

М.І. СТУПНІК, В.О. КАЛІНІЧЕНКО, доктори техн. наук, професори,
О.В. КАЛІНІЧЕНКО, канд. екон. наук, доц., М.А. ГРИЩЕНКО, аспірант
Криворізький національний університет

ВИПУСК РУДИ З МАЛОРУХОМОЇ ЗОНИ НА ЛЕЖАЧОМУ БОЦІ ПОКЛАДУ ПОХИЛИМ ОЧИСНИМ ВИБОЄМ

Мета. Метою роботи є аналіз, дослідження та розробка ефективних варіантів випуску відбитої руди біля лежачого боку рудних покладів з недостатніми кутами падіння при формуванні похилого обмежуючого контакту відбитої руди з очисним вибоєм.

Методи дослідження. Виконано детальний техніко-економічний аналіз факторів і умов, які впливають на ефективність випуску відбитої руди з малорухомої зони біля лежачого боку покладів. Дослідження випуску відбитої руди виконувалось на лабораторних моделях з урахуванням масштабу моделювання.

Застосування методів фізичного моделювання, заснованих на теорії подібності, дозволив зробити висновки, які лягли в основу наукових та практичних рекомендацій з випуску відбитої руди при формуванні похилого обмежуючого контакту відбитої руди з очисним вибоєм.

Наукова новизна. Лабораторними дослідженнями встановлено оптимальні параметри пошарової відбійки руди, яка дозволяє здійснювати випуск відбитої руди з малорухомої зони на лежачому боці покладів з мінімальними втратами та розубоженням. Встановлено залежності товщини шару відбиваємої руди з урахуванням можливості отримання максимальних показників вилучення відбитої руди.

Практична значимість. Виконаними дослідженнями розроблена та запропонована ефективна технологія пошарової відбійки та випуску відбитої руди, яка дозволить підвищити ефективність випуску без додаткових витрат на формування уловлюючих виробок лежачого боку та інших заходів, які застосовують на шахтах для вилучення запасів малорухомої зони на лежачому боці покладів.

Результати. На підставі виконаних досліджень та встановлених залежностей запропоновані оптимальні варіанти технології пошарової відбійки та випуску відбитої руди при формуванні похилого обмежуючого контакту відбитої руди з очисним вибоєм. Доведена доцільність відбійки похилими шарами з формуванням обмежуючого контакту відбитої руди з очисним вибоєм. Запропоновано пошаровий випуск похилим потоком.

Ключові слова: лабораторні дослідження, руда, похилий забій, пошарова відбійка, пошаровий випуск, лежачий бік, втрати.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-3-8

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Особливості гірничих робіт в Криворізькому басейні, а саме збільшення глибини розробки, високий гірський тиск, відносно нестійкі руди звужують перспективи застосування ефективного поверхово-камерного очисного виймання та поверхового примусового обвалення руди і вміщуючих порід.

Тому, підземний видобуток природно багатих залізних руд у Криворізькому басейні здійснюється переважно підповерховими системами розробки з обваленням руди і вміщуючих порід.

З початку застосування підповерхового обвалення робилися неодноразові спроби підвищити показники вилучення руди. Однак кардинальних змін у цьому напрямку поки не досягнуто. Втрати і розубожування залізних руд залишаються стабільно високими і перспективи їх зниження малоїмовірні.

Одне із головних причин втрат – залишки руди на лежачому боці покладів, кут падіння яких змінюється від 40-45° на ш. Родіна до 55-65° на шахті імені Леніна. Тому дослідження та розробка ефективних варіантів випуску відбитої руди з малорухомих зон на лежачому боці покладів з недостатньо крутими кутами падіння є актуальною науковою та практичною задачею, яка потребує детального дослідження.

Аналіз досліджень і публікацій. Втрати руди на лежачому боці покладу залежать від гірничо-геологічних умов залягання родовища і в умовах Криворізького басейну можуть досягати 30-50% загальних запасів блоку [1-6]. У цих умовах найбільш дієвими заходами, спрямованими на зменшення обсягу руди, що залишається в межах малорухомої зони біля лежачого боку покладу, є проходка додаткових випускних виробок в породах лежачого боку [6].

Для зменшення втрат руди на лежачому боці покладу деякі дослідники [7] пропонують використовувати варіант системи підповерхового обвалення з формуванням рудних розділових ціликів.

