

Ступник Н. И. /д. т. н./, Калиниченко В. А. /д. т. н./,
Колосов В. А. /д. т. н./, Письменный С. В., /к. т. н./
ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Моделирование очистной камеры в неустойчивых рудах при разработке рудных месторождений

Представлены результаты физического моделирования очистных камер в неустойчивых рудах на эквивалентных материалах. Установлено, что очистная камера параболической формы является более устойчивой по сравнению с прямоугольными камерами. Ил. 4. Табл. 1. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: очистная камера, параболическая форма, время, объем

The results of the physical modeling of treatment chambers in unstable ores on equivalent materials are presented. The extraction chamber of parabolic shape is found to be more stable as compared with rectangular chambers.

Keywords: extraction chamber, parabolic form, time, volume

Введение

Рудные залежи Криворожского железорудного бассейна подразделяются на сплошные и параллельно-сближенные. Вопросом подземной отработки сплошных залежей Криворожского железорудного бассейна посвящено большое количество исследований, которые проводили Малахов Г. М., Капленко Ю. П., Щелканов В. А., Лавриненко В. Ф., Дедюлин В. В., Рымарчук Б. И., Андреев Б. Н., Сторчак С. А., Цариковский В. В., Фаустов Г. Т., Ступник Н. И., Калиниченко В. О., Хивренко О. Я. и др. Разработкой параллельно-сближенных залежей занимались Щелканов В. А., Цариковский В. В., Ступник Н. И., Калиниченко В. О., Хивренко О. Я., Федько М. Б. и др.

Ими были предложены различные варианты систем разработки, разработаны методики по определению: показателей извлечения, конструктивных элементов систем разработки, рационального выпуска, доставки и отбойки руды [1-4].

С глубиной разработки, горно-геологические условия сильно усложняются переменной мощностью и углом падения, различием физико-механических свойств в пределах выемочного блока, а также наличие безрудных включений.

Авторами данной статьи разработана классификация сложноструктурных рудных залежей, которая позволяет упростить выбор системы разработки при отработке устойчивых и неустойчивых руд [3]. Существующие системы разработки при отработке сложноструктурных залежей в неустойчивых рудах приводит к повышенным потерям руды, за счет увеличения ширины целиков при применении систем с открытым очистным пространством или засорению системы с массовым обрушением руды и налегающих пород [5-6].

Постановка задачи

Теоретическими исследованиями установлено [6], что при отработке сложноструктурных залежей в неустойчивом разномодульном массиве целесообразно применение системы с массовым обрушением руды и налегающих пород с очистной камерой параболической формы, приближенной к максимально-допустимому устойчивому контуру обнажения (рис. 1).

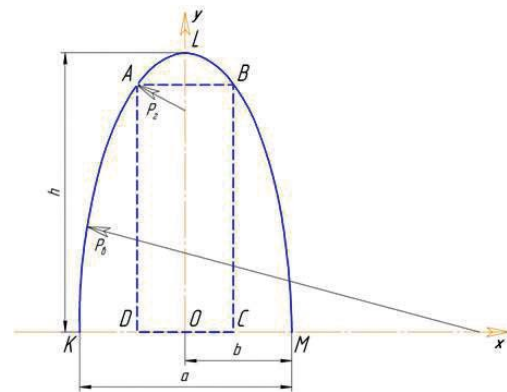


Рис. 1. Схема очистной камеры параболической формы

Очистная камера параболической формы обеспечивает устойчивость камере за счет уменьшения пролета обнажения и оптимальных ее параметров [7]. Параметры очистной камеры определяются по выражению

$$\frac{h}{a} = 3 \sqrt{\frac{8 - P_{\theta}}{P_z}} \quad (1)$$

где h и a – вертикальная и горизонтальная полуоси кривой; P_z, P_{θ} – радиусы максимально-допустимого устойчивого соответственно горизонтального и вертикального обнажений очистной камеры параболической формы, м (согласно опытно-промышленным испытаниям для условий Криворожского железорудного бассейна составляют $P_z = 1-6$ м, $P_{\theta} = 30-90$ м).

С целью подтверждения теоретических исследований необходимо выполнить лабораторные исследования по определению устойчивых параметров очистной камеры в неустойчивом разномодульном массиве.

Результаты исследований

Для определения устойчивости очистной камеры параболической формы были проведены лабораторные исследования на моделях с использованием эквивалентных материалов. Геометрический масштаб при моделировании был принят 1:100, с масштабом времени 1:10. Эквивалентный материал, с учетом масштаба моделирования, подбирался согласно физико-механическим свойствам горных пород пл. «Юбилейная».

Всего было проведено 16 серий лабораторных экспериментов, отличающихся формой очистной камеры и пределом прочности на одноосное сжатие (крепость пород), табл.

