

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ САМОРАСКЛИНИВАНИЯ ПОРОД

**к.т.в. Александров С.Н. (ДонНТУ), Красько Н.И. (ДУНІГО)**

Эффект саморасклинивания вмещающих выработку пород был установлен ранее по результатам натуральных наблюдений и математического моделирования методом конечных элементов [1, 2]. Для повышения достоверности результатов исследований вышеуказанные эксперименты были дополнены специальными измерениями дополнительных напряжений, возникающих при интенсивном деформировании модельной выработки, результаты которых приведены в данной работе. Для этих целей применялось физическое моделирование на эквивалентных материалах по методике проф. Кузнецова.

Модель из парафино-канифольно-песчаной смеси закатывали в стенде размерами 740×800×160 мм (рис. 1). Геометрический масштаб моделирования принимали равным 1:50. Моделируемая толща осадочных пород принималась эквивалентной песчанику, алевролиту и аргиллиту с пределом прочности пород на одноосное сжатие в пересчете на натуру – 60, 50, 30 МПа соответственно. С учетом геометрического подобия и масштабного коэффициента, учитывающего ослабления пород в массиве за счет естественной трещиноватости, прочность соответствующих эквивалентных пород в модели составила 0,18, 0,15 и 0,09 МПа. Такие механические характеристики модели обеспечивали путем подбора канифоли в пределах 0,652, 0,620 и 0,565% при постоянном количестве парафина – 0,27%. Таким образом, канифоль имитировала хрупкие, а парафин – пластические свойства пород эквивалентов. Для обеспечения достаточной достоверности результатов моделирования были произведены испытания образцов из эквивалентного материала модели на одноосное сжатие с помощью специальной установки, работающей в режиме заданных деформаций.

Для измерения напряжений в моделируемом массиве пород применялись тензометрические датчики 2ФКПА-10-200ГВ и тензометрический мост ЦТМ-5. Датчики предварительно проверялись и тарировались специалистами ДонУГИ. Всего было установлено 16 датчиков нормального давления на трех уровнях относительно выработки: в почве, в кровле и на расстоянии ширины выработки над ее сводом (см. рис. 1). Таким образом, датчики дали возможность контролировать нормальные к напластованию напряжения в 16 точках, окружающих выработку.

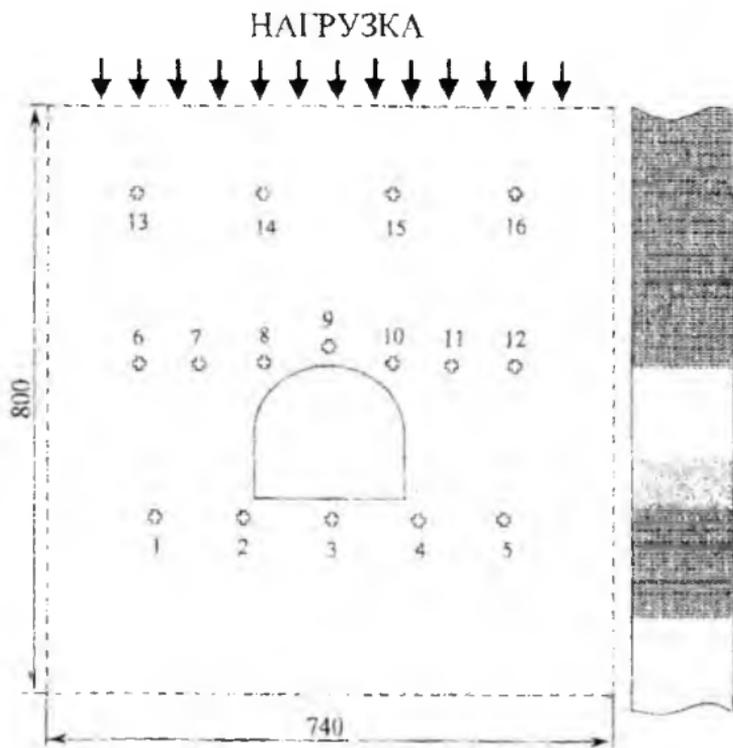


Рис. 1. Схема физической модели с номерами и местом расположения тензодатчиков.

Методика испытания модели была следующей. Вначале вмещающие выработку породы доводились до начала разрушения, которое было зафиксировано в кровле и почве выработки визуально подбором нагрузки, соответствующей глубине 400 м в натуре. Затем модель пригружалась двумя дополнительными последовательными ступенями граничной нагрузки (0,434 и 0,634 бар). Такая пригрузка имитировала активное воздействие очистных работ, например при надработке выработки. Для четкого выделения перераспределений напряжений, сопровождающих эффект саморасклинивания пород измерялись их дополнительные величины. В процессе упругого (допредельного) деформирования напряжения во вмещающих породах увеличивались равномерно. Однако после начала развития зоны разрушений прирост напряжений потерял свою равномерность.

