

$\left(\frac{t_p}{t_n}\right)$ , изменчивостей их взаимонаклона ( $\frac{v_t}{v_n}$ ) и содержаний в руде и вмещающей породе ( $\frac{C_6}{B}$ ). Эти соотношения приняты в качестве основных критериев оценки выемочной структуры сложного участка залежи, позволяющих построить наилучшую оценку процесса перемешивания образования количественных и качественных потерь руд при отработке зон контактов разновидностей горных масс. При этом соотношения  $\left(\frac{t_n}{t_p}, \frac{L_k}{L_0}, \frac{B}{C_6}\right)$  с достаточной полнотой и достоверностью характеризуют поверхности контура рудных тел с точки зрения количественного и качественного перемешивания горных масс и степени уклонения геологической поверхности от технологической.

Модель (10) может быть дифференцированно уточнена в зависимости от вида и характера взаимосвязи привлекаемых параметров рудной залежи.

Для описания выемочной структуры сложных участков залежи рекомендуется использовать следующую систему моделей:

$$\begin{cases} C_{3II} = (C_6^0 + v^0)e^{-\eta\omega_{3II}}, \\ m_{3II} = t_p^0 e^{kv_t}, \\ S_{3II} = t_{II}^0 e^{kv_t} L_0, \end{cases} \quad (11)$$

где  $C_{3II}$ ,  $m_{3II}$  – качество содержания металла и мощность зоны перемешивания разновидностей горной массы, %, м;  
 $S_{3II}$  – размер перемешиваемого объема вмещающей породы, м<sup>2</sup>;  
 $C_6^0$ ,  $v^0$ ,  $t_p^0$ ,  $t_{II}^0$  – модальные значения соответственно содержаний в руде и вмещающей породе, рудной и породной мощностей контактных неровностей, %, м.

Здесь сложность выемочной структуры участка залежи определяется по формуле:

$$\omega_{3II} = \frac{t_{II}^0 \gamma_{II}}{t_p^0 \gamma_p}, \quad (12)$$

где  $\gamma_{II}$ ,  $\gamma_p$  – плотность породы и руды, Т/м<sup>3</sup>.

#### Выводы

1. Рекомендуемая система моделей позволяет аналитически описать выемочные геолого-технологические структуры сложных участков рудной залежи с учетом взаимосвязи их параметров с достаточной полнотой и достоверностью.

2. Концепция привлечения модальных характеристик параметров залежей для модельного описания их структурных соотношений позволяет повысить достоверность и эффективность результатов их использования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курманкожаев А. Методы оценки качества и потерь руд: Монография. Алматы, 1982. 156 с.
2. Нуржумин Е.К. К управлению рациональным соотношением полноты и качества извлечения полезных ископаемых из недр // Вестник ВКГУ. 2006. С. 53-58.

**УДК 622.201.1**

**БЕССОНОВ В.В.,  
ИМАШЕВ А.Ж.,  
СУДАРНИКОВ А.Е.,  
БАХТЫБАЕВ Н.Б.,  
ТЫЛЕУХАН И.**

#### Определение устойчивости междужилых целиков методами математического моделирования

Разработка рудных месторождений крутого залегания имеет достаточно большое число особенностей. В данном случае рассмотрены вопросы разработки железно-марганцевых руд на месторождении Ушкатын-III ОАО «Жайремский ГОК».

Месторождение Ушкатын-III представлено пластообразными сближенными рудными телами крутого залегания (80-85 градусов).

Средние пределы прочности при сжатии практически для всех литологических разновидностей вмещающих пород и руд превышают 80 МПа. При этом основная масса пород характеризуется прочностью на сжатие 80-110 МПа и лишь для алевролитов и брекчий соответственно 60-50 МПа.

Прочность на растяжение практически для всех вмещающих пород и руд составляет преимущественно 8,0-11,0 МПа, а для алевролитов и брекчий соответственно 5-6 МПа. Сцепление в образцах колеблется от 12 до 27 МПа, чаще составляет 20-23 МПа. Угол внут-

реннего трения изменяется в пределах 27°-55°, чаще 32°-37°, для железомарганцевых руд составляет 52°-55°.

