

кровлей с помощью закладки выработанного пространства; б) регулирование процесса накопления и высвобождения упругой энергии через оптимизацию скорости подвигания забоя; в) при эксплуатации группы пластов мероприятия, связанные с использованием защитных пластов в восходящем, нисходящем и смешанном порядке обработки пластов в свите. Установлено, что эффективным методом снижения опасности возникновения горных ударов, как следствия притока энергии извне в призабойную зону и создания очагов концентрации упругих сил до критических уровней, является взрывная обработка угля и вмещающих пород в районе горных выработок зарядами камуфлетного, камуфлетно–отрясательного, камуфлетно–отбойного действия, торпедирования и др.

Литература

1. Chudek M. Geomechanika z podstawami ochrony srodowiska gorniczego i powierchi terenu / Chudek M. – Geivice: Wyd. Politechniki seaskiej, 2002. – 637 s.
2. Петухов И.М. и др. Расчётные методы в механике горных ударов и выбросов – М.: Недра, 1992. – 257 с.
3. Вовк О.А. Прогнозування гірських ударів і критеріїв оцінки ударнебезпеки / О.А. Вовк // Проблеми охорони праці в Україні: Збірник наукових праць. – К.: ДУ «ННДУПБОП», 2012. – Вип. 22. – С. 80 – 89.
4. Вовк О.А. Прогнозирование горных ударов на основе энергетического критерия // Уголь Украины, 2012, № 3. – С. 25 – 27.
5. Пособие для служб прогноза и предотвращения горных ударов на шахтах и рудниках. – М.: Недра, 1995. – 240 с.
6. Вовк А.А. Развитие энергетики в Украине с учётом техногенной и экологической безопасности / Вовк А.А., Демещук Л.И., Шульга Ю.И. – К.: ННИИПБОТ, 2011. - 220с.
7. Михалюк А.В. Торпедирование и импульсный гидроразрыв пласта / А.В. Михалюк. – К.: Наукова думка, 1986. – 208 с.
8. Вовк О.О., Исаенко В.М., Кравець В.Г., Вовк О.О.(мол.) Вплив підземних гірничих робіт на стан довкілля:[монографія] НПУ ім. М.П. Драгоманова. – К.: Вид – во НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2011. – 543 с.

УДК 622.02: 539.375

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ НЕВЗРЫВЧАТОЙ САМОРАСШИРЯЮЩЕЙСЯ СМЕСИ В ТВЕРДОЙ ФАЗЕ ПРИ ОБЪЕМНОМ НАГРУЖЕНИИ

¹Сахно И.Г., ²Молодецкий А.В., ³Исаенков А.А.

¹ Донецкий национальный технический университет, ² Институт физики горных процессов НАНУ, ³ Красноармейский индустриальный институт Донецкого национального технического университета

В статье приведены результаты лабораторных испытаний затвердевшего в условиях ограниченных перемещений образца невзрывчатой разрушающей смеси (НРС) в объемном поле напряжений. Экспериментально на (УНТС) определены

предельные напряжения и физико-механические свойства НРС в твердой фазе в условиях обобщенного сжатия.

Одним из условий эффективной и безопасной работы угольных шахт является обеспечение эксплуатационного состояния горных выработок. Известно, что наибольшие смещения наблюдаются в выработках попадающих в зону влияния очистных работ. В этом случае вокруг выработки интенсифицируется рост зоны разрушенных пород под влиянием опорного давления от приближающейся лавы.

Авторами разрабатывается ресурсосберегающая технология обеспечения устойчивости выработок, основанная на использовании собственной прочности горных пород в пределах зоны разрушения. Роль дополнительной крепи выполняет искусственно создаваемая из фрагментов пород между трещинами несущая конструкция, формирование которой обеспечивается путем увеличения сил трения между породными отдельностями, что достигается при помощи их силового распора невзрывчатыми разрушающими смесями [1].

Проведенные исследования [2] позволили установить зависимость давления саморасширения НРС от допустимых объемных деформаций, определяемых свойствами массива, величина развиваемых давлений является достаточной для формирования несущей конструкции в пределах зоны разрушенных пород. Однако после создания распора пород НРС представляет собой твердое тело и в случае разрушения он теряет свои свойства и не оказывает давления на стенки шпура. Поэтому важно, чтобы затвердевший в шпуре НРС не разрушался под действием напряжений возникающих в массиве.