На рис. 2, 3, 4, 5 показана динамика перераспределения вертикальной компоненты горного давления в окрестности штрека по мере его пригрузки. При этом отчетливо видно, что в правом

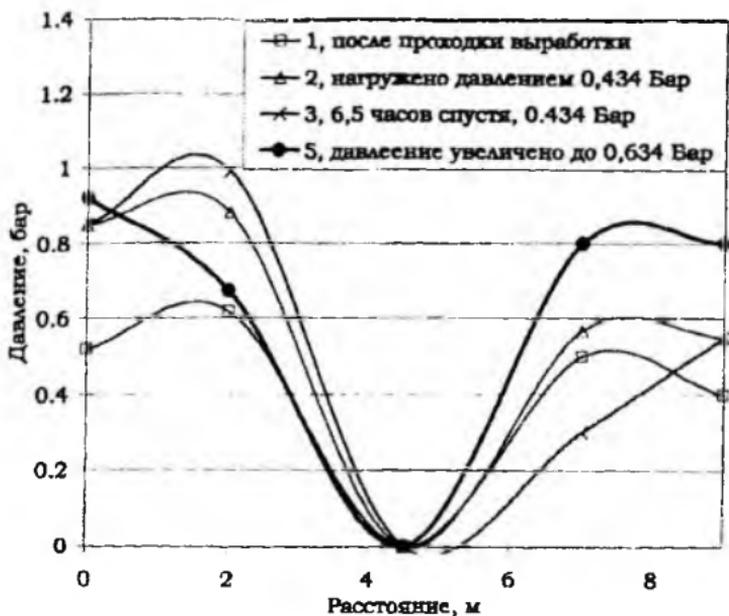


Рис. 2. Перераспределение давления на уровне почвы выработки.

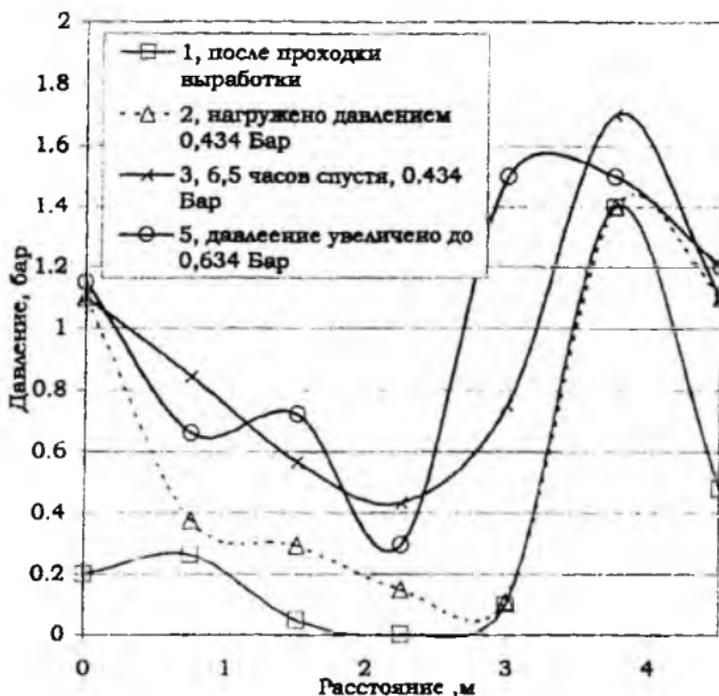


Рис. 3. Перераспределение давления на уровне кровли выработки.

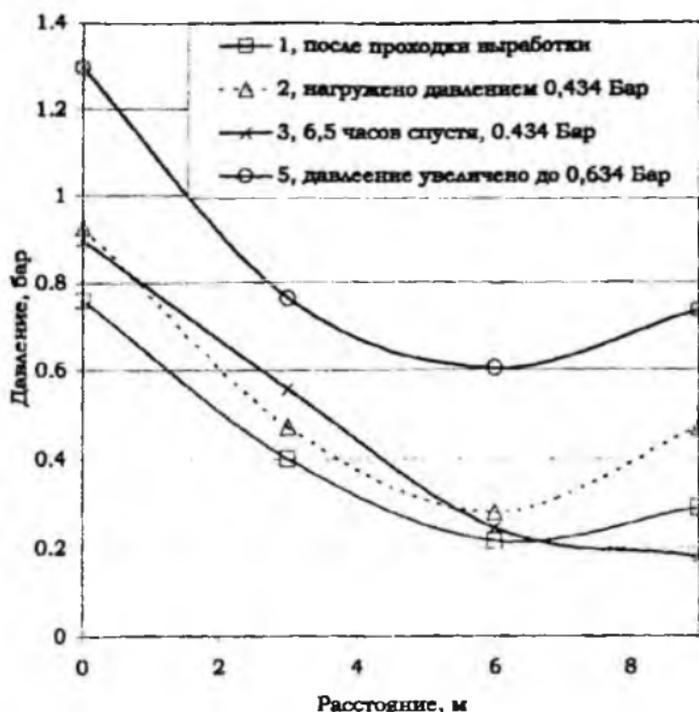


Рис. 4. Перераспределение давления над выработкой.

