості з великою щільністю дозволяє не знаходитися на небезпечних ділянках, що потребують фіксування даних ситуації або проводити маркшейдерське забезпечення таким чином, що не гальмує і не призупиняє технологічні процеси на час проведення маркшейдерської зйомки.

Тепер розглянемо переносні лазерні сканери. Технології лазерного сканування є останніми розробками в сфері маркшейдерії і картографування, основним призначенням мають накопичення великої кількості даних про ситуацію за короткий час для створення точної тривимірної моделі інженерних споруд, рельєфу та ситуації місцевості. Завдяки спеціальному програмному забезпеченню можливо створювати та поповнювати моделі, вивчати навіть незначні зміни у порівнянні з попередніми даними, та адекватно реагувати на відповідні зміни: зсуви рельєфу, воронко-утворення, просідання та порушення геометрії споруд, виникнення мікротріщин та деформацій. Треба підкреслити здатність сканерів фіксувати усі вище зазначені елементи під водою, що робить їх також перспективними для використання на шламосховищах. Представниками виступають *Riegl VZ*, *Leica HDS*, *C* та інші.

Через наявність такої кількості сучасних приладів, що мають різний рівень автоматизації, а більшість з них має широку сферу можливого застосування виникає необхідність створення математичної моделі і розрахункових формул, що дозволять визначати кількість необхідного персоналу та приладів для здійснення маркшейдерського забезпечення, які будуть враховувати не тільки фізичні параметри родовища, кількість та якість транспорту на якому переміщуються працівники, об'єми видобутку і буровибухових робіт але і рівень автоматизації та тип обладнання, яке передбачається використовувати на відповідному родовищі. Без такої моделі може бути вибрано обладнання, що перевищує потреби виробництва, або навпаки характеристики не є достатніми для ефективного забезпечення маркшейдерських робіт та функціонування системи управління технологічними процесами. Обґрунтування використання певного виду та кількості маркшейдерських приладів та оснащення є важливою складовою частиною при формуванні ефективної системи управління технологічними процесами, у якій не останню роль відіграє маркшейдерське забезпечення робіт. Також слід врахувати можливість комбінованого використання пристроїв з різним рівнем автоматизації, що дасть змогу зменшити економічні витрати або розширити функціонал одних пристроїв іншими заповнюючи певні недоліки або неефективність у виконанні певного виду робіт. Так, сканер буде більш ефективним при спостереженні за стійкістю бортів кар'єру, у той час коли електронний тахеометр дасть змогу з необхідною точністю здійснювати винос у натуру. Таким чином при маркшейдерському забезпеченні гірничих робіт можна використовувати, сканер для вирішення знімальних задач на невеликі відстані, там де потрібна велика щільність знімання (зйомка масиву у цілику та у розпушеному вигляді), роботизований тахеометр для виносу точок у натуру та зйомки відвалів, а у місцях де

відбуваються постійні зсуви поверхні і неможливо закріпити надійну точку, використовувати GNSS технології для визначення координат станцій.

Можливість здійснення робіт однією людиною завдяки автоматизованим технологіям не є універсальною. Більшість роботів-тахеометрів не спроможні на дистанційне керування на відстані більше 200-300 м, тому чинник виконання робіт за межами зазначених відстаней і частота виконання таких робіт повинен бути врахований при побудові моделі маркшейдерського забезпечення управління технологічними процесами, що безпосередньо буде впливати на кількість необхідного персоналу, доступний час для здійснення поставлених задач не завдаючи шкоди оперативності отримання даних, обробці результатів, вибору оптимального комплексу обладнання для усіх маркшейдерських служб та відділів підприємства.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Рівень оснащення, кількість та тип обладнання, яке передбачається для здійснення маркшейдерського забезпечення буде впливати на кількість спеціалістів, які потрібні для ефективного функціонування системи управління технологічними процесами, а вибір і комбіноване використання приладів потребує створення математичної моделі функціонування такої системи, що дозволить обрати найбільш доцільну конфігурацію яка буде складатися з оптимальної кількості та типу приладів, програмного забезпечення до них, можливості залучення служб диспетчеризації для спостереження за процесами небезпечних зсувів гірничих робіт та відповідної кількості персоналу яка необхідна для ефективного функціонування маркшейдерського забезпечення. Таке забезпечення базується на більш глибокому вивченні впливу рівня його автоматизації, впливу цього рівня на якість і оперативність, що приведе до створення моделі функціонування, яка буде враховувати усі описані параметри.

Список літератури

1. zakon2.rada.gov.ua [Електронний ресурс] : Інтернет-портал. Закон України. - К. : Верховна рада України, 1991-2014. Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/1127-14>. - Назва з екрану.
2. Инструкция по производству маркшейдерских работ. М.: Недра, 1987. 240с.
3. Долгих Л.В., Долгих О.В. Перспективный напрям автоматизації робіт маркшейдерського забезпечення кар'єру. Сборник научных трудов 2005-2006 г.г., „Научное обеспечение развития горнорудных предприятий на современном этапе”, - Кривий Ріг: ГП НИГРИ, 2006. с. 149-157.
4. Інтернет ресурс: <http://www.ostenrieder.de/media/file/Articles/Terrestrial%20Laser%20Scanning%20for%20Applications%20in%20Surfac%20Mining%20.pdf>
5. Інтернет ресурс: <http://lagf.org/2012/proceeding/Werner.pdf>

Рукопис подано до редакції

УДК 622.1: 622.216

П.И. ФЕДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., А.В. ПЕРЕМЕТЧИК, канд. техн. наук, доц.,
Т.А. ПОДОЙНИЦЫНА, старший преподаватель, Криворожский технический университет

ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И ПЛАНИРОВАНИЕ ДОБЫЧИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрена проблема перспективного и текущего планирования добычи железных руд на основе разработанного горно-геометрического метода прогнозирования качественных показателей железорудных месторождений. В качестве математического обоснования принимается система уравнений многомерного случайного геохимического поля, реализованная в виде многомерного эвристического алгоритма прогнозирования.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В период эксплуатации месторождения производят перспективное и текущее планирование горных работ. Основой их, как и на этапе проектирования горного предприятия, является комплекс горно-геометрических графиков.

Перспективное планирование добычи полезного ископаемого используется, как правило, при составлении прогнозных планов развития добычных работ на квартал, полугодие, год, три, пять и более лет. От правильно запланированного развития горных работ, учитывающего размещение качества и сортность руды в недрах, зависит рациональная разработка месторождения с минимальными потерями и разубоживанием полезного ископаемого. Обогажительные, агло-