Каждый опыт повторялся 3-5 раз.

В лабораторную модель закатывался эквивалентный материал, который нагружали внешней нагрузкой соответствующий глубине разработки (1260 м). Внешняя нагрузка с учетом масштаба моделирования определялась по выражению

$$\frac{N_m}{\gamma_m \cdot l_m} = \frac{N_n}{\gamma_n \cdot l_n} = M \quad (2)$$

где N_m, N_n – некоторая характеристика материала модели или натуре, имеющая размерность силы, приведенной к единице площади (пределы прочности на сжатие, растяжение и т. д., модули упругости, напряжения и т. п.); γ_m, γ_n – плотность материалов, соответственно модели и натуре; l_m, l_n – линейные размеры, соответственно в модели и натуре; M – некоторое безразмерное число, являющееся определяющим критерием подобия. Согласно выполненным расчетам по формуле (2) вертикальное и горизонтальное давление в модели составляет соответственно 13,2 и 6,4 кг/см² при глубине разработки 1260 м и коэффициенте Пуассона 0,25.

Через 3 суток со стороны задней стенки вырезали эквивалентный материал, создавая необходимую форму очистной камеры объемом 45 тыс. см³, и в течении 36 суток (что соответствует 12 мес. в натуре) наблюдали за ее поведением.

В процессе моделирования за поведением вертикальной очистной камеры в течении 12 суток (4 мес.) камера сохраняет свои исходные параметры, табл. После 15 суток наблюдалось скалывание эквивалентного материала в верхней части очистной камеры и придание ей в верхней части сводчатой формы.

С увеличением времени существования очистной камеры до 36 суток форма очистной камеры принимает вид эллипсоида, что подтверждает исследования, выполненные Куликовым [8]. Следует отметить, что при изменении крепости горного массива с 10 до 4, объем очистной камеры увеличился соответственно в 1,5-1,6 раза с сохранением ее устойчивости во времени до 12 месяцев.

При моделировании устойчивости горизонтальной очистной камеры, опыты № 5-8 (см. табл.), было установлено, что при увеличении объема очистной камеры более чем в 1,6 раза она разрушается (опыты № 5, 6, см. табл.). В процессе моделирования наблюдали естественное формирование в верхней части очистной камеры свода разрушения. После 18-30 суток, в зависимости от предела прочности эквивалентного материала, наблюдается скалывание эквивалентного материала не только в верхней части, но и со стороны ее боков.

Исследования устойчивости очистной камеры шатровой формы в процессе моделирования показали, что разрушение эквивалентного материала по контуру камеры проходит менее интенсивно по сравнению с камерами прямоугольной формы. Следует отметить, что после 30 суток камера шатровой формы принимает вид параболической формы, а ее объем увеличивается не более чем в 1,1-1,2 раза в течении 36 суток (1 года) существования.

Таблица. Результаты моделирования устойчивости очистных камер в неустойчивых породах

№ опыта	Параметры очистной камеры, см			Крепость руды	Объем очистной камеры (тыс. см ³) от времени ее существования, мес.				
	высота	длина	ширина		4	6	8	10	12
очистная камера прямоугольной формы									
1	90	50	10	4	46	55	63	71	75
2	90	50	10	6	45	51	61	66	71
3	90	50	10	8	45	47	58	62	68
4	90	50	10	10	45	45	47	55	66
5	30	150	10	4	53	64	80	-	-
6	30	150	10	6	51	60	68	79	-
7	30	150	10	8	48	55	67	73	80
8	30	150	10	10	46	54	66	72	78
шатровая очистная камера									
9	90	75/25	10	4	45	48	53	54	55
10	90	75/25	10	6	45	47	50	50	50
11	90	75/25	10	8	45	45	47	48	50
12	90	75/25	10	10	45	45	45	46	49
очистная камера параболической формы									
13	75	50	10	4	45	45	47	48	50
14	75	50	10	6	45	45	45	46	48
15	75	50	10	8	45	45	45	45	45
16	75	50	10	10	45	45	45	45	45

Разрушение камеры происходит в основном в верхней ее части. Лабораторными исследованиями установлено, что разрушающая сила, действующая с боков очистной камеры, будет минимальной.

Результатами лабораторного моделирования (рис. 2) подтверждается, что формирование очистной камеры параболической формы повышает устойчивость камеры без нарушения эквивалентного материала по ее периметру. Из табл. видно, что в течении 36 суток камера параболической формы увеличилась в объеме не более чем в 1,1 раза.

