

## **ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАВЛЕНИЯ, ОТ СТЕНОК ШПУРА, СОДЕРЖАЩЕГО НЕВЗРЫВЧАТЫЙ РАЗРУШАЮЩИЙ МАТЕРИАЛ, ВГЛУБЬ ПОРОДНОГО МАССИВА**

Наведені результати лабораторних досліджень особливостей невибухового навантаження порід, а також результати математичного моделювання процесу передачі напружень від стінок шпура вглиб масиву .

Приведены результаты лабораторных исследований особенностей невзрывного нагружения пород, а также результаты математического моделирования процесса передачи напряжений от стенок шпура вглубь массива.

The results of laboratory researches of features of non-explosive lading of rocks, and also results of mathematical design of process of transmission of tensions, are resulted from the walls of mining hole deep into array.

Анализ состояния современных горных выработок показывает, что потеря площади поперечного сечения для подготовительных выработок вне зоны влияния очистных работ превышает 30-40%, а на сопряжениях с очистным забоем – достигают 50-70%, что приводит к необходимости их перекрепления и ремонта. Применение более металлоемких конструкций крепей не позволяет решить указанную проблему. Это объясняется сложностью предотвращения и сдерживания развития вокруг выработок на современных глубинах зоны разрушенных пород (ЗРП).

Для сохранения устойчивости пород в пределах ЗРП был предложен способ, основанный на сжатии разрушенных горных пород при помощи саморасширяющихся составов [1]. Основным параметром предлагаемого способа обеспечения устойчивости выработок является расстояние между шпурами с распорными элементами. В качестве средства создания распора предлагается использовать невзрывчатый разрушающий материал НРВ-80, лабораторные исследования свойств которого [2, 3], позволяют определить давление, развиваемое данным составом при различных объемных деформациях.

В данной статье с целью определения зоны влияния одного распорного элемента ставится задача изучения закономерностей передачи давления от стенок шпура содержащего саморасширяющийся материал вглубь породного массива.

Существует аналитическое решение подобной задачи для исследования действия взрыва в грунте [4], однако его применение для рассматриваемого случая, на наш взгляд, не совсем корректно, что связано с разным механизмом

воздействия на массив, и, соответственно, разными причинами разрушения пород.

Для сравнения взрывного и невзрывного способов нагружения пород было проведено несколько опытов. В масштабе 1:5 моделировался массив пород, вмещающий шпур диаметром 43мм, содержащий на первом этапе патрон с ВВ, на втором – невзрывчатый разрушающий материал.

В первой серии опытов исследования проводились на гипсовых плитах размерами 240х240х60 мм с прочностью на одноосное сжатие 1,8 МПа. Общий вид плит после испытания приведен на рисунке 1.

