

УДК 622.831.322

А.И. СЕРГИЕНКО (канд. техн. наук)

В.Д. ВОРОБЬЕВ (д-р. техн. наук, проф.)

Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ, г. Красноармейск

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЫБРОСООПАСНОГО МАССИВА

В данной статье рассмотрены горно-геологические условия формирования выбросоопасного массива. Проанализированы параметры напряженного состояния, формирующие полость выброса. Представлена математическая модель для определения напряженно-деформированного состояния выбросоопасного массива в местах геологических нарушений. Предлагается метод восстановления тектонического давления в области геологического нарушения по амплитуде смещения. Проведены численные исследования напряженно-деформированного состояния выбросоопасного массива. Рассмотрена роль напряженно-деформированного состояния углепородного массива в местах тектонических нарушений, а также его влияние на процесс формирования и протекания внезапного выброса угля или породы.

Ключевые слова: моделирование, внезапный выброс, напряженно-деформированное состояние, геологическое нарушение, выбросоопасный массив.

Выбросы твердых ископаемых и пород в шахтах и рудниках были и остаются одним из самых опасных явлений для жизни подземных рабочих. Внезапный выброс угля и газа, динамическое явление, возникающее вследствие быстрого изменения напряженного состояния насыщенного газом угольного пласта вблизи горной выработки; сопровождается частичным или полным разрушением угля, бурным выделением газа и образованием потока угля, взвешенного в газе. Характеристикой внезапного выброса является его интенсивность, измеряемая количеством выброшенного угля и дальностью его отброса. Количество выбрасываемого угля внезапного выброса составляет от нескольких m до тысяч m , а объем выделяющегося газа — от нескольких m^3 до сотен тысяч m^3 . Горные выработки при этом заваливаются углем на десятки метров и заполняются газом, а в пласте образуется полость или каверна, которая на крутых пластах часто имеет грушевидную форму [1].

Условия проявления выбросов угля и газа характеризуется сложным комплексом геологических факторов. Низкая прочность углей, условия образования свободных газов в угольных пластах и вмещающих породах под большим давлением, повышенную напряженность горного массива, образованную геологическим и технологическим фактором. Для объяснения сложного явления внезапных выбросов было предложено несколько гипотез, различавшихся в отношении роли, отводимой газу, давлению горных пород или напряжениям тектонического происхождения внезапных выбросов (рис. 1.) [2].

Так, например, Арнольд, Одибер, Руфф считали, что газ, заключенный в угле под большим давлением, при определенных условиях может вызвать внезапное разрушение угля и увлечь его с собой при истечении в выработку. Рибер, Ицинский, Морен, Жарлие, Корне считали, что причиной внезапных выбросов угля и газа является концентрация напряжений вокруг горных выработок. Стассар, Лемер, Лалиган и Бубнов рассматривали внезапные выбросы как следствие остаточных напряжений тектонического происхождения или разрушение угольных пластов в местах геологических нарушений [1].

Большинство исследователей считают, что основной причиной выброса является перенапряженное их состояние [3–6].

При моделировании выбросов угля на установке неравно-компонентного трехосного сжатия, зона разрушения образцов по форме была похожа на полость выброса (рис. 2). Разрушенный и отброшенный при моделировании уголь был сильно измельчен [7].

Такой режим нагружения образцов угля соответствует условиям при действии тектонического давления. Следовательно, для исследования напряженно-деформированного состояния выбросоопасного массива необходимо учесть тектоническое давление.

Определим напряженно-деформированное состояние углепородного массива в местах тектонических нарушений при пологом залегании угольного пласта и глубине разработки

600м. Воспользуемся основными уравнениями равновесия для плосконапряженного состояния, уравнения неразрывности деформаций и основными физическими уравнениями для упругой среды [8], так как выбросы происходят в средах, склонных к хрупкому разрушению [9]. Между слоями пород и на разрезе тектонического нарушения задаем граничные условия контакта с коэффициентом сухого трения пород [10]. Расчет будем производить методом конечных элементов с использованием программного обеспечения ANSYS [11].

