

УДК 622.272

**С.В. Некрасов**

## **АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ЗАБОЯ ПЛОСКОЙ И ВОГНУТОЙ ФОРМ**

*Проведены геомеханическая оценка для двух форм забоя - плоской и вогнутой и анализ результатов математического моделирования напряженно-деформированного состояния пород в окрестности забоя.*

*Ключевые слова: геомеханический анализ массива, математическое моделирование напряженно-деформированного состояния пород, вогнуто-плоская форма забоя.*

**Семинар № 4**

**Nekrasov S.V.**

### **THE STRESS-STRAIN ANALYSIS OF ROCKS IN THE NEIGHBORHOOD OF FLAT AND CONCAVE OPEN-PIT BENCH**

*The geomechanical evaluation of two open-pit bench forms: flat and concave is carried out along with the result analysis of the mathematical modeling of the stress-strain rock state in the neighborhood of the bench.*

*Key words: geomechanical analysis of rock mass, mathematical modeling of stress-strain state of rocks, flat-concave form of the open-pit bench*

**Т**рехмерный геомеханический анализ массива в окрестности забоя проводился на основе метода граничных элементов (метод фиктивных нагрузок) в линейно-упругой постановке, который позволяет снизить размерность решаемой задачи на единицу и требует минимальных затрат времени на задание геометрии и граничных условий.

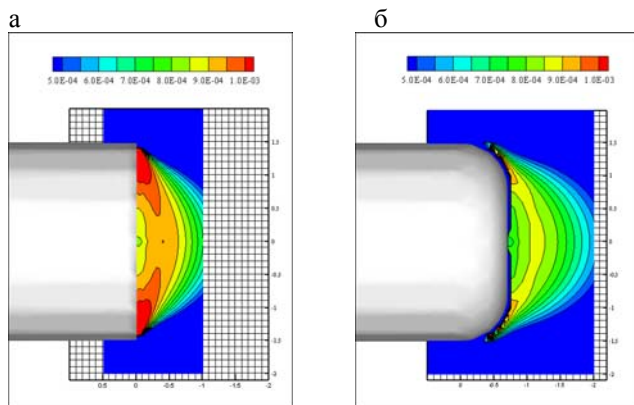
Анализ напряженно-деформированного состояния пород в окрестности забоя проводился для выработок круглой формы поперечного сечения диаметром 3 м и длиной 20 м, исключая взаимовлияние забоев. Геомеханическая оценка проводилась для двух форм забоя: плоская и вогнутая с радиусом сопряжения образующей цилиндра выработки с грудью забоя рав-

ным 0,7 м, при этом диаметр груди забоя составляет 1,6 м. Сетка граничных треугольных элементов загущалась в окрестности забоя с характерным размером элементов 0,1 м.

Результаты трехмерного математического моделирования напряженно-деформированного состояния пород в окрестности забоя плоской и вогнутой форм позволяют сделать следующие выводы.

1. Установлено, что для выработок с плоской и вогнуто-плоской формой забоя, как с трещиной впереди забоя, так и без трещины, поверхность, на которой реализуются максимальные растягивающие деформации, перпендикулярные к забою, как и максимальные касательные напряжения, принимает вогнутую форму и лежит своим основанием на поверхности забоя. В случае забоя плоской формы как с трещиной впереди забоя, так и без нее, основание этой поверхности охватывает весь забой, а для вогнуто-плоской – только плоскую часть забоя (грудь забоя). Для плоской и вогнуто-плоской форм забоя в случае без трещины эта поверхность распространяется по оси выработки от забоя в массив на расстояние до 0,5 м (рис. 1).

2. Анализ результатов математического моделирования напряженно-деформированного состояния пород в окрестности забоя без трещины впереди забоя показал, что вогнуто-плоская



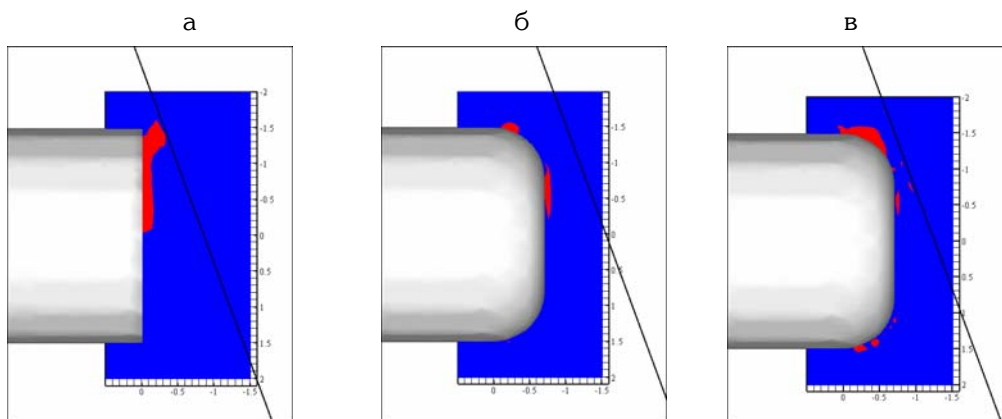
**Рис. 1. Распределение горизонтальных (перпендикулярных забою) растягивающих деформаций в вертикальном сечении забоя для выработок с плоской (а) и вогнутой (б) формой забоя**

