

Компьютерное моделирование динамического разрушения бортов карьера

Трофимов В.А., Шиповский И.Е.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова Российской академии наук, Москва, Россия

e-mail: ivev@i.ua

Проблема обеспечения сохранности прибортовых массивов на карьерах на протяжении всего срока их эксплуатации требует постоянного совершенствования и соответствующей корректировки существующих методов оценки устойчивости карьерных откосов для предотвращения нежелательных катастрофических деформаций в горном массиве по мере развития горных работ, связанных с изменением профиля карьерной выемки.

Вопросы определения параметров бортов карьера постоянно возникают в практических задачах горной инженерии и на протяжении многих десятилетий подробно рассматривались в работах отечественных и зарубежных ученых (Г.Л. Фисенко, Н.В. Мельникова, К.Н. Трубецкого, Б.П. Юматова, Б.Н. Байкова и многих других).

Работы по укреплению откосов и упрочению пород массивов в при-контурных зонах и сохранению целостности законтурных массивов, оборке уступов и зачистке стали надежным звеном горного производства для обеспечения безопасности работ в карьерах и повышения полноты и качества извлечения запасов полезных ископаемых из недр, развитие и совершенствование которых является важной народнохозяйственной задачей.

Возможное самообрушение пород борта карьера при определенных условиях может трактоваться как динамический переход системы из одного квазиравновесного состояния в другое под воздействием внутренних лавинообразно разветвляющихся процессов в режиме триггерного эффекта.

Такое преобразование происходит вследствие достижения в породе массива некоторого предельного состояния и инициируется некоторым пусковым сигналом, величина которого больше определенного допустимого уровня, связанного со строением и структурой горной породы и зависящего от степени ее напряженности.

Особенностью процесса нарушения целостности карьера является достаточно быстрое развитие необратимой деформации и трещин в среде, находившейся изначально в упругом состоянии. Поэтому моделирование напряженно - деформированного состояния массива горной породы в классической постановке чаще всего не выявляет инициализацию и развитие процессов разрушения, так как величина напряжений под действием сил гравитации около уступов и бортов карьеров не достигает критических значений, необходимых для выполнения критерия прочности, за исключением слабых грунтов. В таких условиях для развития необратимой деформации и разрушения среды требуется дополнительная нагрузка, либо иные факторы, оказывающие влияние на процесс.

В данной работе моделирование процессов выполнено для условий плоской деформации. Имитируется полная выемка массивного блока горной породы за короткий отрезок времени. Используется модель упруго - пластической деформации, параметры которой зависят от показателя накопления повреждений, определяемого по аппроксимации критерия Кулона - Мора, известной как соотношение Друккера - Прагера. Кроме того, применяемый численный метод слаженных частиц реализует двойственную модель представления повреждаемости геосреды, которая отражает разрыхление горной породы при выполнении заданного критерия разрушения и расхождение частиц материала при потере действия сил взаимосвязи, определяемых алгоритмом численного

метода. Этот вычислительный подход позволил достаточно реалистично моделировать процессы развития деформаций и разрушения в окрестности уступов и бортов карьеров.

В данной работе исследование процесса осуществляется с учетом механизма накопления повреждений, которое можно охарактеризовать как триггерный эффект в разрушении, поскольку, как показало моделирование, в рассматриваемых техногенных условиях такое накопление приводит к неустойчивым сдвиговым разрушениям и должно проявляться как динамическое событие.

Этот факт подтверждает проведенные расчеты. Разрушение массива, подработанного выемкой крупного блока, представляет собой динамическое сдвижение, разрушение и фрагментацию горной породы под действием собственного веса всей нависающей толщи породы по высоте. Это динамическое сдвижение заканчивается обрушением породы на дно карьера. Процесс последовательной фрагментации, формирования крупных блоков и их динамического сдвижения объясняет системное проявление геодинамических явлений, проявляющихся в виде кластеров на сейсмограммах полученных в размещенных в толще массива сейсмодатчиках.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-05-00936.