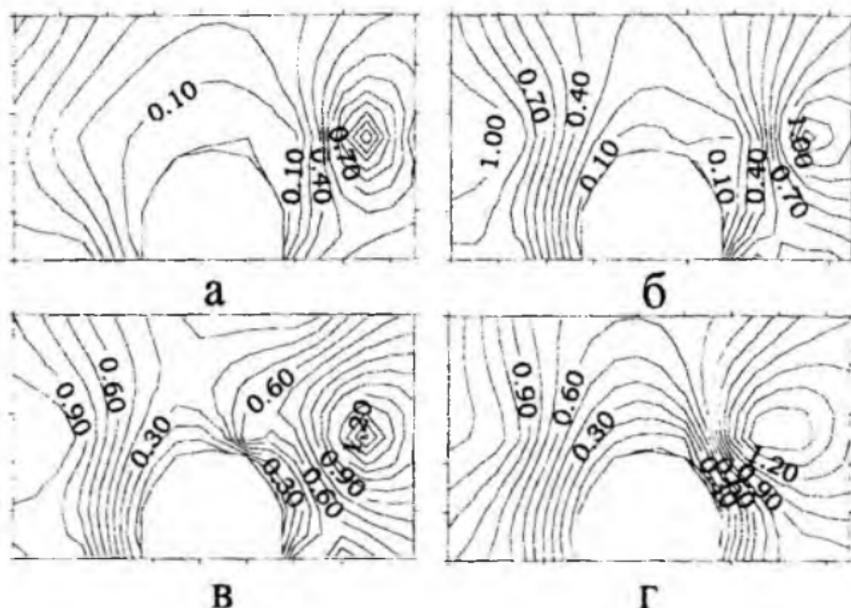


Рис. 5. Динамика перераспределения вертикальной компоненты горного давления вокруг подготовительной выработки.

боку выработки давление концентрируется сильнее (1,6 бар против 1,1 бар на уровне кровли выработки - рис. 3). На уровне почвы происходит резкое перераспределение давления из-за возникновения зоны запредельного состояния, в результате чего кривая распределения давления меняет вогнутую форму на выпуклую (рис. 2).

Более наглядно перераспределение давления видно на сводном рисунке (см. рис. 5), где дано сравнительное сопоставление пространственных распределений во времени. Хорошо заметно, что сначала формируется концентрация повышенных давлений в правом боку выработки на уровне ее кровли (рис. 5, а). После этого происходит накопление давления в левом боку (рис. 5, б). Затем в правом боку изолинии претерпевают искажения и область повышенного давления вытягивается в направлении контура выработки, что свидетельствует о восстановлении эффекта саморасклинивания ранее разрушенных пород практически на контуре выработки (рис. 5, в - в правом верхнем углу сечения выработки). Однако этот эффект долго не сохраняется и релаксирует на четвертом этапе испытаний (рис. 5, г).

При этом важно отметить явный поочередный характер локальных изменений напряженного состояния вокруг выработки. Как правило, существенные изменения напряженного состояния реализуются по очереди на локальных участках породной толщи, примыкающей к контуру выработки. При этом, на симметричных участках массива (по отношению к сечению выработки) соответствующие приращения давления отличались в 2-3 раза. Это может быть объяснено только периодическим возникновением эффекта саморасклинивания пород на отдельных участках массива. Причем, эффект чередуется с локальными разгрузками во времени и пространстве.

Достоверность данного вывода не ниже 95%, поскольку погрешность измерений напряжений данными датчиками по результатам их тарировки не превышала  $\pm 0,15$  бар (10-13% от максимального регистрируемого значения) при доверительном интервале 90%.

Таким образом, на модели из эквивалентных материалов экспериментально показано, что ранее установленный эффект саморасклинивания вмещающих пород подготовительную выработку пород действительно сопровождается повышением напряжений в месте расклинивания пород, по крайней мере, в 2 раза. Данный вывод является весьма важным для анализа под новым углом зрения эволюции напряженно-деформированного состояния массива вокруг выработки с целью грамотного распределения усилий на обеспечение устойчивости выработок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nazimko V.V., Peng S.S., Lapteev A.A., Alexandrov S.N., Sazhnev V.P. Damage mechanics around a tunnel due to incremental ground pressure // 36th U.S. Rock Mechanics Symposium, - 1997. - J. Rock Mech. & Min. Sci. 34:3-4, Paper No. 222.
2. Сажнев В.П., Лаптеев А.А., Александров С.Н., Назимко В.В. Численное моделирование увеличения несущей способности вмещающих выработку пород за счет эффекта их саморасклинивания // Известия донецкого горного института. - 1996. - №2. - С. 67-70.