

УДК 622.02:539.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ
МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ
ВСКРЫВАЮЩЕЙ ВЫРАБОТКИ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО
КВЕРШЛАГА ВБЛИЗИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО
НАРУШЕНИЯ**

Хамимолда Б. Ж., Тутанов М. С., Винникова И. А.

(Казахский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности, Казахстан)

Тутанов С. К.

*(Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, Казахстан)*

Досліджено напружено-деформований стан, прояви гірського тиску, умов підтримання виробок залежно від гірничотехнічних та технологічних параметрів.

Stress-deformed state, rock pressure manifestation and conditions of maintenance of mine entries depending on mine engineering and technological parameters are studied.

Анализ выбросов на Карагандинском бассейне показал, что подавляющее число внезапных выбросов происходит в местах различных геологических нарушений. Поэтому, для установления причин и способов борьбы с внезапными выбросами угля и газа необходимо знать напряженно-деформированное состояние (НДС) массива горных пород в окрестности этих нарушений (сбросов) по которым проводится выработка.

Целью исследований является влияния расстояния до нарушения и создание технологии безопасного проведения выемочных горных выработок на основе выявленных закономерностей поведения примыкающих к ним массивов горных пород, уста-

новлении параметров технологических схем подготовительных работ, обеспечивающих безопасность горных работ.

В вертикальном сечении массива горных пород с подготовительной выработкой деформацией вдоль забоя можно пренебречь, и задача сводится к плоской. На данном этапе решение предусмотрено в упругой постановке вследствие сравнительно непродолжительного времени деформирования горных пород в окрестности забоя при его подвигании. В качестве метода решения принимается численный метод конечных элементов (МКЭ) [1, 2]. Для решения задачи моделируются характерные условия

Согласно годовой программе развития горных работ на 2010 год на шахте им. Т. Куземабаева планировалось проведение вскрывающей выработки вентиляционного квершлага 40-к₈-к₁₀+90 к угрожаемому пласту к₉ и выбросоопасному к₁₀ в зоне геологического нарушения сброс № 20 с Н=35 – 60 м.

Вентиляционный квершлаг 40-к₈-к₁₀+90 проводился комбайном КСП-35, сечением 17,3 м² на глубине 477 м от поверхности. Общая длина выработки составляла 285 м, угол наклона выработки -7° и до сбивания с конвейерным уклоном третьего горизонта предполагалось проводить горизонтально. Квершлагом намечалось пересечь пласты к₈, к₉, к₁₀, газоносность которых колеблется в пределах 12,63 -13,49 м³/т.

Проходка выработки на протяжении 10-12 м от начала заделки проводилась по пласту к₈ мощностью 0,70 м с дальнейшим отходом от него и в интервале 30-35 м ожидалось вскрытие геологического нарушения сброс № 20, где зона дробления составляла 16-18 м. На момент приближения вмещающие свойства пород кровли и боков выработки имели пониженную механическую прочность и неудовлетворительную устойчивость, в результате чего при креплении выработки наблюдалось высыпание пород кровли и образование куполов.

Для исследования напряженного состояния массива горных пород вокруг выработки рассматриваемая область разбивается на треугольные элементы, соединенных в узлах. Внешние распределенные нагрузки заменяются сосредоточенными силами, приложенными в узлах. В местах ожидаемых высоких градиентов напряжений сетка элементов сгущается. В качестве исходных

данных принимаются физико-механические характеристики пород (модуль упругости E , коэффициент Пуассона и объемный вес).

Расчеты выполнялись с использованием программы ANSYS. Алгоритм программы предусматривает решение задачи для неоднородной упругой среды, когда элементы имеют разные физико-механические характеристики.

В расчетной схеме задачи (рис. 1) учитываются горнотехнические условия, приведенные выше. Граничные условия задачи: вдоль линии АВ действует давление γH (H – глубина разработки, γ – объемный вес).