Оскільки випускні отвори, пройдені біля висячого боку, менш ефективні, ніж дучки, пройдені біля лежачого боку, є пропозиції [8] перенесення їх на лежачу сторону, розділивши таким чином підповерх на дві приблизно рівні частини з тим, щоб здійснювати випуск руди тільки через виробки, пройдені в лежачому боці.

Чернокур В.Р., Шкробко Г.С., Шелегда В.І. зазначають [9], що при випуску відбитої руди під обваленими породами в покладах невеликої потужності з кутом падіння до 50-65°, значна частина її залишається в лежачому боці.

Ряд авторів [10-15] пропонує знизити втрати руди на лежачому боці покладу шляхом попереднього відпрацювання з лежачого боку очисної камери трикутної форми, заповнення виробленого простору пустими породами і подальшого відпрацювання блоку системою розробки з обваленням руди і вміщуючих порід.

В роботі [11] зазначено, що при відпрацюванні панелі, прилеглої до лежачого боку покладу системами з обваленням руди і вміщуючих порід до 30-50% руди втрачається в малорухомій зоні біля лежачого боку. Зниження втрат руди в зоні впливу лежачого боку автори бачать в випереджаючому відпрацюванні запасів цієї зони поздовжньою вертикальною компенсаційною камерою.

Інше рішення запропоновано в роботах [4, 5, 14], суть якого полягає в формуванні «піонер-камери» біля лежачого боку покладу.

Постановка завдання. Для зниження втрат руди на лежачому боці покладів необхідно розробити та дослідити варіанти технології пошарової відбійки та випуску відбитої руди при формуванні похилого обмежуючого контакту відбитої руди з очисним вибоєм. Тому метою даної роботи є аналіз, дослідження та розробка ефективних варіантів випуску відбитої руди з лежачого боку покладів з недостатньо крутими кутами падіння при формуванні похилого обмежуючого контакту відбитої руди з очисним забоєм.

Викладення матеріалу та результати. Обсяг руди, що залишився на лежачому боці до моменту початку розубожування (рис.1), можна знайти за формулою, запропонованою акад. Малаховим Г.М. [6]

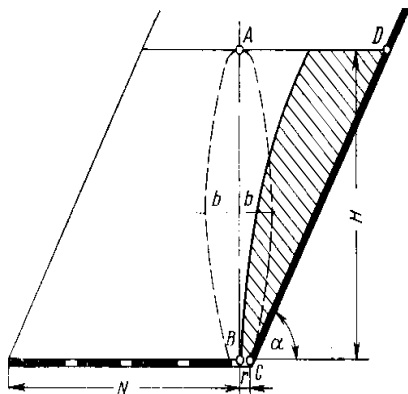


Рис.1. Схема до розрахунку обсягу руди, що залишається на лежачому боці до початку розубожування

$$p_0 = \left(\frac{H}{\operatorname{tg} \lambda} + d \right) \frac{H}{2} s - Q'_{эл}, \quad (1)$$

де H – висота обваленого шару руди, м; λ – кут падіння покладу, град.; d – діаметр випускного отвору, м; s – відстань між осями випускних отворів, м; $Q'_{эл}$ – об'єм еліпсоїда випуску, усіченого двома площинами, які проходять крест простягання по середині між випускними отворами, м³.

Із наведеної формули витікає, що обсяг руди, який залишається на лежачому боці в «мертвій зоні» покладу зростає зі збільшенням висоти поверху (підповерху) та зменшенням кута падіння покладу. Враховуючи те, що на сьогодні в Криворізькому залізрудному басейні системи розробки з поверховим обваленням руди і вміщуючих порід на застосовуються основну увагу в лабораторних дослідженнях було приділено підповерховим системам розробки. Дослідження виконувались в лабораторії випуску руди кафедри підземної розробки родовищ корисних копалин Криворізького національного університету.

Базова лабораторна модель для дослідження випуску відбитої руди представлена на рис.2. Потужність покладу складала 25 м, кут падіння покладу в першій серії був прийнятий 50°. Висота підповерху складала 35 м.