До момента попадания подготовительной выработки в зону влияния лавы заряд НРС находится в условиях близких к обобщенному сжатию. При подходе лавы по мере роста опорного давления соотношение компонент напряжений в массиве вокруг шпура изменяется.

Авторами были промоделированы условия нахождения заряда НРС в шпуре. Учитывая современные глубины отработки пластов угля в Донбассе, и тенденции роста глубины разрабатываемых пластов при испытаниях моделировали напряженное состояние, соответствующее глубине 1200 м, которая является рабочей на ближайшую перспективу (20-25 лет). Испытание образцов НРС в объемном поле напряжений проводили на установке неравнокомпонентного трехосного сжатия (УНТС) после их твердения в условиях ограничения перемещений по всем осям, в возрасте 24 часа. Исследования на УНТС [3], позволяют определять физико-механические свойства твердых тел в различных видах объемных напря-

женных состояний и контролировать процесс деформирования и разрушения. Моделировалось напряженное состояние обобщенное сжатие $\mu_\sigma = -1$: где μ_σ параметр Надаи-Лоде

$$\mu_\sigma = 2 \left(\frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3} \right) - 1$$

где $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные напряжения.

Данная программа нагружения была реализована следующим образом. Помещенный в рабочую камеру образец равномерно нагружался по трем осям до заданного уровня, контролируемого по показаниям манометров. Главные напряжения принимали $\sigma_2 = \sigma_3 = \text{const}$. Главное преобладающее напряжение σ_1 увеличивали до тех пор, пока образец не разрушится.

Физически это соответствовало работе заряда НРС в массиве в шпуре в зоне нарастающего опорного давления от движущегося очистного забоя. Смещение граней образца фиксировалось электронной измерительной аппаратурой с точностью 0,01 мм. Разрушение образца фиксировалось по спаду наибольшего напряжения и появлению деформаций растяжения. Частота измерений - 2 в секунду.

Для анализа полученных экспериментальных данных, определения физико-механических свойств НРС рассчитывались тензоры напряжений и деформаций, объемная деформация, средние напряжения, средние деформации, девиаторы напряжений и деформаций, модуль деформации, коэффициент поперечной деформации (Пуассона), энергия изменения объема и энергии формоизменения.

Результаты приведены в виде графиков на рис. 1-6. Из графиков видно, что предельные средние напряжения составляют 46,5 МПа, что соответствует тензору напряжения $z = 108$ МПа, $x=y=15$ МПа. Объемные деформации при этом составляют 0,015, коэффициент поперечной деформации 0,46, полная энергия деформирования 2,11 МДж/м³. При средних напряжениях 40 МПа наблюдается изменение угла наклона кривой «нагрузка-деформация» (рис. 1), что вероятно означает переход из упругой стадии деформирования в пластическую. Далее можно выделить площадку текучести, после чего наблюдается разрушение образца, сопровождающееся падением напряжений и ростом деформаций. Модуль деформации НРС не является константой и изменяется до предела прочности от 57 ГПа до 1 ГПа, в пределе упругости составляет 4 ГПа, это состояние соответствует тензору напряжения $z = 84$ МПа, $x=y=15$ МПа. При этом объемные дефор-

мации составляют 0,0007, коэффициент поперечной деформации достигает максимума и составляет 0,491, полная энергия деформирования 0,33 МДж/м³.

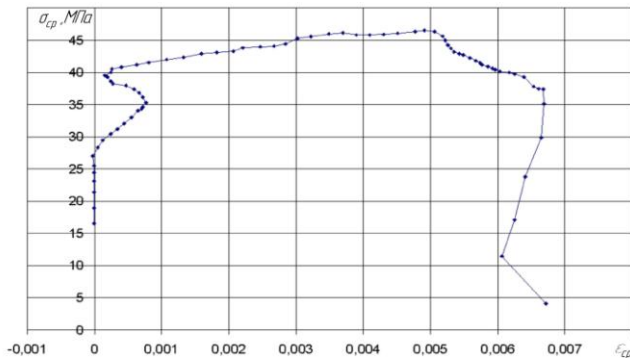


Рис. 1 Зависимость сжимающего среднего напряжения образца НРС от средних деформации