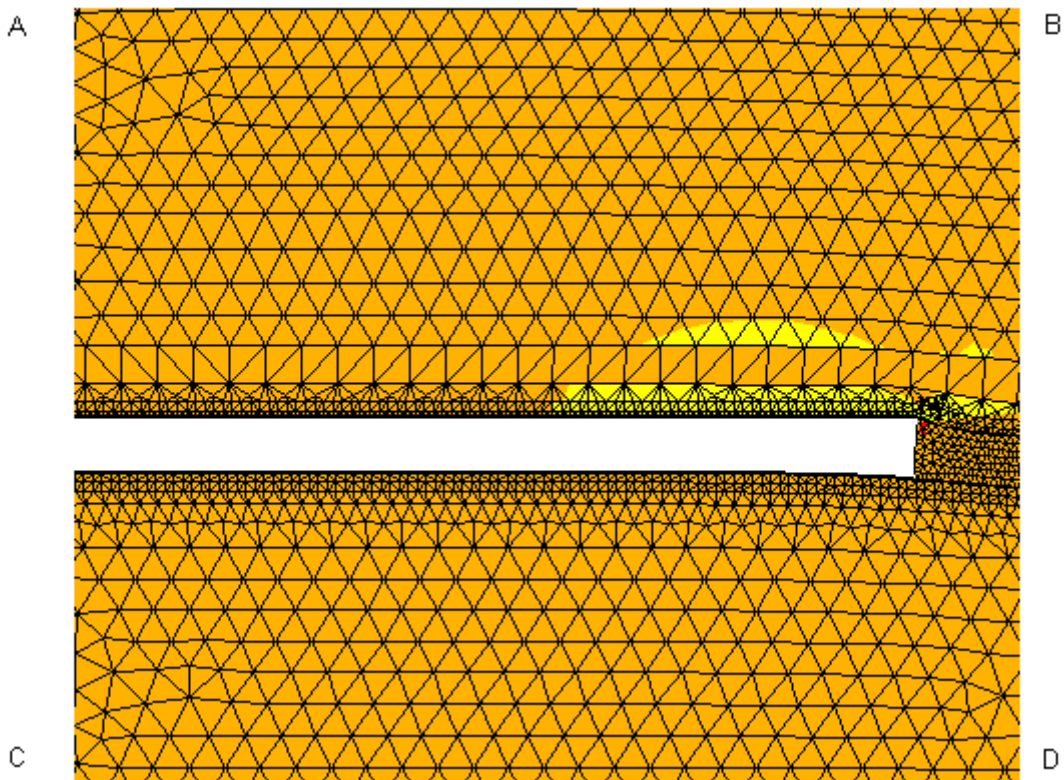


Рис. 1. Расчётная схема задачи

Известно, что в процессе развития внезапных выбросов важную роль играет содержащийся в массиве горных пород газ-метан. Вдоль линии BD со стороны сброса действует давление газа, на линии AC отсутствуют горизонтальные смещения, а вдоль линии CD отсутствуют вертикальные смещения.

В результате расчетов получены вертикальные и горизонтальные перемещения узлов, вертикальные и горизонтальные нормальные, а также касательные и главные напряжения в элементах.

Анализ распределения перемещений показали, что в массиве впереди забоя смещения массива происходят в сторону обнаженной поверхности, создавая возможность для отжима угля. Кривая перемещений имеет выпуклую форму, максимальное значение перемещения имеет на расстоянии $2/3$ от почвы и в кровле и почве величина перемещений уменьшается.

Общие перемещения в результате выполнения технологических операций по линии являются положительными, т.е. направлены вверх в пределах призабойного пространства (пучение почвы).

Анализ деформаций показывает, что впереди забоя в пласте возникает область, в пределах которой горизонтальные деформации являются растягивающими. С удалением в глубь массива, а также к почве и кровле, они переходят в сжимающие.

Несмотря на то, что массив пород над забоем сжат вертикальными силами давления, в кровле у краевой части образуется ограниченных размеров зона вертикальных деформаций растяжения.

Расчетами установлено, что вследствие образования нового контура забоя, в напряженном массиве возникают горизонтальные деформации растяжения за счет растягивающих напряжений. Глубина распространения горизонтальных деформаций растяжения впереди забоя превышает m , у кровли – $0,33 m$ и у почвы – $0,5 m$.