Для коректного порівняння результатів лабораторних досліджень перша серія експериментів була виконана за класичною технологією випуску відбитої руди із серії випускних воронок на основному горизонті випуску. Фізична картина результатів моделювання на проміжній та кінцевій стадіях випуску представлена на рис.3.

Значна кількість відбитої руди залишається на лежачому боці покладу, формуючи так називаєму «мертву зону», випуск якої з випускних воронок на основному горизонті випуску неможливий. Обсяг залишеної на лежачому боці руди «мертвої зони» складає для даних умов близько 45%.



Рис.2. Лабораторна модель для дослідження випуску відбитої руди

Існують додаткові заходи для подальшого вилучення залишеної на лежачому боці руди. Перш за все, це проведення додаткових уловлюючих воронок та виробок скреперування. Це найбільш розповсюджений та найпоширеніший захід на шахтах Кривбасу. Але він характеризується додатковими затратами на проведення виробок, проте не забезпечує повного вилучення руди з «мертвої зони» покладу.

Втрати руди по системі розробки все одно складають понад 15%, досягаючи іноді 20–25% при недостатньо крутих кутах падіння.



Рис. 3. Фізична картина результатів моделювання на проміжній (а) та кінцевій (б) стадіях класичної технології випуску відбитої руди

Для ліквідації вказаних втрат відбитої руди та підвищення показників вилучення та ефективності системи розробки в цілому нами запропонований варіант технології пошарової відбійки та випуску відбитої руди при формуванні похилого обмежуючого контакту відбитої руди з очисним забоем. Запропоновано пошаровий випуск відбитої руди похилим потоком.

Сутність запропонованої технології представлено на рис. 4, 5.

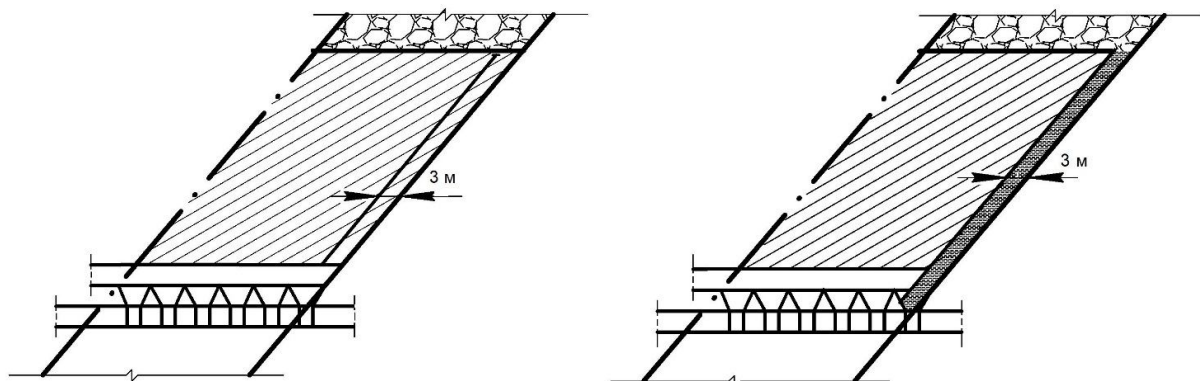


Рис.4. Схема розбурювання та формування похилого потоку першого шару відбитої руди



Рис.5. Стадії випуску похилого потоку першого шару відбитої руди із похилої щілини (камери) під прикриттям непорушеного рудного масиву: 1 – похила щілина; 2 – непорушений рудний масив



Аналогічно здійснюється відбійка і випуск наступних шарів руди до повного відпрацювання очисного блоку (панелі).

На рис. 6, 7 представлено стадії випуску третього шару відбитої руди

Позитивним моментом такої технології випуску є також ефект ущільнення пустих порід вибухом при послідовній відбійці шарів руди. Маючи ущільнений шар пустих порід в якості площини, по якій здійснюється випуск відбитої руди, показники вилучення характеризуються відсутністю розубоження руди пустими породами.

