

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Донецький національний технічний
університет»

ТЕХНОЛОГІЇ І ПРОЦЕСИ У ГІРНИЦТВІ ТА
БУДІВНИЦТВІ

Збірка тез науково-практичної
конференції

Дрогобич, 2025

УДК 622.012.3

А.А. Нестер

Хмельницький національний університет, м.Хмельницький, Україна

НОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВІДКРИТОЇ РОЗРОБКИ КОПАЛИН

Наведено результати аналізу досягнень в гірничій промисловості в галузі відкритих гірничих робіт. Нове покоління технологічних процесів у відкритій розробці корисних копалин активно розвивається з метою підвищення ефективності видобутку, зниження впливу на навколишнє середовище та зменшення витрат. Інноваційні методи розробки кар'єрів орієнтовані на підвищення ефективності та безпеки видобутку корисних копалин. Вони включають використання новітніх технологій, автоматизацію, а також впровадження більш екологічних і економічних рішень.

Ключові слова: гірничі роботи, кар'єр, навколишнє середовище, геофізичні методи, дрони, віртуальна реальність

Розглянемо сучасні досягнення технологічних процесів у відкритій розробці корисних копалин які забезпечують державу необхідними мінералами для промисловості та будівництва України.

Для транспортування видобутих матеріалів активно впроваджуються безпілотні вантажівки, які здатні працювати 24/7. Вони мінімізують людський фактор і підвищують безпеку. Такі системи дозволяють оптимізувати маршрути перевезень і знижують витрати на паливо.

Встановлення автоматизованих систем управління для великих гірничих машин дозволяє підвищити точність роботи, зменшити витрати пального та знизити знос обладнання. Автоматизовані машини можуть працювати в умовах, де присутність людей небезпечна (наприклад, в умовах високих температур або забруднення).

SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition) можуть використовуватися для контролю і управління процесами видобутку в реальному часі. Системи SCADA збирають дані з усіх етапів виробництва (від розкопок до транспортування) і дозволяють оперативно реагувати на будь-які зміни або проблеми, знижуючи ризики і підвищуючи продуктивність.

Важливим елементом інновацій в розробці кар'єрів є застосування геофізичних методів для дослідження родовищ, зокрема використання радарів і гравіметрії для точного визначення складу ґрунтів та пошуків корисних копалин. Це дає можливість зменшити обсяги зайвих розкопок і підвищити точність видобутку.

Безпілотні літальні апарати (дрони) здатні здійснювати аерофотозйомку, контролювати стан кар'єрів, а також визначати відкладення матеріалів та інших природних змін. Це дозволяє отримати точні дані про процес видобутку без необхідності використовувати важке та дорогоцінне обладнання.

Сучасні технології дозволяють значно зменшити рівень шуму і вібрацій під час вибухових робіт. Використовуються спеціальні вибухові суміші, які дають більш точний результат, мінімізуючи шкоду для навколишнього середовища. Вибухи, що проводяться в маленьких, контрольованих дозах, дозволяють зменшити ризик пошкодження порід та точніше регулювати обсяг видобутку.

Встановлення датчиків на ключових етапах виробництва (екскаватори, транспортери, транспортні засоби) дозволяє здійснювати моніторинг технічного стану обладнання в реальному часі. Ці системи можуть сигналізувати про необхідність обслуговування або ремонту, що дозволяє знижувати ймовірність несправностей і підвищувати ефективність.

Використання віртуальної реальності для тренувань працівників або для моделювання різних сценаріїв видобутку допомагає знизити ризики і підвищити безпеку. За допомогою цих технологій можна відтворити реальні умови роботи на кар'єрі і тренувати персонал у вирішенні нестандартних ситуацій.

Інноваційні технології, спрямовані на утилізацію відходів видобутку, зменшують забруднення навколишнього середовища. Наприклад, розробка

технологій для переробки залишків руди, які не можна використати в традиційних процесах, і їх перетворення на матеріали, що можуть бути використані в будівництві або інших галузях.

У багатьох кар'єрах водні ресурси використовуються для промивання руд або видалення пилу. Інноваційні методи очищення води і повторне її використання дозволяють значно зменшити витрати води, що є важливим для збереження природних ресурсів.

У деяких кар'єрах для збереження природного середовища та підвищення ефективності можна застосовувати гібридні методи, які поєднують відкриту та підземну розробку. Це дозволяє зменшити вплив на поверхневі екосистеми.

Використання інформаційних технологій (ІТ) у відкритих розробках кар'єрів має важливе значення для підвищення ефективності, безпеки та зниження витрат. ІТ допомагають автоматизувати процеси, вдосконалити управління, забезпечити точність у плануванні та моніторингу, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Так SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition) забезпечують моніторинг і контроль за всіма етапами процесу видобутку в реальному часі. Це дозволяє ефективно управляти роботою машин, транспортуванням матеріалів, а також контролювати стан інфраструктури кар'єра. Реальний моніторинг дозволяє швидко виявляти неполадки або відхилення в процесах, що підвищує безпеку та мінімізує зупинки виробництва.