У поверхности забоя эти деформации являются максимальными и при достижении величин, близких к предельным, могут обеспечить достаточные условия для отжима породы от груди забоя.

В призабойной части кровли также происходит образование горизонтальных и вертикальных деформаций растяжения, при достижении величин, близких к предельным, создают достаточные условия для образования продольных трещин в кровле.

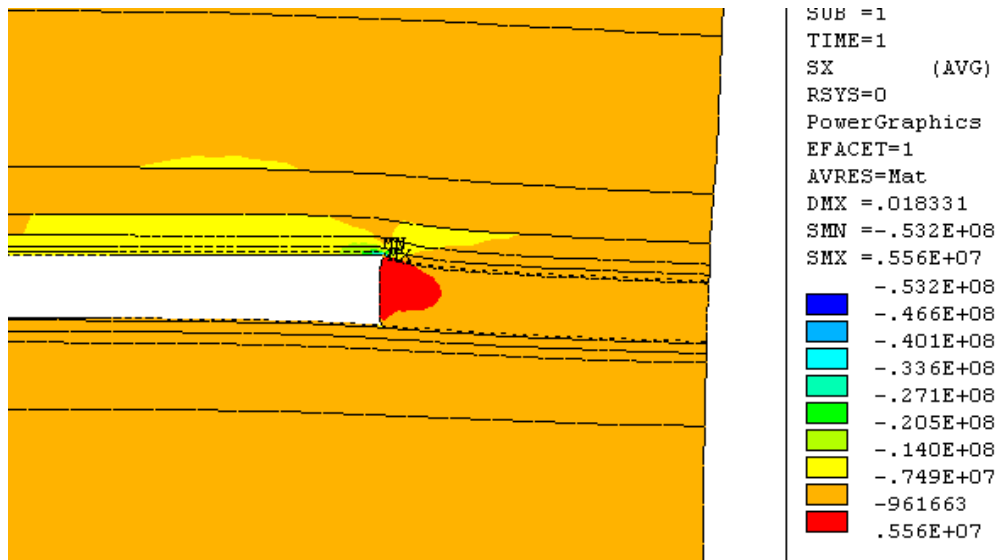


Рис. 2. Распределение горизонтальных напряжений σ_x вокруг забоя выработки на расстоянии 15 м

Анализ вертикальных напряжений показывает, что впереди забоя на границе пласт – непосредственная кровля возникает опорное давление, максимальное величина которого (при изучении процесса в рамках теории упругости) составляет в разных задачах от 2,2 до 3,5 γH (в данном варианте 2,3 γH) и находится впереди забоя на расстоянии 0,2-2,0 м. При удалении от забоя давление уменьшается и на расстоянии 25 метров впереди забоя составляет γH .

Следует отметить весьма важное свойство плоской задачи, заключающейся в том, что все составляющие напряжений σ_x , σ_y , и τ_{xy} в рассматриваемой плоскости не зависят от деформационных характеристик линейно деформируемого полупространства (модуля общей деформации и коэффициента поперечной деформации), т.е будут справедливы для всех тел, для которых зависимость между напряжениями и деформациями может быть принята линейной.

Для выявления влияния расстояния до геологического нарушения (сброса) были проведены исследования НДС массива вокруг квершлага при различных расстояниях до них.

При инициировании внезапных выбросов большую роль играет растягивающие напряжения и деформации массива вокруг выработок. В [3] приводятся экспериментальные исследования

локализации очагов акустической эмиссии (АЭ) в окрестности забоя подготовительной выработки. Устанавливались геофоны звукоулавливающей аппаратуры ЗУА-4, записывалась сейсмо-акустическая эмиссия угольного пласта, и определялись координаты источников АЭ (возникающих трещин).