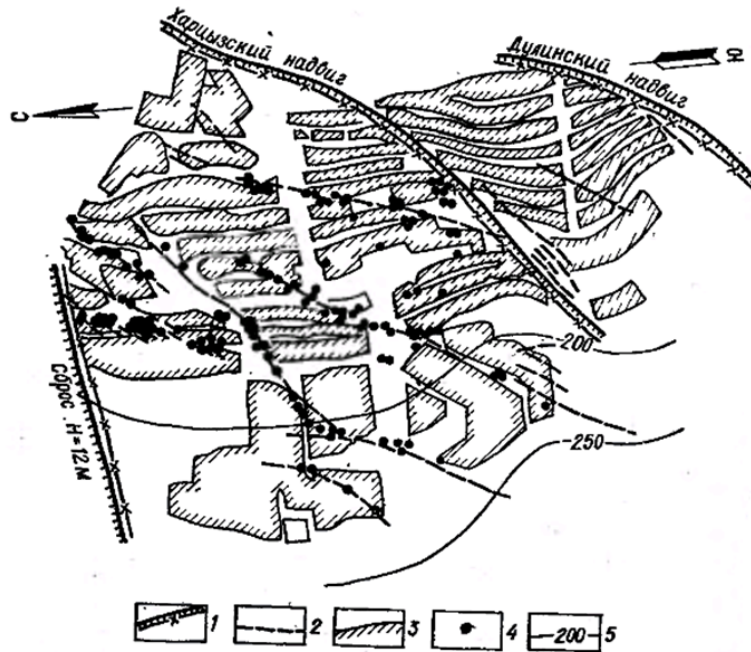


Рис. 1. Распределение выбросов угля и газа на шахте «Коммунист Новая» (пласт g_2^H): 1 – надвиги и сбросы; 2 – мелкие тектонические нарушения; 3 – отработанное пространство; 4 – выбросы угля и газа; 5 – изогипсы пласта.



Рис. 2. Характер разрушения угля при моделировании выбросов.

Для того чтобы определить действующие напряжения в районе геологического нарушения необходимо задаться начальными краевыми условиями нагружения модели (рис. 3).

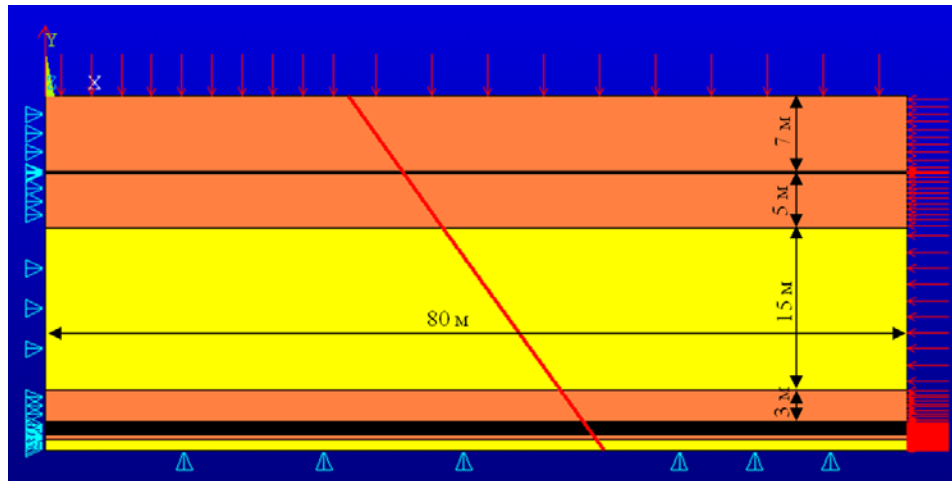


Рис. 3. Модель для определения напряженно-деформированного состояния слоистого углеродного массива в местах с тектоническим нарушением; цвет: желтый – песчаник, коричнево-красный – сланец песчаный, черный – уголь.

Предлагается метод восстановления тектонического давления в области геологического нарушения по амплитуде смещения (рис. 4).

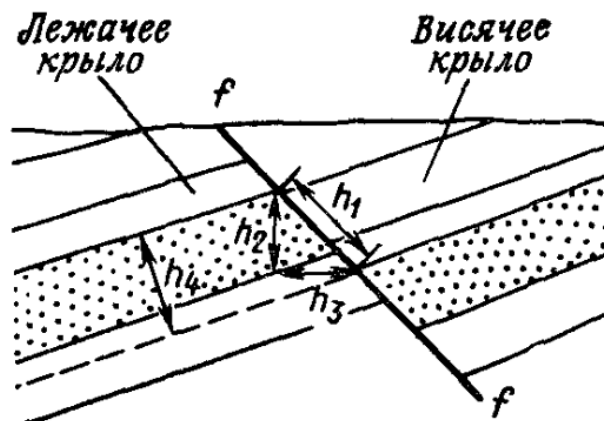


Рис. 4. Сместитель (f-f) геологического нарушения с амплитудой разрыва (h_1).