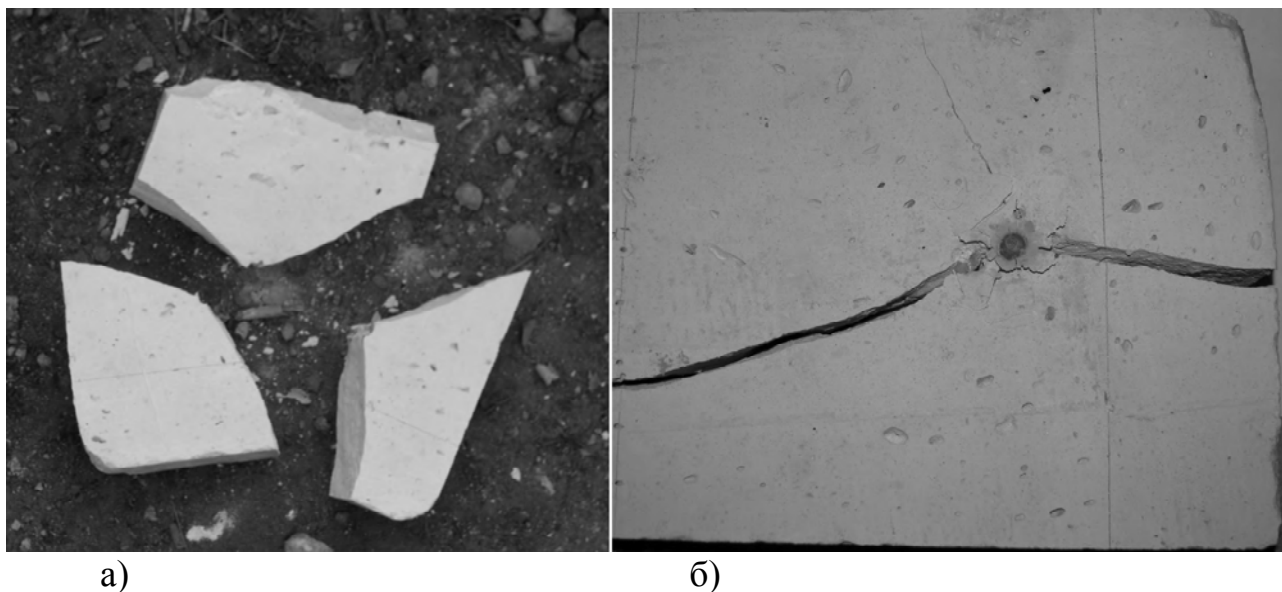


Рисунок 1 – Результаты разрушения плит из гипса  
а) при помощи ВВ;  
б) при помощи НРВ-80.

Анализ состояния поверхностей шпуров, после проведения экспериментов, показал, что при взрывном разрушении стенки шпура пересечены системой радиальных трещин, а при невзрывном – стенки практически гладкие. Таким образом, несмотря на наличие трех открытых поверхностей для испытываемых плит, очевидно вследствие динамического воздействия взрыва, околошпуровая область разрушается, в то время как при постепенном нагружении стенки шпура остаются неразрушенными. Состояние стенок шпуров после разрушения образцов приведено на рисунке 2.

Во второй серии опытов исследования проводились на образцах из глины, помещенных в пластиковые цилиндры. Влажность глины составляла 26%. Диаметр пластиковых цилиндров 70 мм для первого опыта и 175 мм для второго опыта. Общий вид образцов первого и второго опыта после проведения эксперимента приведен на рисунке 3 и 4 соответственно.

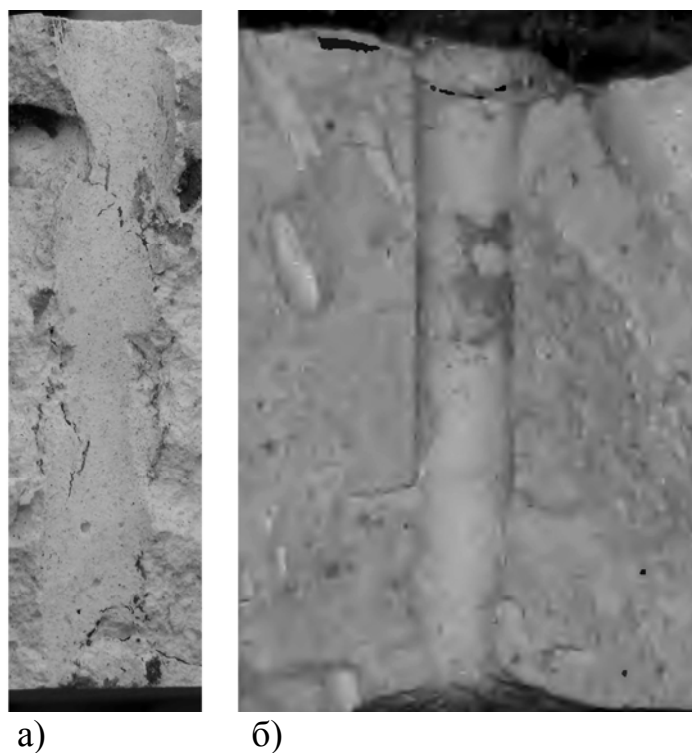


Рисунок 2 – Стенки шпуров после разрушения образцов  
а) при помощи ВВ;  
б) при помощи НРВ-80.