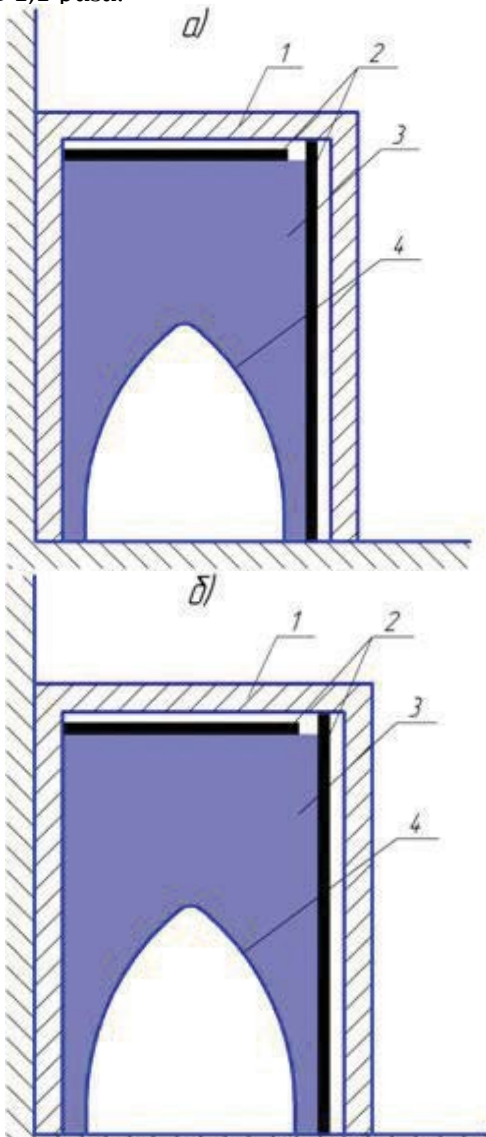


Рис. 2. Моделирование устойчивости очистной камеры параболической формы с пределом прочности эквивалентного материала соответствующему в натуре 100 МПа: а, б - стадии моделирования, соответственно до и после моделирования; 1 - лабораторная модель; 2 - внешняя нагрузка; 3 - эквивалентный материал (горный массив); 4 - горизонтальная очистная камера

Таким образом, результатами лабораторного моделирования подтверждается достоверность теоретических исследований [7], а выражение (1) может быть использовано при проектировании систем разработок с очистной камерой.

На рис. 3 приведены совмещенные контуры очистных камер до и после моделирования с пределом прочности эквивалентного материала, соответствующего в натуре 100 МПа (крепость руды 10 по шкале проф. М. М. Протождяконова).

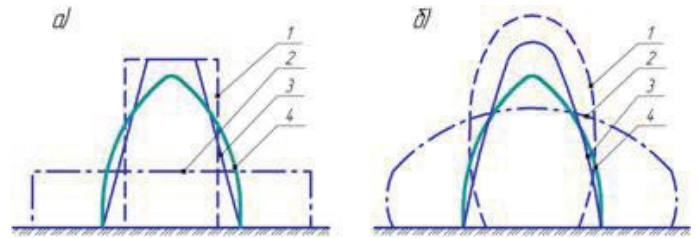


Рис. 3. Совмещенные контуры очистных камер: а, б - формы камер соответственно до и после моделирования; 1, 2 - прямоугольной формы; 3 - шатровой формы; 4 - параболической формы

Анализ рис. 3 показывает, что в геологических условиях, когда вертикальные напряжения больше горизонтальных, очистные камеры вертикальной и шатровой форм со временем принимают форму параболической.

Зависимости изменения объема очистной камеры от времени ее существования и формы приведены на рис. 4.

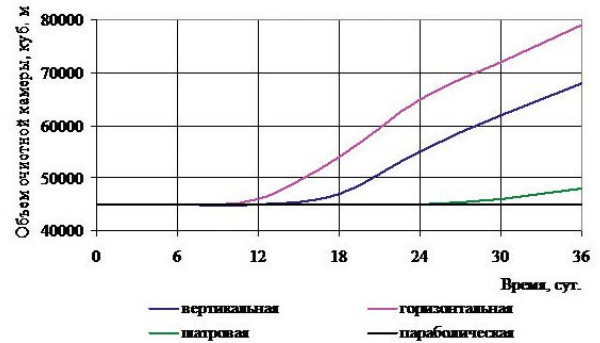


Рис. 4. Зависимости изменения объема очистной камеры от времени существования и ее формы при пределе прочности эквивалентного материала соответствующему в натуре 100 МПа

Из рис. 4 видно, что при пределе прочности эквивалентного материала соответствующему натуре 100 МПа и времени существования очистной камеры параболической формы остается постоянной, в свою очередь прямоугольные камеры через 6-12 суток начинают увеличиваться в объеме.