Необходимо задать прилегающие породы и угол наклона сместителя, т.е. геометрическая модель тектонического нарушения должна соответствовать натуре. По оси y задаем величину нагрузки равную величине вертикального напряжения, действующего на заданной глубине, а величину бокового давления по оси x , которое соответствует тектоническому, необходимо установить опытным путем. При действии бокового давления, в несколько раз превышающее вертикальное, происходит скольжение пород в области сместителя. Зная величину амплитуды смещения по данным геологического прогноза, подбираем величину тектонического давления, так чтобы амплитуды модели и природы совпали. При совпадении амплитуд, считаем, что в данной области геологического нарушения (в данном случае взбросе) действуют установленные тектонические силы. После чего исследуем напряженно-деформированное состояние в области тектонического нарушения.

Краевые условия нагружения модели составили $\sigma_y = -15$ МПа, и установленное боковое тектоническое давление $\sigma_x = -70$ МПа. При таком нагружении амплитуда смещения на сместителе составила 0,45 м, что соответствует натурным.

Горизонтальные нормальные напряжения изменяются в пределах от -20 до -146 МПа (рис. 5). Для осевых нормальных напряжений знак «минус» означает – сжатие, знак «плюс» – растяжение.

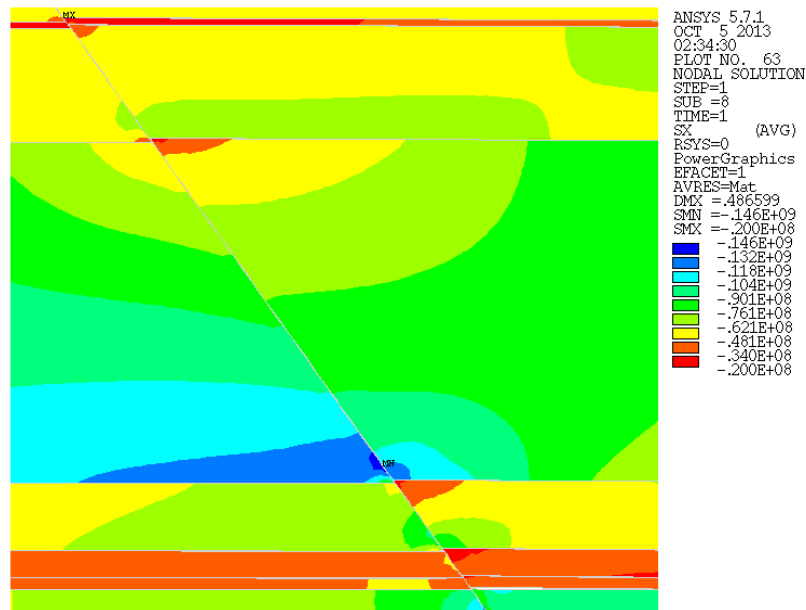


Рис. 5. Горизонтальные напряжения в области геологического нарушения.

Максимальные вертикальные напряжения в области геологического нарушения $\sigma_y^{\max} = -77.3$ МПа (рис. 6). Максимальный коэффициент концентрации вертикальных напряжений в области сместителя составил $k = \frac{77.3}{15} = 5.1$.

Со стороны лежащего крыла геологического нарушения наблюдаем сжимающие вертикальные напряжения, а со стороны висячего крыла – растягивающие вертикальные напряжения до $+17$ МПа, если откинуть влияние граничных условий модели.

Со стороны лежащего крыла геологического нарушения наблюдаем сжимающие вертикальные напряжения, а со стороны висячего крыла – растягивающие вертикальные напряжения до $+17$ МПа, если откинуть влияние граничных условий модели.