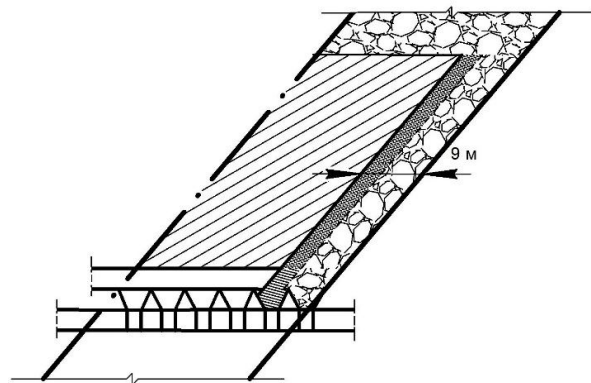
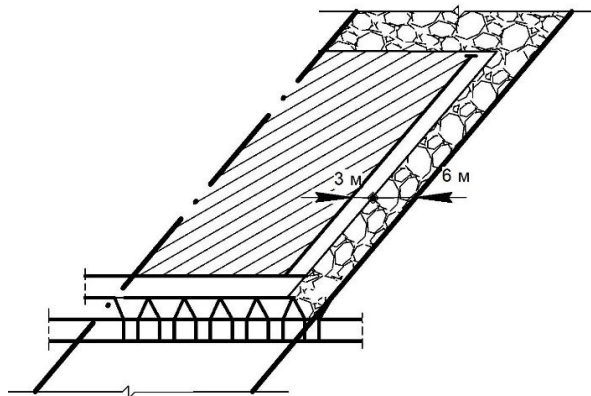


Рис.6. Схема розбурювання та випуску похилого потоку третього шару відбитої руди по ущільненим пустим породам

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином в представленій роботі виконано детальний техніко-економічний аналіз факторів і умов, які впливають на ефективність випуску відбитої руди з «мертвої зони» лежачого боку покладів. Лабораторні дослідження випуску відбитої руди на моделях очисних блоків з урахуванням масштабу моделювання дозволили визначити наступні закономірності.

Встановлено, що втрати відбитої руди в «мертвій зоні» лежачого боку покладів для даних умов моделювання складають близько 45 %. Проведення додаткових уловлюючих воронки та виробок скреперування дозволить знизити втрати до 15 – 20%, але ці заходи потребують значних матеріальних затрат.