Географічні інформаційні системи (ГІС) дозволяють створювати карти кар'єрів, відображати різні параметри, такі як геологічні дані, розподіл запасів корисних копалин, показники видобутку і транспортування. Використання ГІС дає можливість оптимізувати планування кар'єрів, розробляти точні моделі родовищ, а також здійснювати аналіз екологічного впливу та прогнозувати розвиток родовищ.

Точне картографування допомагає знизити ризики пов'язані з неправильним видобутком, а також дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо подальшого розвитку кар'єра.

Програмне забезпечення для моделювання дозволяє створювати детальні 3D-моделі кар'єрів і родовищ, а також симулювати різні варіанти видобутку та транспортування. Це дає змогу оптимізувати планування розробки родовища, зменшувати витрати та покращувати процеси видобутку і сортування корисних копалин. Моделювання дозволяє виявити найбільш ефективні стратегії розробки та знижує витрати на етапі планування, що особливо важливо для великих родовищ.

Системи автоматизованого управління дозволяють інтегрувати всі бізнес-процеси на кар'єрі, від видобутку до обліку запасів і продажу продукції. Такі системи забезпечують управління матеріальними та фінансовими ресурсами, планування робіт, контролювання виконання плану та автоматизацію бухгалтерії.

Автоматизація бізнес-процесів знижує витрати, покращує ефективність управління та дозволяє швидко реагувати на зміни в умовах ринку або виробничих процесах. Використання аналітичних платформ і технологій машинного навчання для обробки великих обсягів даних дозволяє прогнозувати різні аспекти роботи кар'єра, включаючи продуктивність, технічний стан обладнання, а також оптимізувати використання ресурсів.

Машинне навчання можна використовувати для аналізу процесів видобутку, прогнозування витрат на енергію та паливо, а також для моніторингу екологічних показників. Завдяки застосуванню аналітики даних можна підвищити точність прогнозів, зменшити витрати і підвищити ефективність роботи кар'єра.

ІТ-системи для управління безпекою дозволяють контролювати всі аспекти безпеки на кар'єрі. Наприклад, створення цифрових карт безпеки,

системи відеоспостереження та контроль за виконанням нормативних вимог.

Використання дронів для моніторингу кар'єрів та географічних умов допомагає виявляти потенційно небезпечні ситуації або осередки забруднення, забезпечувати підвищення рівня безпеки працівників, своєчасне виявлення небезпек і запобігання аварійним ситуаціям.

Інформаційні технології використовуються для моніторингу екологічного стану кар'єра: рівня забруднення повітря, води, шуму, викидів пилу. Наприклад, за допомогою датчиків можна стежити за рівнем пилу в повітрі і автоматично регулювати інтенсивність роботи обладнання для зниження забруднення.

Використання ІТ для екологічного моніторингу дозволяє здійснювати ефективне управління природними ресурсами, знижувати вплив на навколишнє середовище та виконувати екологічні стандарти.

Використання мобільних додатків дозволяє керівникам і працівникам кар'єра оперативно отримувати інформацію про стан виробництва, необхідність технічного обслуговування або планові роботи. Мобільні додатки можуть включати функції для збору даних, безпечного повідомлення про інциденти або аварії, а також планування змін.

Екологічно чисті технології при експлуатації кар'єрів відкритої розробки є важливим елементом сучасної гірничодобувної промисловості. Вони спрямовані на мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище, підвищення ефективності використання природних ресурсів, збереження екосистем і зменшення ризиків для здоров'я працівників.

У гірничодобувній промисловості одним з головних екологічних викликів є управління відходами. Використання безвідходних технологій дозволяє переробляти матеріали, які раніше викидалися, наприклад, хвости руд, які можна використовувати в будівництві або для виробництва нових матеріалів.

Технології для зберігання і переробки відходів можуть включати сортування, знешкодження, обробку й утилізацію забруднюючих речовин, що дозволяє значно знизити вплив на навколишнє середовище.

Великі кар'єри використовують значну кількість води для промивання матеріалів і контролю пилу. Важливим кроком у збереженні водних ресурсів є створення замкнутих систем водопостачання та очищення, що дозволяють багаторазово використовувати воду. Використання сучасних методів очищення (фільтрація, коагуляція, флоатація) для повернення води в систему після її використання дозволяє зменшити забруднення водних ресурсів і зберегти їх для подальшого використання.

Пилові викиди — одні з основних екологічних проблем відкритих розробок. Для боротьби з ними застосовують технології зволоження тобто поливання території кар'єра водою або спеціальними реагентами для утримання пилу. Можна запропонувати використання різних покриттів для зменшення утворення пилу під час транспортування матеріалів або встановлення спеціальних систем очищення повітря на кар'єрах, які ефективно вловлюють частки пилу.