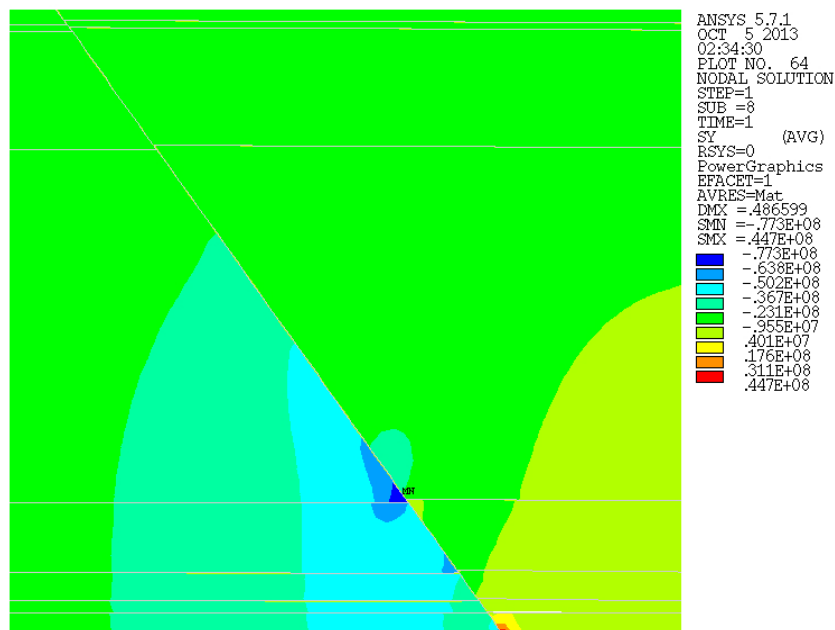


Рис. 6. Вертикальные напряжения в области геологического нарушения.

Касательные напряжения изменяются в пределах от -32,3 до +18,5 МПа и формируют область грушевидной формы с величиной касательных напряжений до 21 МПа (рис. 7).

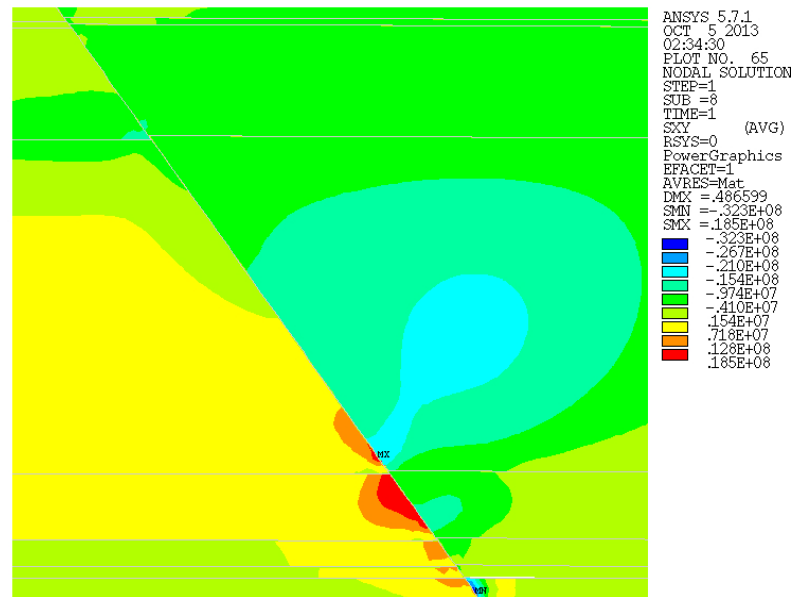


Рис. 7. Касательные напряжения в области геологического нарушения.

Контактное давление в массиве пород достигает 78,3 МПа, а максимальное контактное давление на сместителе достигает 141 МПа (рис. 8).

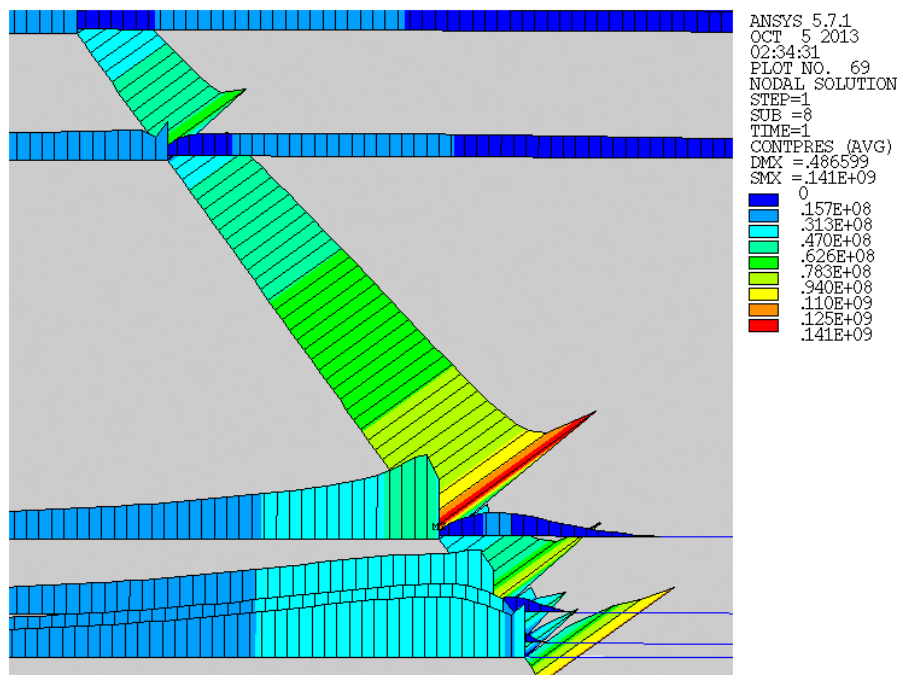


Рис. 8. Контактное давление в области геологического нарушения.