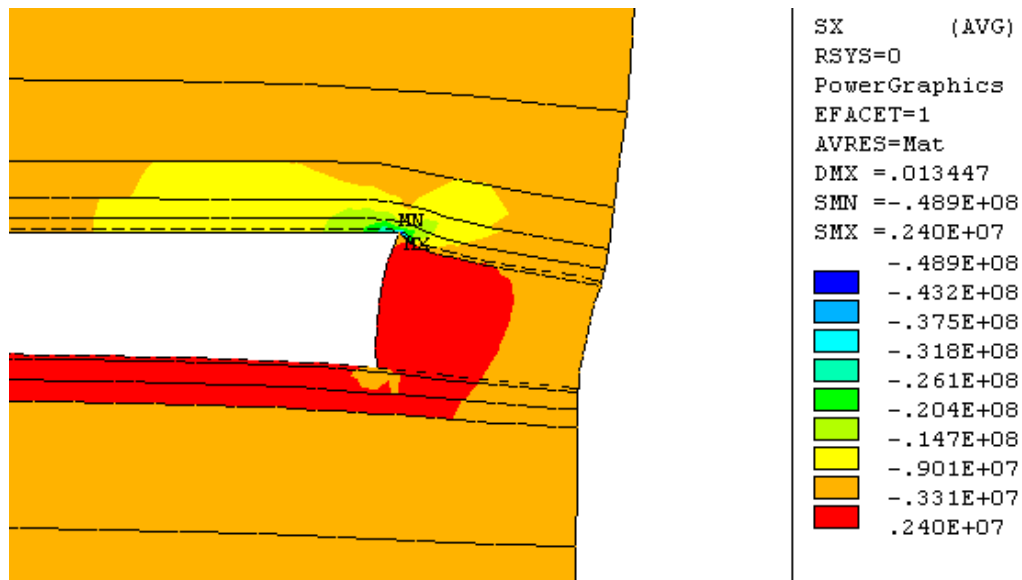


Рис. 3. Распределение горизонтальных напряжений σ_x вокруг забоя выработки на расстоянии 5 м

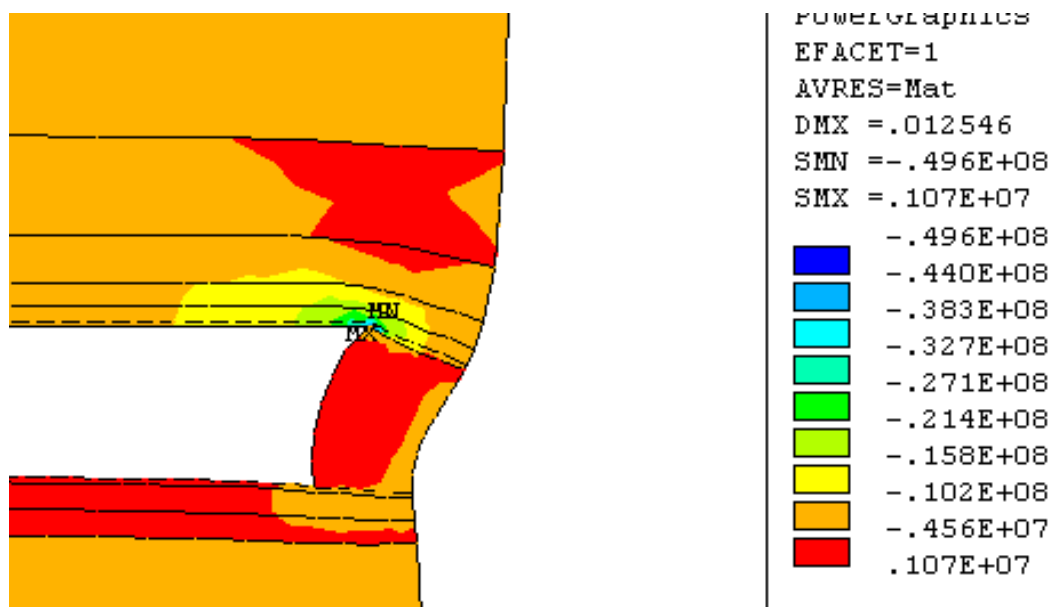


Рис. 4. Распределение горизонтальных напряжений σ_x вокруг забоя выработки на расстоянии 2 м

Была установлена зона очагов АЭ вблизи контура выработки. Показаны, что источники АЭ вокруг забоя выработки в массиве располагаются в пределах зон деформаций растяжения. Сопоставление экспериментальных данных с теоретическими результатами позволяет сделать вывод с том, что растрескивание массива происходит при переходе пород из сжатого деформированного состояния в растянутое.