На выбранном участке (рисунок 1) рудные тела имеют почти вертикальное залегание (80-85 градусов). Мощность жилы колеблется в пределах от 2 до 3 м, а расстояние между жилами составляет от 6 до 20 м.

В работе рассмотрена возможность отработки запасов на горизонте +288 на всю длину блока 50 м с осуществлением закладочных работ без применения связующего, породами из отвалов и породами от вскрышных работ.

Рудные тела располагаются на различных расстояниях друг от друга и могут подвергаться взаимному влиянию при их отработке. Эти расстояния могут быть такими, когда оставить целик достаточной мощности между жилами не представляется возможным. В таком случае возникает вопрос о необходимости применения валовой или селективной выемки.

Необходимость применения того или иного способа выемки диктуется, с одной стороны, устойчивостью междужилыного целика, с другой – расстоянием между рудными телами, при этом немаловажное значение имеет экономичность применяемого метода.

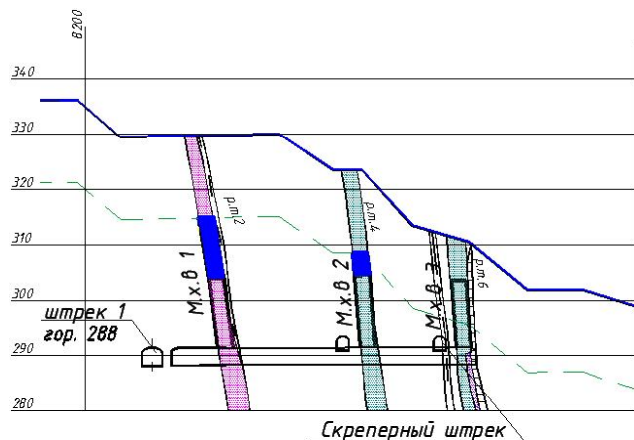


Рисунок 1 – Расположение рудных тел (жил)

Сложность горно-геологических и горно-технических условий разработки таких месторождений, а также большое разнообразие исходных данных для расчетов не всегда позволяют использовать стандартные методики при определении параметров разработки в таких условиях. Поэтому в данном случае наиболее рациональным подходом к решению поставленной задачи можно считать применение методов математического моделирования геомеханических процессов.

Математическое моделирование проводилось методом граничных интегральных уравнений. В этом случае проведение выработки нарушает естественное состояние массива горных пород, что приводит к дополнительному нагружению массива. Это дополнительное нагружение разбивается на ряд этапов. На каждом этапе нагружения находится напряженно-деформированное состояние упругого массива с переменной внутренней границей (решается упруго-пластическая задача). На первом этапе этой границей является контур выработки. На втором этапе – контур зоны разрушения, возникающий на первом этапе и т.д. При этом на каждом этапе нагружения на внутреннем контуре напряжения сохраняют значения, достигнутые на предыдущем этапе нагружения. Принимается, что породы, попавшие в зону разрушения в процессе дальнейшего нагружения, не оказывают сопротивления деформации упругой части массива. Таким образом, на каждом этапе нагружения дополнительные упругие смещения на внутренней границе упругой части массива происходят без сопротивления, как для неподкрепленного контура. В то же время накопленные на предыдущих этапах смещения этого контура сохраняются неизменными.

На каждом этапе нагружения решается упругая задача методом граничных интегральных уравнений [1], который в данном случае является наиболее эффективным по причине непредсказуемой сложности промежуточных контуров зоны разрушения в процессе нагружения. На всех этапах нагружения осуществ-

ляется оценка достигнутого напряженно-деформированного состояния с помощью принятых критериев прочности. Численный вариант не ограничивает количество критериев разрушения, поэтому используются одновременно и сдвиговой (Кулона-Мора) и разрывной (наибольшие деформации растяжения) критерии.