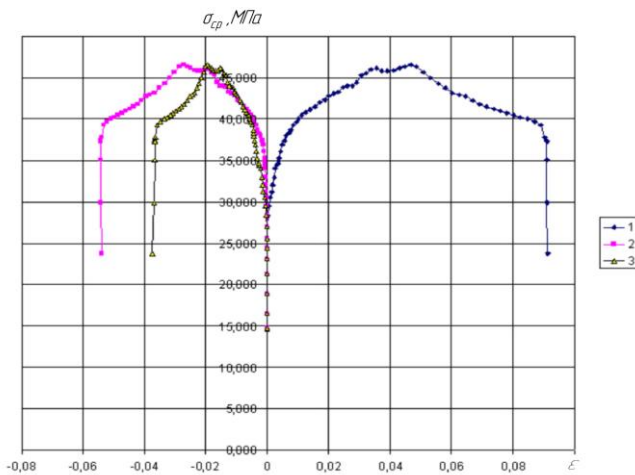


Рис. 2. Зависимость среднего напряжения образца НРС от девиатора деформаций

1 - девиатор деформации ϵ_Z ; 2 - девиатор деформации ϵ_X ;
3 - девиатор деформации ϵ_Y .

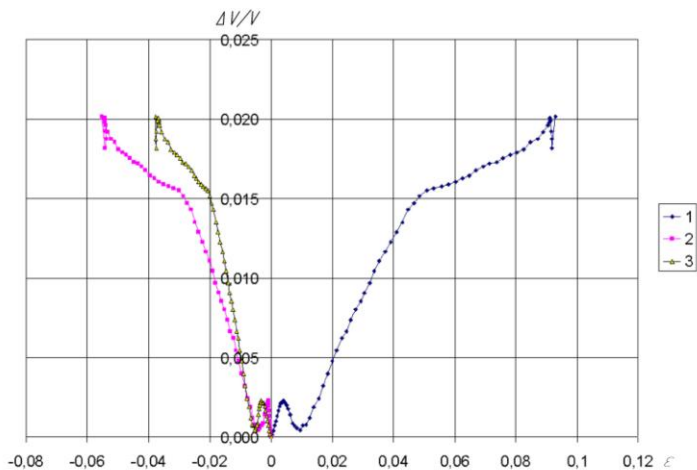


Рис. 3 – Зависимость объемной деформации образца от девиатора деформаций
 1 - девиатор деформации ϵ_Z ; 2 - девиатор деформации ϵ_X ;
 3 - девиатор деформации ϵ_Y .

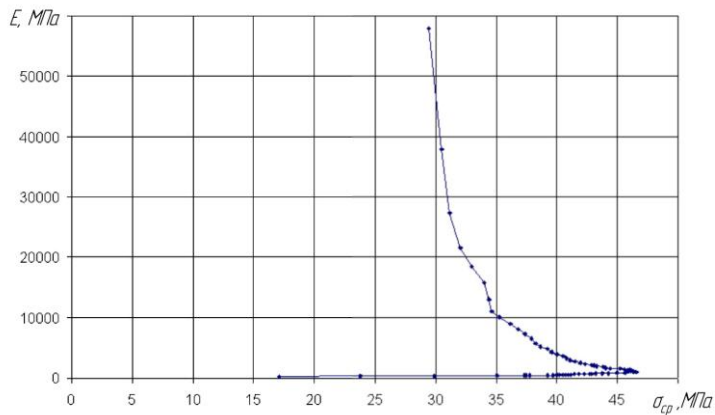


Рис. 4 – Зависимость модуля деформации образца НРС от средних напряжений

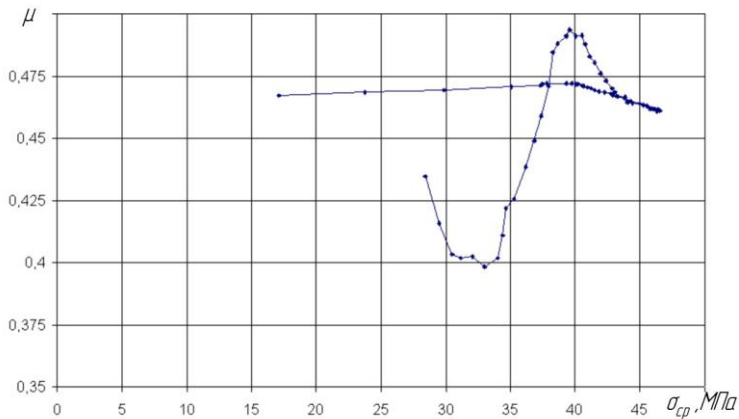


Рис. 5. Зависимость коэффициента поперечной деформации образца НРС от средних напряжений