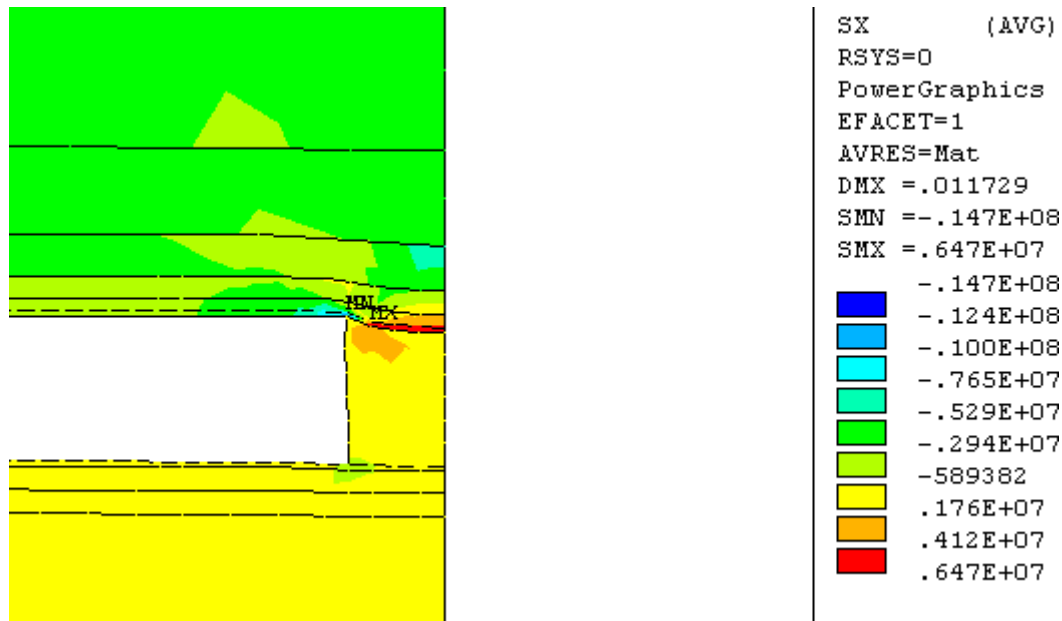


Рис. 5. НДС массива вокруг забоя при расстоянии 2 метра до нарушения без газового давления по стороне ВД

На рисунке 2 зона растягивающих напряжений (на рисунке темная область) расположены далеко от геологического нарушения (сторона ВД на рисунке 1), а рисунке 3 до нарушения от растягивающей области остается мало расстояния, но не доходит. На рисунке 4 область растягивающих напряжений у груди забоя и над забоем на расстоянии 5 метров достигают геологического нарушения. Здесь может происходить внезапное высыпание, обрушение либо внезапный выброс. На рисунке 5 приводится расчет НДС массива вокруг забоя при расстоянии 2 метра до нарушения без газового давления по стороне ВД. Как видно из рисунка рисунки 4 и 5 не сравнимы.

Таким образом, исследования позволяют оценить НДС массива и его изменение при подходе к геологическим нарушениям.

Наличие опасных растягивающих напряжений является основанием для разработки активных методов воздействия на эти зоны (разгрузка, смоло-растворо укрепление кровли), что позволит устранить возможность проявления динамического явления.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Зенкевич О. К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир , 1975. – 541 с.
2. Veksler Yu. A., Tutanov S. K. Static stress and deformation analysis by finite element method. Int. J. Of Rock Mech. And Mining sci. A Survey of Computer Programs in Rock Mechanics Research and Engineering Practice. Vol. 25, No 4, August, 1988, p. 215.
3. Ержанов Ж. С., Векслер Ю. А., Лагутин С. В. Исследование разрушения массива горных пород впереди забоя горной выработки сейсмоакустическим методом. – В кн.: Горное давление в капитальных и подготовительных выработках. Новосибирск, 1981, С. 3 – 8.