Выводы

Результатами лабораторных исследований установлено, что очистная камера параболической формы в неустойчивых породах является более устойчивой по сравнению с камерами прямоугольной или шатровой форм. Также в процессе моделирования доказано, что объем очистной камеры увеличивается не более чем в 1,1 раза при параметрах определенных теоретическими исследованиями, что обеспечивает ее устойчивость в процессе отработки запасов блока.

Библиографический список

1. Малахов Г. М. Рациональный порядок очистной выемки для рудников Криворожского бассейна / Г. М. Малахов, В. Ф. Лавриненко, И. А. Кучерявенко // Горный журнал. - 1961. - № 3. - С. 19-24.

2. Щелканов В. А. Анализ сложноструктурных залежей Кривбасса / В. А. Щелканов, О. А. Хивренко, В. О. Хивренко // Разраб. рудн. месторождений - Кривой Рог: КТУ. - 2002. - Вып. 75. - С. 30-35.

3. Stupnik N. Pillars sizing at magnetite quartzites room-work / N. Stupnik, V. Kalinichenko, S. Pismennyi // Mining of Mineral Deposite. A Balkema Book. - 2013. - S.11-15.

4. Корж В. А. Методика расчета величины подпора пород всячего бока обрушенной руды / В. А. Корж, М. С. Кудрявцев, А. Ф. Лавриненко // Разраб. рудн. месторождений. Кривой Рог: КТУ. - 1985. - Вып. 40. - С. 48-52.

5. Ступник Н. И. Параметры этажно-камерной выемки железистых кварцитов с наклонными целиками / Н. И. Ступник, С. В. Письменный // Гірничий вісник. - Кривий Ріг: КНУ. - 2013. - Вып. 96. - С. 89-93.

6. Ступник Н. И. Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды / Н. И. Ступник, С. В. Письменный // Вісник Криворізького національного університету. - Кривий Ріг: КНУ. - 2012. - Вып. 30. - С. 3-7.

7. Письменный С. В. Определение параметров компенсационной камеры сводчатой формы / С. В. Письменный, В. О. Хивренко, В. А. Сбитнев, Н. В. Полухина // Разраб. рудн. месторождений. - Кривой Рог: КТУ. - 2002. - Вып. 79. - С. 48-52.

8. Куликов В. В. Выпуск руды. - М.: Недра, 1980. - 303 с.

Поступила 06.06.2014



УДК 669.013.002.5:531.3

Бейгул О. О. /д. т. н./,

Корнійчук М. М.,

Лепетова Г. Л. /к. т. н./

Дніпродзержинський державний технічний університет

Наука

Вплив стабілізатора поперечної стійкості на критичну швидкість зчленованого контейнеровоза при кососиметричних збуреннях

Розроблена математична модель збуреного руху зчленованого контейнеровоза з U-подібною рамою та пружною підвіскою при наявності кососиметричних кінематичних збурень, викликаних нерівностями технологічних доріг. Визначена критична швидкість контейнеровоза як швидкість на межі втрати поперечної стійкості руху. Виявлений вплив стабілізатора поперечної стійкості на критичну швидкість кососиметричного збуреного руху контейнеровоза. Іл. 2. Бібліогр.: 5 найм.

Ключові слова: математична модель, збурений рух, зчленований контейнеровоз, U-подібна рама, пружна підвіска, кінематичне збурення, критична швидкість

The mathematical model of articulated container truck with U-similar frame disturbance motion by asymmetrical kinematic disturbances because of uneven technological roads is worked out. The critical speed of container truck as the speed in neighbourhood of cross stability loss is identified. The influence of cross durability stabilizer on critical speed of asymmetrical disturbance motion of container truck is discovered.

Keywords: mathematical model, disturbance motion, articulated container truck, U-similar frame, elastic suspension, kinematic disturbance, critical speed

Постановка проблеми

Прогрес металургійної галузі тісно пов'язаний з подальшим зростанням механізації та автоматизації транспортних операцій у технологічних лініях, де постають нові задачі на шляху розробки перспективних зразків спецавтотранспорту. Так, для виконання операцій, пов'язаних з автономним завантаженням, транспортуванням та розвантаженням контейнерів доцільною уявляється компоновка несучої системи з U-подібною рамою. Технологічний спецавтотранспорт з такою компоновкою не має аналогів як у

вітчизняному, так і в зарубіжному автомобілебудуванні, тому потребує додаткових досліджень по формуванню зовнішніх навантажень, внутрішніх зусиль для науково обґрунтованого підходу до визначення раціональних параметрів основних силових елементів несучих систем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблемам контейнерної доставки вантажів на компоновочному, конструктивному, експлуатаційному рівнях присвячені роботи [1, 2]. У роботі [3] описаний вітчизняний дослідний зразок контейнеровоза з U-подібною рамою на базі трактора Т-150К.