Задачей моделирования является определение координат контура разрушения выработки на основании информации о напряженно-деформированном состоянии массива. В этом случае рассматривается вертикальное сечение массива с вырезом, геометрия которого определялась типовыми сечениями выработки. Контур выработки представляется многоугольником. Геометрия этого многоугольника задается координатами узлов (вершины многоугольника). Поскольку вся область вне контура выработки представляет собой бесчисленное множество точек и численный анализ напряженного состояния во всех точках невозможен, то в нашем случае ограничимся рассмотрением конечного ряда точек ( $n$ ), расположенных в строго определенном порядке. Все исследуемые точки располагаются на лучах ( $m$ ), исходящих из середины участков, на фиксированном расстоянии друг от друга на луче (рисунок 2). Ориентация лучей должна представлять расходящуюся систему с равномерным охватом массива.

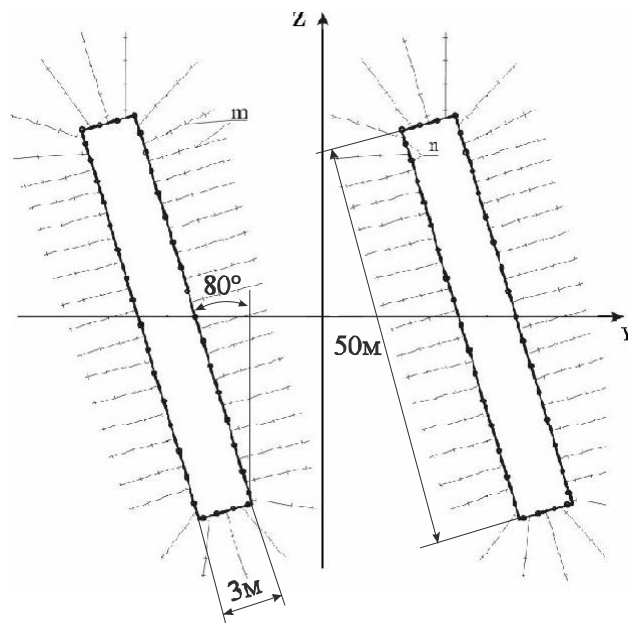


Рисунок 2 – Схема расположения исследуемых точек на контуре выработки

Для определения устойчивости обрабатываемых блоков на горизонте +288 было проведено математическое моделирование для условий рудника Ушкатын-III. Моделирование проводилось при расстояниях между рудными телами (жилами) 20, 10 и 5 м и при следующих параметрах:

- глубина отработки составляет 50 м;
- ширина обрабатываемой жилы 3 м;
- длина обрабатываемого блока 50 м;
- угол наклона обрабатываемого блока составляет 80°;

- прочность (предел прочности на растяжение) вмещающих пород меняется от 1 до 10 МПа;
- коэффициент бокового давления  $\lambda = 1,0$ ;
- коэффициент Пуассона  $\nu = 0,25$ .

Моделирование проводилось при прочности вмещающих пород на растяжение, равной от 1 до 10 МПа.

Как видно из рисунка 3, при прочности пород на растяжения 1 МПа максимальный размер зоны разрушения в кровле достигает 6,5 м, с боков 10,5 м. При прочности пород 3 МПа – 4,5 м и 5,5 м, при прочности 5 МПа – 2,5 м и 1,8 м соответственно.

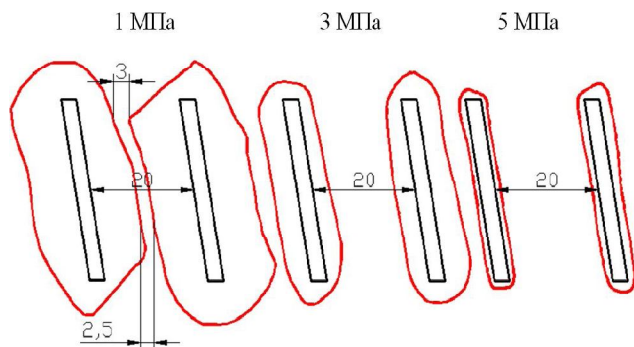


Рисунок 3 – Зоны разрушения вокруг выработок при расстоянии между рудными телами (жилами) 20 м и крепостью от 1 до 10 МПа