Таким образом, полученные величины напряжений в области геологического нарушения, вполне соответствуют режиму нагружения образцов при лабораторных исследованиях, что влияет на вероятность возникновения выбросоопасной ситуации. Предлагаемый метод по восстановлению величины тектонического давления, позволяет оценить напряженно-деформированное состояние в области тектонических нарушений.

Библиографический список

1. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа.— М.: Госгортехиздат, 1961.— 363 с.
2. Геологические условия выбросоопасности угольных пластов Донбасса / Забигайло В.Е., Широков А.З., Кратенко Л.Я., Лукинов В.В., Стовас Г.М. — Киев: Наук. Думка, 1980.—192 с.
3. Волошин Н.Е., Тарасьев В.И. Борьба с выбросами породы в шахте.— Донецк: Донбасс, 1968.— 64 с.
4. Галушко П.Я. О природе внезапных выбросов породы на шахте «Щегловская-Глубокая».— Уголь Украины, 1964, № 2, с. 46—47.
5. Глушко В.Т., Зорин А.Н. Выбросы пород в горных выработках глубоких шахт Донбасса.— Киев: Наук. думка, 1972.— 114 с.
6. Николин В.И., Меликсетов С.С, Веркович И.М. Выбросы породы и газа.— М.: Недра, 1967.— 80 с.
7. Алексеев А.Д., Недодаев Н.В., Стариков Г.Н. Разрушение газонасыщенного угля, находящегося в объемном напряженном состоянии, при разгрузке. Моделирование выбросов угля и газа. - М.: Институт проблем механики АН СССР, 1980. - 30 с.
8. Сопrotивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебник под ред. Г.С. Варданяна – М., Издательство АСВ, 1995.–568 стр. с ил.
9. Шевелев Г. А. Динамика выбросов угля, породы и газа / Г. А. Шевелев.– К.: Наук. думка, 1989. – 160 с.
10. Подгорный А.Н. Задачи контактного взаимодействия элементов конструкций. / А.Н. Подгорный, П.П. Гонтаровский, Б.Н. Киркач и др. Ин-т проблем машиностроения. – Киев: Наук, думка, 1989.– 232 с.
11. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: Справочное пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. 512 с.

Надійшла до редакції 05.02.2015

О.І. Сергієнко, В.Д. Воробйов

Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОГО МАСИВУ

У даній статті розглянуто гірничо-геологічні умови формування викидонебезпечного масиву. Проаналізовані параметри напруженого стану, що формують порожнину викиду. Представлена математична модель для визначення напружено-деформованого стану викидонебезпечного масиву у місцях геологічних порушень. Пропонується метод відновлення тектонічного тиску в області геологічного порушення по амплітуді зсуву. Проведені чисельні дослідження напружено-деформованого стану викидонебезпечного масиву. Розглянута роль напружено-деформованого стану вуглепородного масиву у місцях тектонічних порушень на процес формування та протікання раптового викиду вугілля або порід.

Ключові слова: моделювання, раптовий викид, напружено-деформований стан, геологічне порушення, викидонебезпечний масив.

A.I.Sergienko, V.D. Vorobiov

Krasnoarmeysky industrial institute DonNTU

NUMERICAL MODELLING OF THE IS INTENSE-DEFORMED CONDITION EMISSION OF THE FILE OF MUCKS DANGEROUS ON EMISSION

In given article geological conditions of formation of an outburst-prone massif are considered. The parameters of an intense condition forming outburst cavity are analyses. The mathematical model for definition of the is intense-deformed condition of an outburst-prone massif in places of geologic failures is presented. The method of restoration of tectonic pressure in the field of geologic failure on amplitude of displacement Is offered. Numerical researches of the is intense-deformed condition of an outburst-prone massif are carried out. The role of the is intense-deformed condition coal and a rock mass in places of tectonic disturbances, and also its influence on process of formation and course of a sudden outburst of coal or soil is considered.

Keywords: modeling, the sudden emission, the is intense-deformed condition, the geological infringement, a dangerous array on emission.