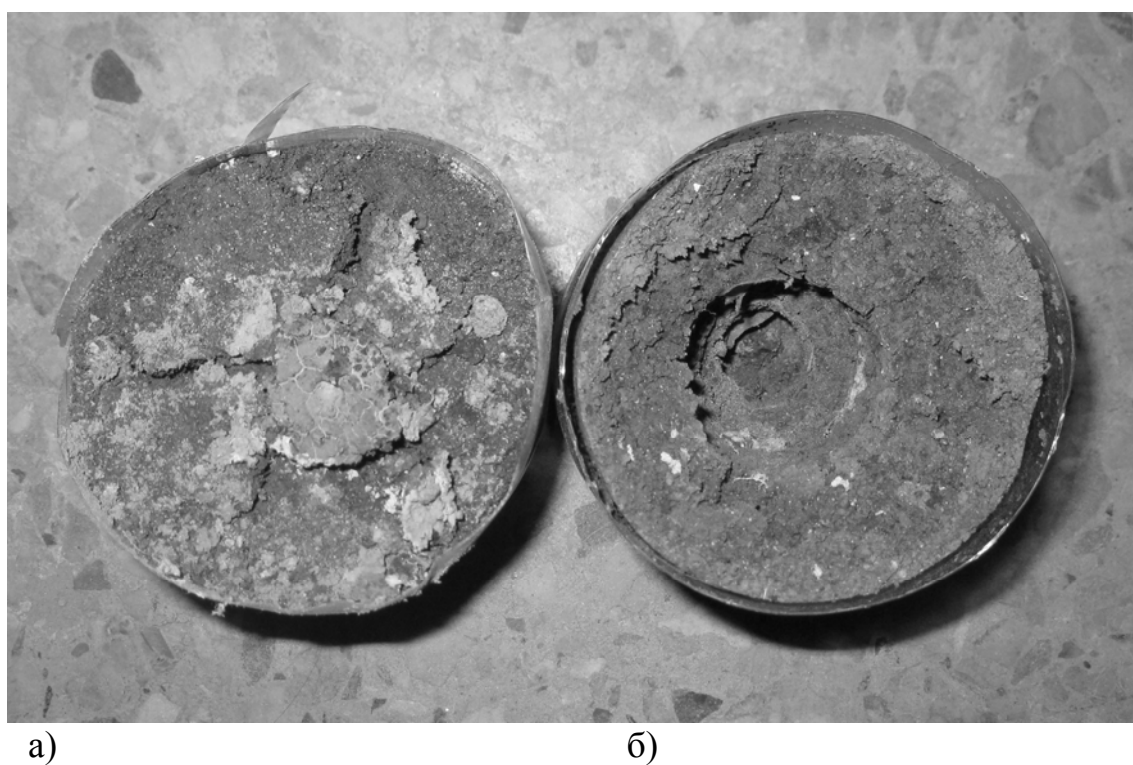


Рисунок 3 – Общий вид образцов после их нагружения (наружный диаметр 70мм)  
а) при помощи НРВ-80;  
б) при помощи ВВ.

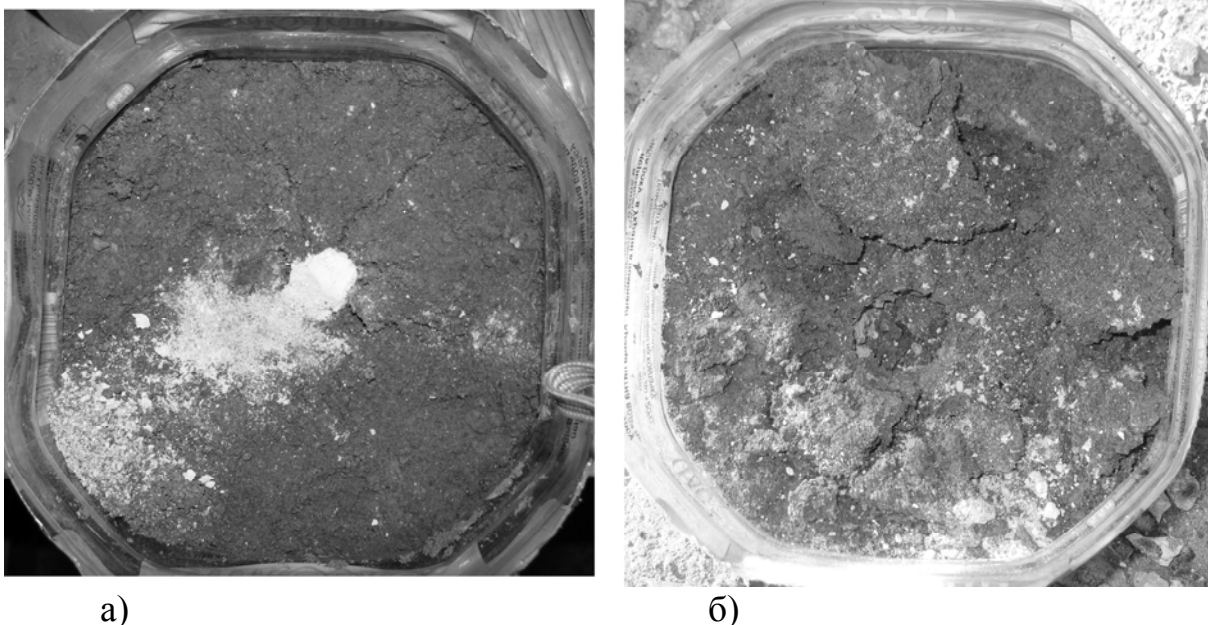


Рисунок 4 – Общий вид образцов после их нагружения (наружный диаметр 175мм)

а) при помощи НРВ-80;

б) при помощи ВВ.