форма забоя по сравнению с плоской позволяет снизить растягивающие деформации по оси выработки на 10-12%, а по периметру забоя на величину до 30-35%. Также в случае вогнуто-плоской формы забоя максимальные касательные напряжения снижаются по оси выработки на 15-17%, а область концентрации максимальных касательных напряжений, расположенной по периметру забоя, смещается за грудь забоя, тем самым, снижая максимальные касательные напряжения впереди забоя на величину до 40-45%.

Таким образом, вогнуто-плоская форма забоя горной выработки по срав-

нению с плоской обуславливает более устойчивое состояние горного массива впереди забоя, за счет существенного снижения уровня действующих в массиве напряжений и деформаций, опасных с точки зрения развития динамических явлений в забое горной выработки.

3. В случае параллельной забою трещины с газом под давлением 5 МПа создаются условия для развития газодинамического явления на расстоянии от забоя до трещины 0,5-0,6 м для плоской формы забоя и 0,3 м для вогнуто-плоской формы забоя. В данном случае вогнуто-плоская форма забоя по сравнению с плоской в 5-8 раз позволяет снизить возможный объем отжатой породы, а также изменить направление



**Рис. 2. Области запредельного деформирования в горизонтальном сечении забоя в случае наклонной под углом  $20^\circ$  к забою вертикальной трещины с газом под давлением 5 МПа (а – плоская форма забоя, расстояние до трещины 0,9 м по оси выработки; б, в – плоско-вогнутая форма забоя, расстояние до трещины 0,9 м и 0,7 м по оси выработки)**

выноса разрушенной породы и газа в сторону рабочего органа комбайна. Наиболее вероятное место выноса разрушенной породы и газа из забоя – на расстоянии до 0,5 м от стенок выработки для обеих форм забоя.

4. В случае вертикальной трещины с газом под давлением 5 МПа, расположенной под углом 20° к забою создаются условия для развития газодинамического явления, если наикратчайшее расстояние от забоя до трещины составляет 0,4 м для плоской формы забоя, а для вогнуто-плоской – практически только при вскрытии трещины. Поверхность вогнутой формы, на которой реализуются максимальные касательные напряжения, как и максимальные растягивающие де-

формации, перпендикулярные забою, распространяется от забоя в массив на расстояние до 0,5-0,6 м для плоской формы забоя и на расстояние до 0,3-0,4 м для вогнуто-плоской формы забоя. Поэтому в данном случае вогнуто-плоская форма забоя по сравнению с плоской также в 5-8 раз позволяет снизить возможный объем отжатой породы и изменить направление выноса разрушенной породы и газа в сторону рабочего органа комбайна, а также свести к минимуму объем выносимой породы. Наиболее вероятное место выноса разрушенной породы и газа из забоя – на расстоянии до 0,5 м от стенки выработки для обеих форм забоя (рис. 2). **ИАС**

#### Коротко об авторе

Некрасов С.В. – Московский государственный горный университет. ud@msmu.ru



РУКОПИСИ,

#### ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Фаткулин А.А., Кондырев Б.И., Белов А.В., Иванов А.Н., Опанасюк А.В., Ларионов М.В., Гребенюк И.В.* ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ЛУЧЕГОРСКОГО ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (700/07-09 от 20.04.09) 5 с.

Приведена перспектива использования технологии подземной газификации угля на примере Лучегорского топливно-энергетического комплекса Приморского края (Российская Федерация). Обоснована актуальность применения современных экологически чистых технологий разработки угольных месторождений для отработки угольных пластов в сложных горнотехнических условиях. Приведена возможность отработки месторождения способом подземной газификации с отработкой свиты пластов, утилизацией твердых бытовых и производственных отходов, закладкой выработанного пространства, комплексной технологией с дегазацией и скважинной гидродобычей, получением химических продуктов на горном энергохимическом предприятии.

*Fatkulin A.A., Kondyrev B.I., Belov A.V., Ivanov A.N., Opanasuk A.V., Larionov M.V., Grebenyuk I.V.* PROSPECTS OF INTRODUCTION OF CLEAN COAL TECHNOLOGIES IN CASE STUDY OF THE LUCHEGORSKY FUEL AND ENERGY COMPLEX

The prospect of use of underground coal gasification technology on an example of the Luchegorsky fuel and energy complex of Primorski Territory (Russia Federation) is resulted. The urgency of modern non-polluting technologies of coal deposits mining for difficult mining conditions coal layers is proved. Possibility of mining by way of underground coal gasification with mining some of layers, recycling waste, complex technology with coal bed methane and borehole mining? production of chemical products at the mining power and chemical enterprise is resulted.