Наличие влаги и возможность реологического уменьшения крепости может привести к объединению данных обособленных зон разрушения в одну. Такую картину можно увидеть на рисунке 4. Моделирование при расстоянии между рудными телами 10 м показывает следующие результаты: при прочности пород, равной 1 МПа в кровле, зона разрушения достигает размеров 6,5 м, а в боках до 9,5 м. В этом случае зоны разрушения очистных выработок объединяются, что в свою очередь приводит к увеличению суммарной зоны. При прочности 3 МПа зона разрушения достигает значения 4 м в кровле и 4,5 м в боках; при прочности пород 5 МПа зона разрушения имеет размеры до 2,5 м в кровле и 1,6 м в боках выработки. В двух последних случаях объединения зон разрушения вокруг выработок не происходит.

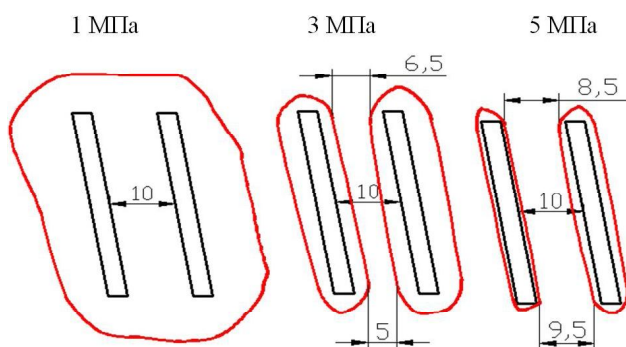


Рисунок 4 – Зоны разрушения вокруг выработок при расстоянии между рудными телами (жилами) 10 м и крепостью от 1 до 10 МПа

Моделирование при расстоянии между рудными телами 5 м имеет аналогичную качественную картину (объединение зон разрушения при крепости 1 МПа и их обособленности при крепости 3 МПа и выше).

На основании математического моделирования можно сделать следующие выводы:

1. Устойчивость междужильного целика при средних крепостях вмещающих пород, существующих на месторождении Ушкатын-III, не вызывает сомнения. В этом случае возможна совместная отработка сближенных рудных тел.
2. Уменьшение крепости до значений 1-3 МПа может привести к разрушению междужильного целика при совместной разработке сближенных рудных тел. Это требует определения очередности отработки рудных тел и последующей закладки выработанного пространства.
3. Следует особо подчеркнуть возможность наличия нарушений в горном массиве, которые приведут к резкому ослаблению прочности вмещающих пород и возможному разрушению целика.
4. Наличие влаги и обводненности горных пород также могут привести к ослаблению прочности вмещающих пород, это потребует разработки комплекса мероприятий по удалению влаги из отработанного пространства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колоколов С.Б. Расчет параметров поддерживающей и анкерной крепи горизонтальных горных выработок: учеб. пособие / Карагандинский политехнический институт. Караганда, 1990. 64 с.
2. Трушко В.Л., Протосеня А.Г., Плащинский В.Ф. Оценка устойчивости обнажений и расчет нагрузок на крепь выработок Яковлевского рудника. Записи горного института «Современные проблемы горной промышленности». Т. 168. СПб, 2006. С. 115-122.
3. Протосеня А.Г., Тимофеев О.В. Геомеханика / Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб, 2008. 117 с.

УДК 622.822:622.64

СЕРГЕЕВ В.Я.

## Выбор метода контроля проскальзывания ленты на барабане привода ленточного конвейера

Подземный транспорт является одним из важнейших звеньев подземной добычи полезных ископаемых, в том числе и угля. Интенсификация работы очистных забоев может быть эффективной только в

том случае, когда добытый в лаве уголь бесперебойно и своевременно доставляется на поверхность. Таким образом, вся транспортная цепочка от добычной установки до места складирования должна функциониро-