Анализ представленных рисунков показывает, что в результате взрывания заряда ВВ, в глине образуется цилиндрическая полость диаметром 3,0-3,30 диаметра шпура, за пределами этой полости сплошность испытуемых образцов не нарушена; далее наблюдается зона уплотнения материала диаметром 4,7-4,9 диаметра шпура, то есть, можно утверждать, что зона влияния взрыва ограничивается 5 диаметрами шпура. Результаты моделирования удовлетворительно согласуются с данными полученными при взрывании камуфлетных зарядов в глине [5].

Результатом действия невзрывчатого разрушающего материала также является образование полости диаметром 2,8-3,2 диаметра шпура; однако за пределами этой полости образцы разбиты радиальными трещинами диаметром 6,2-8,0 диаметра шпура, а зона интенсивного уплотнения визуально не наблюдается.

Проведенные исследования показывают, что взрывное и невзрывное воздействие, даже при одинаковом результате, имеет различную природу и характер. При взрыве мгновенно высвобождается большое количество энергии, что приводит к импульсному воздействию на породы, в результате чего породы контура шпура, находящиеся на фронте ударной волны, разрушаются от мгновенного действия сжимающих напряжений, не успевая перераспределить давления от расширения взрывных газов вглубь массива, при этом область влияния взрыва небольшая, так как происходит интенсивное затухание ударной волны.

Передача давления от саморасширяющегося материала на вмещающий массив осуществляется постепенно: в массиве происходит перераспределение напряжений, и контур шпура успевает разгрузиться от повышенных сжимающих напряжений, в результате чего стенки шпура остаются практически ненарушенными, а вокруг шпура образуются сдвиговые трещины.

Таким образом, можно сделать вывод, что деформационные процессы, возникающие в массиве при расширении невзрывчатых разрушающих веществ, имеют различный механизм и свои особенности, по сравнению с процессами вызываемыми действием взрыва, что определяет различную область влияния шпуров, содержащих патрон с ВВ, и невзрывчатый разрушающий материал. Из сказанного следует, что задача определения особенностей передачи давления, от стенок шпура, вмещающего саморасширяющийся материал, вглубь породного массива является актуальной и требует решения.

Решение поставленной задачи проводилось методом конечных элементов с использованием программного комплекса ANSYS. Задача решалась в объемной постановке. В силу осесимметричности задачи моделировалась половина сечения вдоль вертикальной оси шпура. Моделирование производилось в масштабе 1:1.

Исходные данные для моделирования были взяты из кадастра физических свойств горных пород для условий Донецко-Макеевского угленосного района. Моделировался шпур с распорным элементом расположенный в алевролите с прочностью на одноосное сжатие – 35МПа. На внутреннюю поверхность моделируемого шпура прикладывалась распределенная нагрузка, соответствующая давлению от саморасширения НРВ-80.

Основные данные для моделирования сведены в таблицу 1. Задача решалась в два этапа - в упругой линейной постановке, и в нелинейной постановке с использованием критерия Кулона Мора.

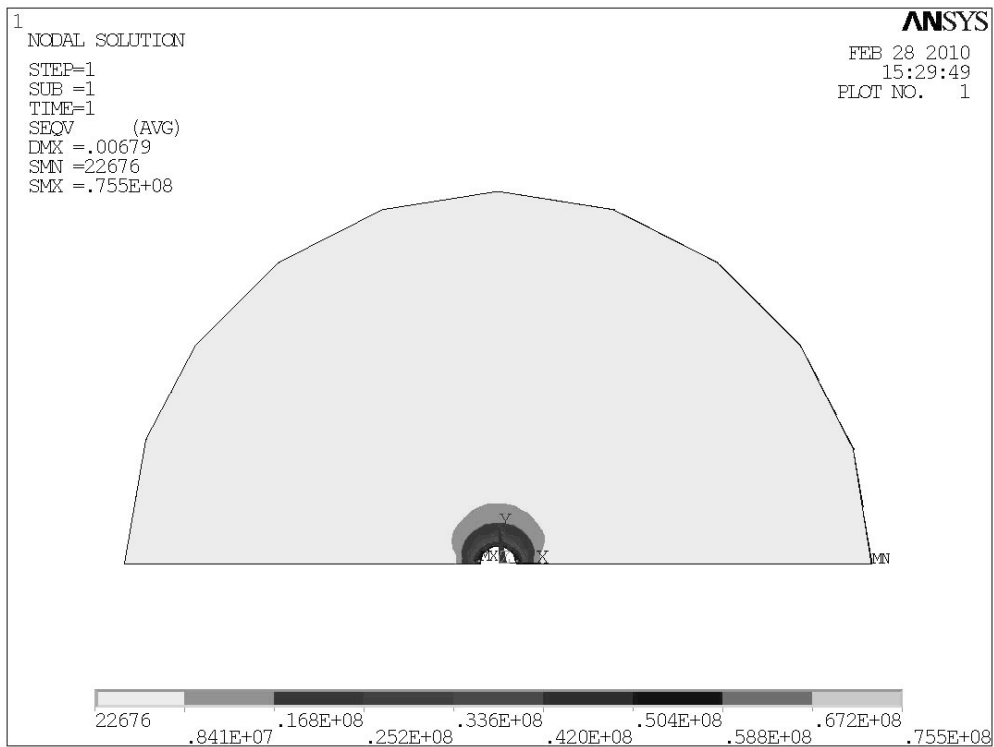
Таблица 1 Исходные данные для моделирования