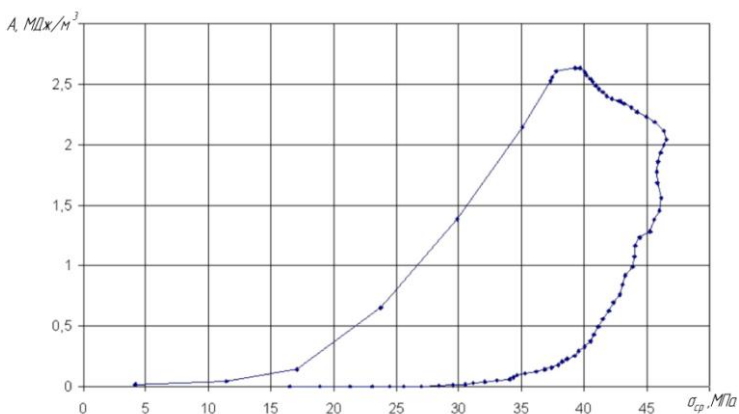


Рис. 6. Зависимость общей энергии деформирования образца НРС от средних напряжений

Таким образом, коэффициент концентрации максимального главного напряжения для предельного состояния составил 7,2, а для предела упругости 5,6. Исследования проф. Борисова [4] показывают, что предельный коэффициент концентрации напряжений в зоне опорного давления

лавы составляет 5,0, таким образом, при глубине разработки 1200 м, разрушение заряда НРС в шпуре не произойдет.

Выводы. Для оценки возможности применения способа обеспечения устойчивости выработки с помощью силового распора пород в условиях нарастающего опорного давления проведены испытания затвердевшего образца НРС в поле напряжений близком к формируемому вблизи шпура в массиве на глубине 1200 м. Показано, что разрушение образца происходит при напряженном состоянии, соответствующему тензору напряжения $z = 108$ МПа, $x=y=15$ МПа, то есть при коэффициенте концентрации максимального главного напряжения 7,2. Переход из упругой в стадию пластических деформаций наблюдается при тензоре напряжения $z = 84$ МПа, $x=y=15$ МПа. Проведенные исследования позволили экспериментально установить физико-механические свойства НРС в твердой фазе в условиях обобщенного сжатия.

Литература

1. Касьян Н.Н, Сахно И.Г. Способ обеспечения устойчивости горных выработок в условиях неустойчивых пород / Известия ТулГУ. Науки о земле. Вып.1. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011 - С.294-300.
2. Сахно И.Г. Лабораторные исследования особенностей работы невзрывчатых разрушающих веществ при фиксированном сопротивлении их объемному расширению / И.Г. Сахно // Проблеми гірського тиску. – Донецк: ДонНТУ, 2010. - №18. С. 132-146.
3. Алексеев, А.Д. Экспериментальная техника для исследования предельных состояний горных пород / А.Д. Алексеев, Г.П. Стариков, Т.П. Асеева, А.Ф. Морозов // Физика и техника высоких давлений. - 1993. - Т.3. - №3. – С. 135-145.
4. Борисов, А.А. Механика горных пород и массивов / А.А. Борисов. – М.: Недра, 1980. – 360 с.

УДК: 504.062.2.:662.997

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛИНО-ГРАФИТНОЙ СМЕСИ ДЛЯ ТЕПЛОПРОВОДЯЩИХ АНКЕРОВ

Завьялова Е.Л., Шипика А.С., Скринецкая И.В.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина

Исследована зависимость коэффициента теплопроводности глино-графитной смеси от ее состава для подтверждения возможности применения этой смеси в качестве теплопроводящего состава. Увеличение теплоотдачи породного массива при использовании глино-графитной смеси позволит повысить эффективность работы теплопроводящих анкеров.

Экономическое развитие государства обязательно должно сопровождаться сохранением и восстановлением окружающей среды, в противном же случае под угрозой ставится жизнедеятельность общества в целом, и