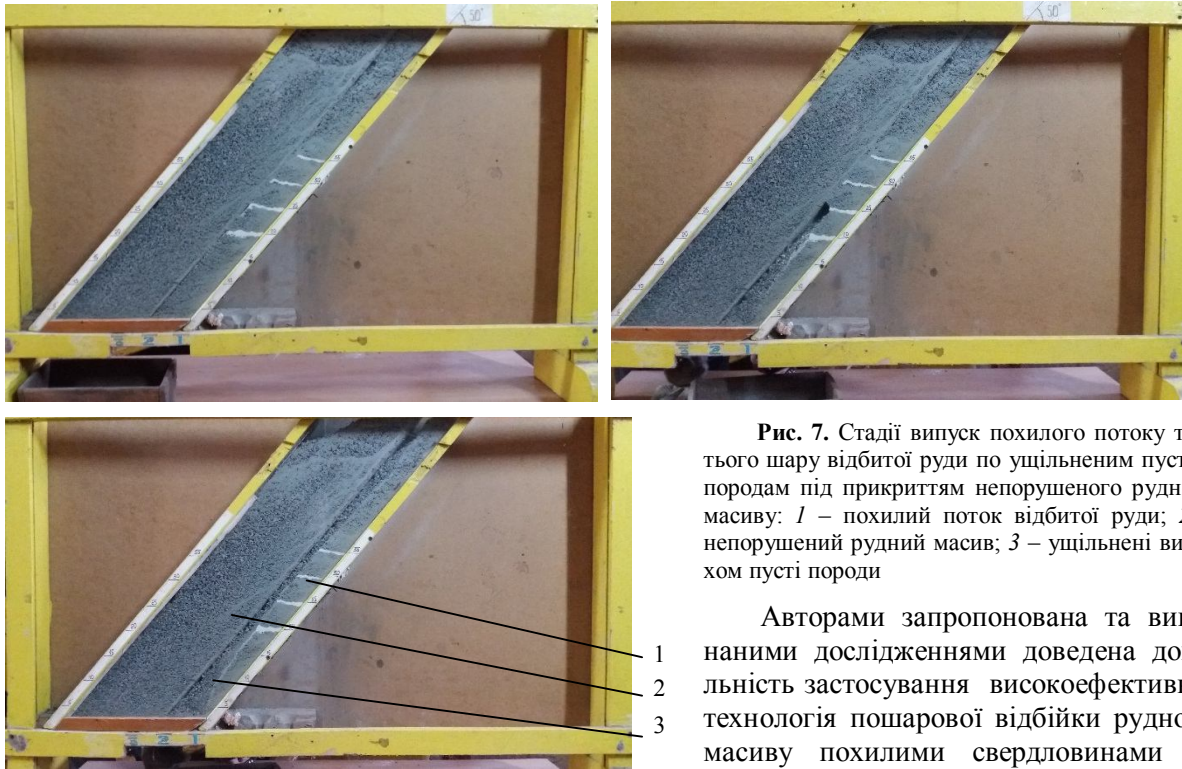


Рис. 7. Стадії випуск похилого потоку третього шару відбитої руди по ущільненим пустим породам під прикриттям непорушеного рудного масиву: 1 – похилий потік відбитої руди; 2 – непорушений рудний масив; 3 – ущільнені вибухом пусті породи

Авторами запропонована та виконаними дослідженнями доведена доцільність застосування високоефективної технологія пошарової відбійки рудного масиву похилими свердловинами та наступним пошаровим випуском відбитої руди.

При цьому випуск здійснюється похилим потоком по ущільненим пустим породам лежачого боку під прикриттям похилого контакту непорушеного масиву руди висячого боку.

Запропонована технологія дозволить підвищити ефективність випуску відбитої руди без додаткових затрат на формування уловлюючих виробок лежачого боку та інших заходів, які застосовують сьогодні на шахтах для вилучення запасів «мертвої зони» лежачого боку покладів.

Встановлено оптимальну ширину шару відбиваємої руди з урахуванням можливості отримання максимальних показників вилучення відбитої руди для даних умов.

Основним напрямком подальших досліджень є встановлення закономірностей випуску відбитої руди з «мертвої зони» лежачого боку для інших кутів падіння рудних покладів.

Список літератури

1. **Ступнік М.І.** Розробка та дослідження технології відпрацювання запасів блоків із застосуванням комбінованого високоефективного випуску руди / **М.І. Ступнік, В.О. Калініченко, О.Я. Хівренко, О.В. Калініченко, М.А. Грищенко, В.О. Теляпньов** // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2016. – Вип. 43. – С. 3–7.
2. **Калініченко О.В.** Підвищення показників вилучення залізних руд при випуску обваленої рудної маси на контакт з твердіючим штучним масивом / **О.В. Калініченко** // Вісник Криворізького національного університету : зб. наук. праць. – Кривий Ріг. – 2017. – Вип. 45. – С. 118–122.
3. **М. Stupnik, O. Kalinichenko.** Investigation of muck drawing in blocks with trapezoid sills. E3S Web Conf. Volume 60, art. no. 00021, 2018. (Scopus). Ukrainian School of Mining Engineering. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000021>
4. Пат. 48630 А Україна, МКИ Е 21 С 41/00. Спосіб розробки рудних покладів / **Калініченко В.О., Калініченко О.В.** (Україна); Заявл. 26.10.2001; Опубл. 15.08.2002, Бюл.№8. – 2 с.
5. **Калініченко В.А., Калініченко Е.В.** Повышение эффективности извлечения руды при системах с обрушением // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: Изд-во КТУ. - 2001. - Вып.74. – С. 65–68.
6. **Малахов Г.М.** Теория и практика выпуска руды / **Г.М. Малахов, В.Р. Безух, П.Д. Петренко.** – М. : Недра, 1968. – 311 с.
7. **Гогорин В.А., Ермакова И.А.** Прочность разделительных целиков при выпуске руды из блоков // Изв. вузов. Горный журнал. - 2005. - №2. - С. 27-31.
8. **Кудрявцев М.И., Баштаненко С.С., Зайцев И.Н.** К вопросу повышения эффективности системы подэтажного обрушения руды // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: Изд-во КТУ. - 2005. - Вып.88. – С. 41–45.
9. **Чернокур В.Р., Шкробко Г.С., Шелегда В.И.** Добыча руд с подэтажным обрушением. – М. : Недра, 1992. – 271с.