№ п/п	Объемная масса $\gamma$ , кгс/м <sup>3</sup>	Модуль упругости E, кгс/см <sup>2</sup>	Угол внутреннего трения $\varphi$ , 25 град	Сцепление C, кгс/см <sup>2</sup>
1	2400	258000	25	95

Результаты моделирования в графическом виде приведены ниже. На рис. 5 приведены картины распределения эквивалентных напряжений рассчитанных по Мизесу, а на рис. 6 картины распределения общих смещений вокруг шпура.

Анализ приведенных картин распределения напряжений позволяет сделать вывод, что область влияния шпура при решении задачи в упругой постановке значительно меньше, чем при решении в нелинейной постановке. Смещения контура шпура, на 43% больше при нелинейном решении задачи. Очевидно, что нелинейное решение позволяет получить более точные результаты.

a)



б)

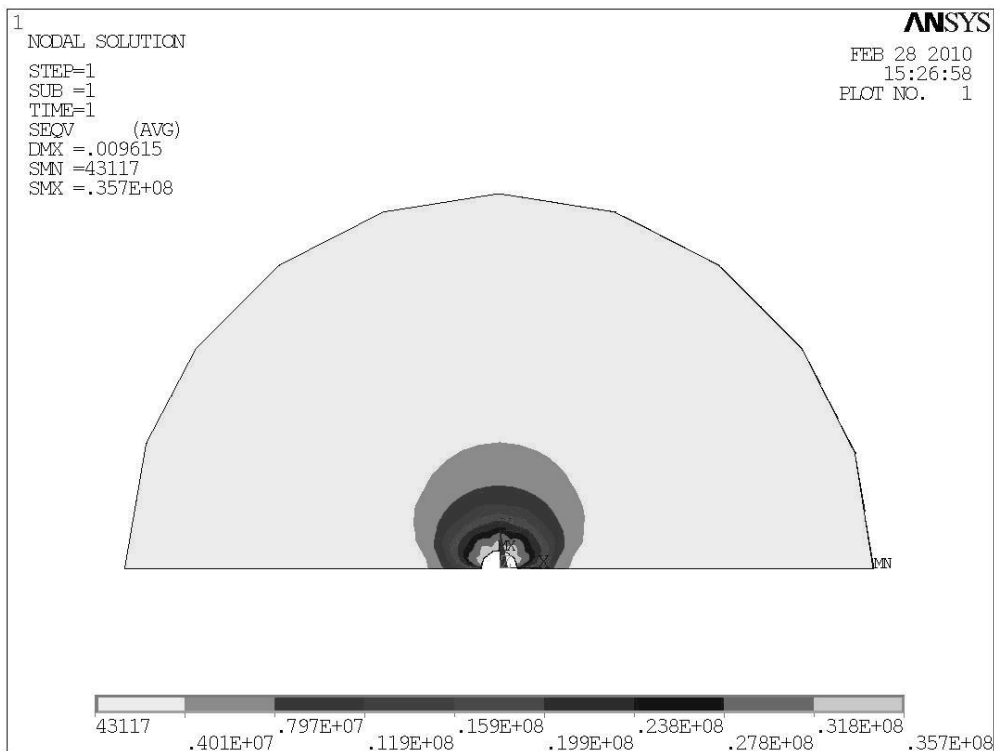
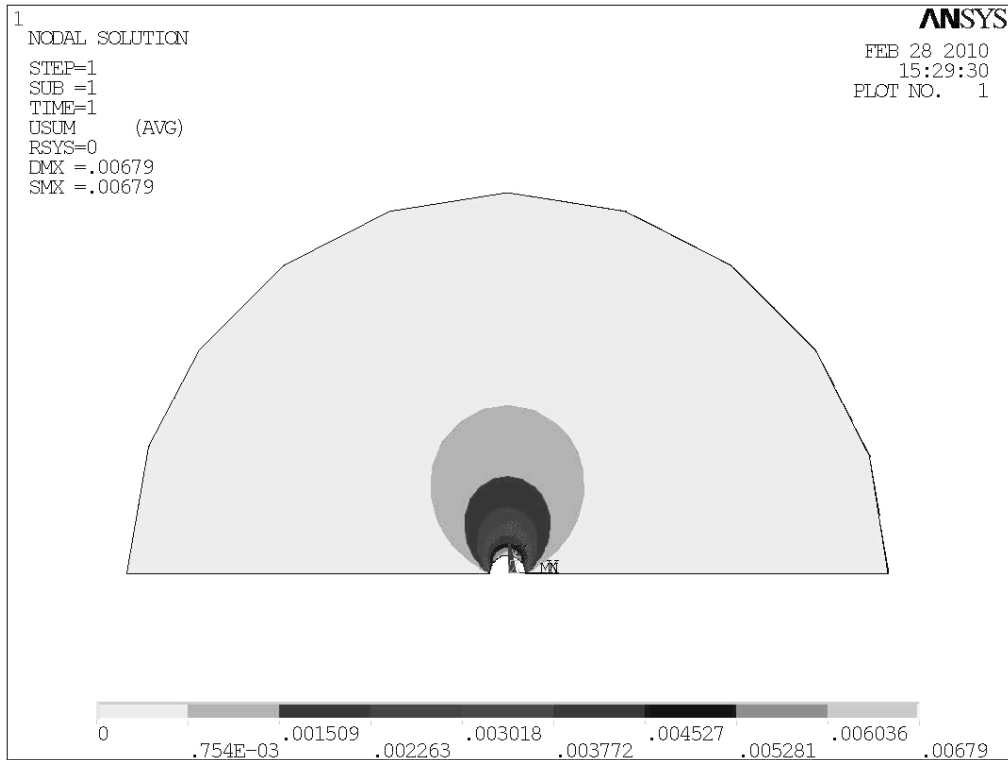