Однією з важливих екологічних практик є рекультивація земель після завершення експлуатації кар'єрів. Це включає відновлення рослинного покриву шляхом посадки місцевих рослин.

Необхідне та можливе впровадження сучасних енергозберігаючих технологій у видобутку, наприклад, використання енергоефективних дизельних та електричних машин для зменшення викидів вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин та використання сонячних батарей, вітрових турбін або біогазових установок для забезпечення енергією окремих процесів на кар'єрі або навіть повного заміщення традиційних джерел енергії.

Використання датчиків і супутникових технологій для моніторингу екологічних параметрів, таких як рівень забруднення повітря, води, шуму або температури. Ці системи допомагають своєчасно виявляти потенційні проблеми і вживати заходів для запобігання шкоди.

Використання комп'ютерних моделей для прогнозування впливу видобутку на навколишнє середовище дозволяє заздалегідь планувати мінімізацію негативних ефектів.

Вибір підходящих методів відновлення ландшафтів і екосистем в межах кар'єрів дозволяє зберегти біорізноманіття після завершення видобутку. Екологічно чисті технології у відкритих розробках кар'єрів мають великий потенціал для зменшення екологічного впливу цієї важливої галузі. Вони включають переробку відходів, зворотне використання води, зниження пилу та шуму, рекультивацію земель, використання енергозберігаючих та відновлювальних джерел енергії, а також застосування інтелектуальних технологій для управління екологічними ризиками. Успішне впровадження таких технологій дозволяє не лише зберегти екосистеми, але й підвищити ефективність і стійкість кар'єрів.

Замість традиційного використання вибухових речовин для розкриття порід застосовуються альтернативні методи, такі як гідравлічний, механічний або хімічний розрив. Використання методу високонапірних струменів води для видобутку корисних копалин із відкритих кар'єрів особливо ефективний для видобутку піщаних або глинистих родовищ.

Використання біологічних або геохімічних процесів для видобутку корисних копалин є одним з методів збереження навколишнього середовища. Наприклад, біоекстракція для видобутку металів з низькоякісних руд. Тут досягається мінімальний вплив на навколишнє середовище, можливість роботи з низькоякісними ресурсами, зменшення

потреби в хімічних реагентах. Важливим стає в сучасних умовах біометалургія — використання мікроорганізмів для вилучення металів, таких як мідь, з руд або відходів.

Використання технологій для регенерації корисних копалин і матеріалів з відходів включає переробку матеріалів, що раніше викидалися або використовувалися лише частково.

Впровадження автоматизованих систем управління для виконання операцій, таких як екскавація, транспортування, сортування та зберігання корисних копалин. Інтелектуальні мережі можуть координувати роботу машин, таких як автономні екскаватори, роботизовані навантажувачі і транспортні засоби. Тут важливим є зниження людської помилки, підвищення ефективності роботи, мінімізація впливу на навколишнє середовище (наприклад, зниження викидів), підвищення безпеки, зменшення витрат на робочу силу.

Завдяки інтелектуальним мережам і передовим системам комунікацій можна дистанційно управляти складними операціями, такими як буріння, видобуток, транспортування або навіть рекультивація земель. Це зменшує потребу в постійному перебуванні працівників у небезпечних зонах, забезпечує зниження витрат на оплату праці, дозволяє більшу гнучкість у реагуванні на зміни в умовах видобутку.

Завдяки постійному моніторингу можна своєчасно виявити порушення екологічних стандартів і зменшити їхній вплив на навколишнє середовище. Ці системи також можуть автоматично подавати інформацію в державні органи для забезпечення відповідності нормам.

3D-моделювання використовується для проектування та оптимізації транспортних маршрутів в кар'єрі. Це допомагає зменшити витрати на транспортування корисних копалин і знижує час на виконання операцій, забезпечує зменшення витрат на паливо, скорочення часу на перевезення, підвищення продуктивності.

Віртуальні реалії дозволяють проводити віртуальні тури по кар'єру для інвесторів, регулюючих органів, або зацікавлених громадських груп.

Інноваційні методи видобутку корисних копалин відкритим способом спрямовані на зменшення екологічного впливу, зниження витрат, підвищення ефективності та безпеки. Вони включають в себе новітні технології в області автоматизації, безвибухового розкриття, збереження навколишнього середовища і використання альтернативних методів видобутку. Впровадження таких методів дозволяє зменшити негативні наслідки для навколишнього середовища, підвищити продуктивність і рентабельність розробки корисних копалин.

Бібліографічний список

1. Дриженко А.Ю. Відкриті гірничі роботи: підручник. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т – Д.: НГУ, 2014. – 590 с.
2. Фролов О. О., Косенко Т. В. Відкриті гірничі роботи. Ч. I. Процеси відкритих гірничих робіт : навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 151 с.

Надійшла до редакції 20.04.2025