10. Колосов В.А. Повышение качества железорудной продукции и показателей работы шахт на основе совершенствования технологии добычи и переработки: Дис...докт. техн. наук: 05.15.02. - Кривой Рог, - 2002. - 446с.
11. Мартынов В.К., Кудрявцев М.С. К вопросу о снижении потерь на лежачем боку // Разработка рудных месторождений. – КГРИ. – М.: Недра, 1969. – С.53-57.
12. Совершенствование системы подэтажного обрушения / Сторчак С.А., Щелканов В.А., Витряк В.А., Сбитнев В.А., Хивренко В.О. // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ. – Вып. 74. – 2001. – С. 39-42.
13. Калініченко О.В. Зниження втрат і збіднення руди при відпрацюванні рудних тіл / М.І. Ступнік, В.О. Калініченко, С.М. Чухарев, О.В. Калініченко // Актуальные проблемы современной науки: тезисы докладов Международной научно-практической конференции (Москва-Будапешт-Вена, 27 марта 2015 г.) : тез. докл. – Москва-Будапешт-Вена, 2015. – С. 33–37.
14. Калініченко В.О. Развитие научных основ рационального использования сырьевой базы кривбасса при включении в разработку потерянных руд и магнетитовых кварцитов. Дис...докт. техн. наук: 05.15.02. - Кривой Рог, - 2008. - 332с.
15. Калініченко О. Дослідження та удосконалення процесу випуску відбитої руди в блоках с трапецієподібним днищем / М. Ступнік, О. Калініченко // Школа підземної розробки: тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції/редкол.: В.І.Бондаренко та ін.. – Д.:ЛізуновПрес.2018. -116с.

Рукопис подано до редакції 05.04.2018

УДК 622.817.4

А.Н. ШАШЕНКО, д-р техн. наук, проф., А.В. СКОБЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
В.И. КОРОЛЬ, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Днепропетровская политехника»

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В ПРИЗАБОЙНОЙ ОБЛАСТИ УЧАСТКА ГЕТЕРОГЕННОГО ПОРОДНОГО МАССИВА

Цель. Исследование процессов возникновения акустических колебаний в призабойной зоне отработываемого выбросоопасного пласта, как источника информации для его оперативной диагностики.

Методы исследований. Приведены результаты аналитических исследований процессов возникновения акустических колебаний в призабойной части участка гетерогенного породного массива. Показано, что в этой области имеет место множественное возникновение трещин-эмитентов акустических колебаний, размер которых равен 10^{-6} м.

Научная новизна. Исследования показали, что анализ акустических колебаний, возникших при разрушении локальной области угольного пласта, возможен только в вероятностно-статистической постановке путем анализа их структуры конкретного породного массива, частоты и интенсивности воздействия на него совокупности статических и динамических нагрузок.

Практическая значимость. Исследования амплитудно-частотных характеристик возникающих акустических колебаний в стохастически неоднородном углепородном массиве позволят повысить надежность и достоверность прогноза возникновения газодинамических явлений, используя новые параметры и критерии.

Результаты. При технологическом воздействии на призабойную зону напряженно-деформированного состояния участка выработки угольного пласта таково, что в области массива, непосредственно контактирующей с работающим органом комбайна, происходит множественное возникновение трещин, распределение числа которых по размерам подчиняется одному из вероятностных законов распределения. Это позволит в последующем, опираясь на результаты настоящих исследований, разработать вероятностно-статистическую модель распространения акустического сигнала по структурно неоднородному волноводу, каким является выбросоопасный газонасыщенный угольный пласт, и на этой основе предложить дополнительные критерии возникновения газодинамических явлений.

Ключевые слова: амплитудно-частотные характеристики, призабойная зона, выбросоопасный угольный пласт, источник акустических колебаний, скорость распространения звука, неоднородный углепородный массив, энергетический критерий разрушения

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-104-8-13

Проблема и её связь с научными и практическими заданиями. Использование искусственных акустических колебаний в качестве источника информационного о структуре породного массива, локализации силовых неоднородностей и т.п., на сегодняшний день является наиболее перспективным методом исследований. Известно, что акустические волны, проходя через породный массив, хорошо взаимодействуют с содержащимися в нем неоднородностями, которые ответственны за качество добываемого угля, возникновение газодинамических и динамических явлений. Кроме того, процессы распространения акустических колебаний в породном