Рис. 5 – Картина распределения в модели эквивалентных напряжений по Мизесу

а) при упругой постановке задачи;

б) при нелинейной постановке с использованием критерия Кулона Мора.

a)



б)

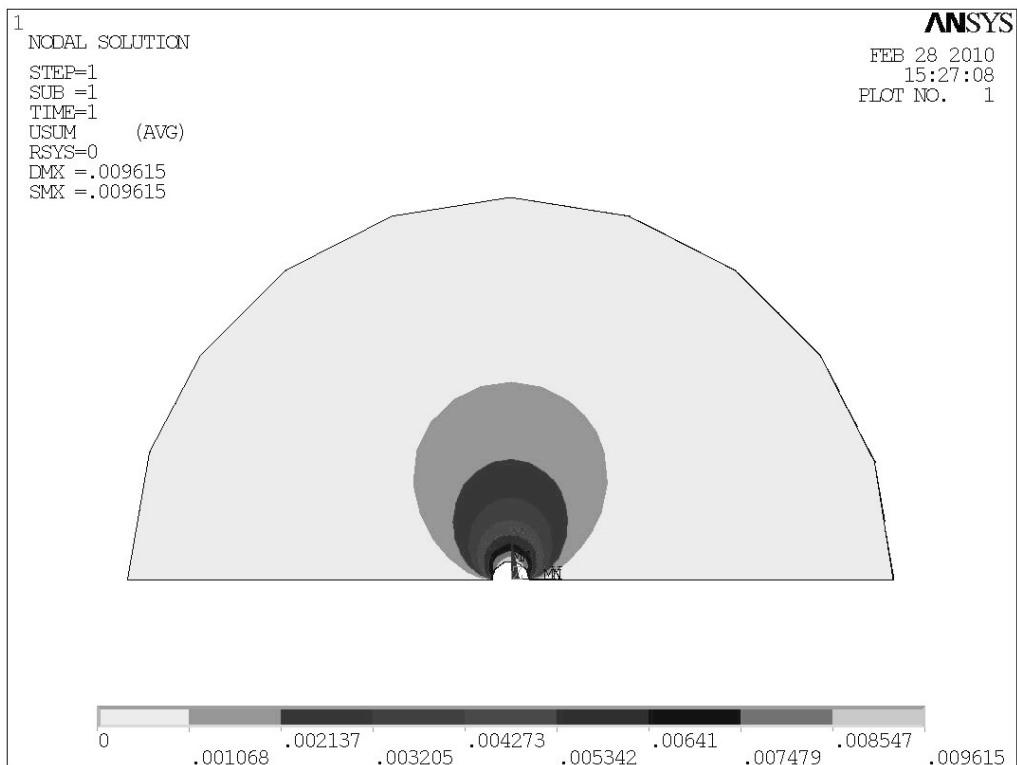


Рис. 6 – Распределение суммарных смещений в модели

а) при упругой постановке задачи;

б) при нелинейной постановке с использованием критерия Кулона Мора.

Для определения области эффективного влияния шпура с распорным элементом были построены кривые изменения эквивалентных напряжений по Мизесу  $\sigma_{экв}$ , МПа при удалении от стенок шпура на расстояние  $a$ , м, (рис. 7).

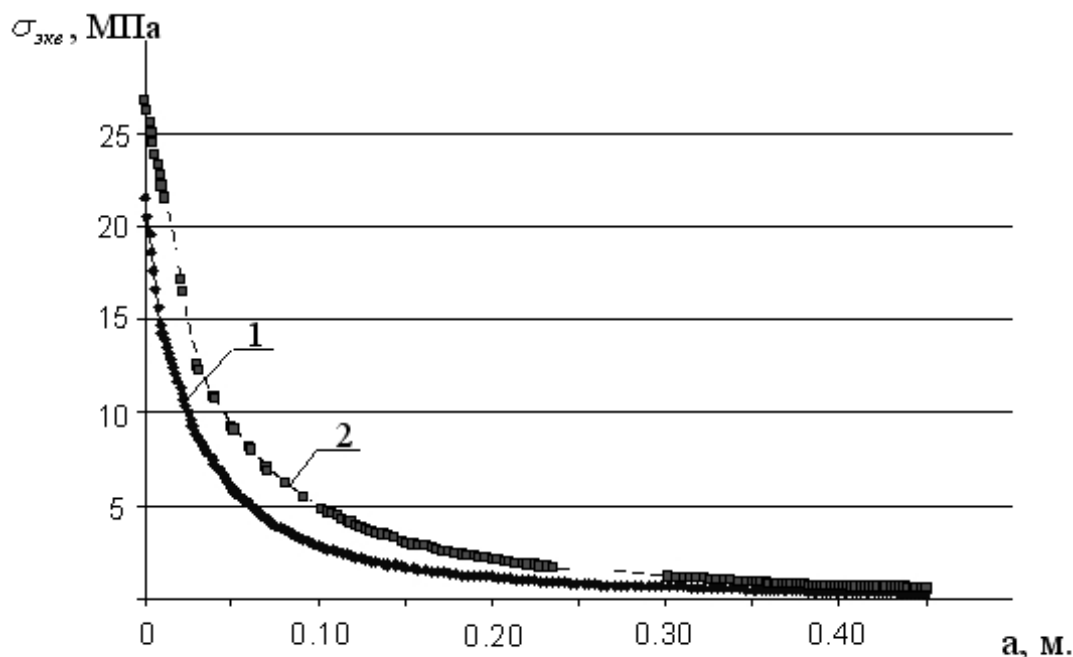


Рис 7. Графики, изменения эквивалентных напряжений по Мизесу  $\sigma_{экв}$ , МПа при удалении от стенок шпура на расстояние  $a$ , м  
1 – при линейной упругой постановке задачи;  
2 – при нелинейной постановке с использованием критерия Кулона Мора.

Обработка результатов моделирования позволила получить графики, характеризующие изменение коэффициента передачи давления через породный массив рис. 8. На рисунке 8 по оси абсцисс отложено отношение расстояния от центральной оси шпура  $R2$  к радиусу шпура  $R1$ , по оси ординат - отношение давления  $P2$ , возникающего на расстоянии  $R2$  к давлению  $P1$  на оказываемом НРВ на стенки шпура.

Задаваясь необходимым давлением на границе зон влияния соседних шпуров, например, 5% от давления на стенки шпура, пользуясь графиками, приведенными на рисунке 8, можем установить необходимое расстояние между шпурами для моделируемых пород. Указанное расстояние составит 0,4м и 0,6м при решении задачи в упругой линейной и в нелинейной постановке соответственно.

Анализ графиков позволяет сделать вывод, что коэффициент передачи давления снижается при удалении от стенок шпура вглубь массива по зависимости близкой к экспоненциальной.



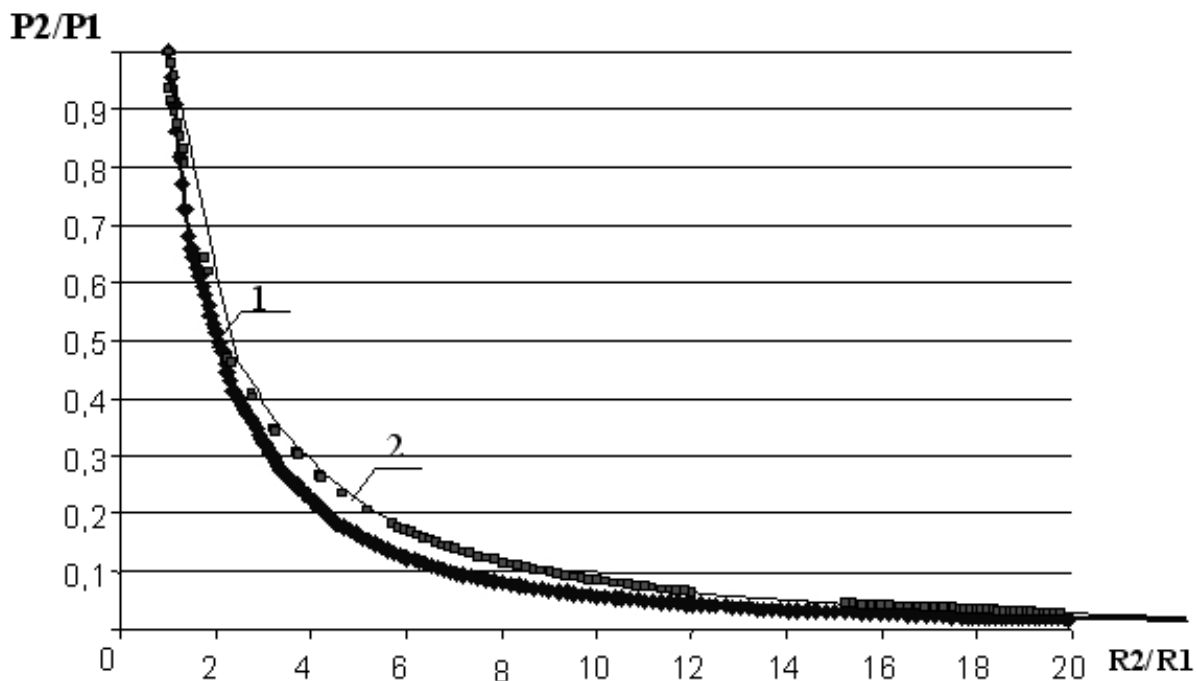


Рис 8. Графики, зависимости коэффициента передачи давления ( $P_2/P_1$ ) вглубь массива пород на расстояние  $R_2/R_1$

1 – при линейной упругой постановке задачи;

2 – при нелинейной постановке с использованием критерия Кулона Мора.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующие **выводы**: деформационные процессы, возникающие в массиве при расширении невзрывчатых разрушающих веществ, имеют различный механизм и свои особенности, по сравнению с процессами вызываемыми действием взрыва, что предопределяет различную область влияния шпуров, содержащих патрон с ВВ, и невзрывчатый разрушающий материал; коэффициент передачи нагрузки от распорного элемента расположенного в шпуре вглубь породного массива снижается по экспоненциальной зависимости при увеличении расстояния от центральной оси шпура. При этом зона эффективного влияния шпура расположенного в алевролите с прочностью на одноосное сжатие 30МПа и характерными свойствами для Донецко-Макеевского района составляет 0,4-0,6м.

#### Список литературы

1. Сахно И.Г., Петренко Ю.А., Овчаренко Н.А. Лабораторные исследования особенностей работы разрушенных горных пород при формировании из них несущей конструкции / Проблемы гірського тиску 2008, №16- С 70-81
2. Касьян Н.Н., Овчаренко Н.А., Сахно И.Г., Петренко Ю.А., Самусь О.Л. Лабораторные исследования работы невзрывчатых разрушающих веществ при упрочнении массивов разрушенных горных пород // Науковий вісник НГУ. 2008. - №8. - С. 50-52.

3. Касьян Н.Н., Сахно И.Г. Лабораторные исследование влияния компонентного состава НРВ-80 на его рабочую характеристику при укреплении вмещающего горные выработки массива // Вісник Криворізького технічного університету. 2009. - №23. - С. 31-34.

4 Физика взрыва / Ф.А. Баум, Л.П. Орленко, К.П. Станюкович и др. М.: Наука, 1975.

5 Сонин С.Д., Шейхет М.Н., Черняк И.Л. Борьба с пучением почвы горных выработок взрыванием камуфлетных зарядов // Шахтное строительство. - 1961. - №3. - С. 8-10.