

**ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ПУЧЕНИЯ ПОРОД ПОЧВЫ
ВЫРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ПОВТОРНОГО НАРУШЕНИЯ
РАВНОВЕСНОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «ЗОНА РАЗРУШЕННЫХ
ПОРОД - МАССИВ»**

Наведені результати лабораторних досліджень передачі тиску від фронту зони зруйнованих порід на контур виробки в умовах повторного порушення рівноваги системи «зона зруйнованих порід – суцільний масив».

Одним из наиболее распространенных проявлений горного давления в горных выработках угольных шахт является пучение пород почвы. Около 70% выработок, требующих ремонта, подвержено этому явлению.

Пучение пород почвы наблюдается на всех этапах существования выработки и происходит с различной интенсивностью. Особенностью этого сложного процесса является то, что его природа зависит от горно-геологических условий, в которых он происходит. Именно поэтому, на наш взгляд, до сих пор нет единой теории, описывающей и объясняющей в полной мере процесс пучения.

Причинами, вызывающими пучение, в основном называют: набухание пород, выпирание пород как из-под штампа, переход пород в пластическое (и вязко пластическое) состояние, ползучесть пород, разрушение и выдавливание разрушенных пород, а также сочетания этих факторов. Однако основным фактором, вызывающим пучение пород, несомненно, является изменение поля напряжений вокруг горной выработки.

Отличие механизма пучения в разных условиях требует применения различных способов борьбы с этим явлением. Для условий Донбасса наиболее близко подходит представление о механизме пучения высказанное А.А. Пирским и С.Н. Стовпником [1]. На основании шахтных инструментальных наблюдений авторы установили, что деформирование пород почвы сопровождается складкообразованием с неравномерным разрыхлением слоя толщиной 4 м по ширине сечения и в глубину почвы. Исследователи выделили две характерные зоны – до глубины 3 м и более 3 м. В первой зоне происходит складкообразование, а во второй вертикальное разрыхление пород. Гипотезу складкообразования также поддерживают Ю.А. Петренко, Н.Н. Касьян [2], Л.В. Пихконен [3]. Характерно, что после развития складки происходит дальнейшее разрушение пород, а после стабилизации роста зоны разрушения в условиях больших глубин породы почвы представляют собой дискретный массив.

¹ КН ДонНТУ

Существующие в настоящее время способы борьбы с пучением применяются в основном на этапе проведения выработки. В то время как вопрос исследования механизма пучения пород почвы выработки, в условиях повторного нарушения равновесного состояния системы «зона разрушенных пород – нетронутый массив», остается практически не изученным.

Перемещения пород в пределах зоны разрушенных пород в направлении выработки происходят по примерно одинаково ориентированным плоскостям скольжения, угол наклона которых определяется литотипом пород, их свойствами. Как правило, эти плоскости скольжения связывают с линиями сдвига и углом внутреннего трения. Следует отметить, что выделяют статический и динамический угол трения, а также что этот угол зависит от граничных условий в частности жесткости боковых граней рассматриваемого единичного объема пород.

Состояние предельного равновесия в точке сыпучего тела наступает в тех двух площадках, проходящих через эту точку, которые соответствуют наибольшему углу отклонения $\delta_{\max} = \varphi$. Эти площадки расположены симметрично по отношению к направлению действия главных напряжений (с учетом давления связности) в данной точке и составляют друг с другом углы $90^\circ \pm \varphi$. Эти площадки являются площадками скольжения. Если во всех точках сыпучего тела, образующих некоторую поверхность, наступает состояние предельного равновесия, то эта поверхность называется поверхностью скольжения.

Если состояние предельного равновесия наступает во всех точках какого-либо объема сыпучего тела, то такое состояние мы будем называть, предельным напряженным состоянием. При этом в данном объеме сыпучего тела возникает бесчисленное множество поверхностей скольжения.

В каждой точке любого напряженного тела, в том числе и сыпучего тела, касательные напряжения достигают своего наибольшего значения по площадкам, составляющим с главными площадками углы, равные 45° . В твердых телах по этим площадкам произойдет сдвиг в случае, если касательные напряжения превзойдут определенный предел. В сыпучих же телах, у которых сопротивление сдвигу определяется не только величиной внешнего трения, но и величиной действующего по данной площадке нормального сжимающего напряжения, опасными в отношении сдвига будут не те площадки, по которым действуют наибольшие по абсолютной величине касательные напряжения, а те, для которых отношение $|\tau| / \sigma'$, являющееся тангенсом угла отклонения приведенного напряжения (с учетом давления связности) от нормали, окажется наибольшим. Сдвиг произойдет в том случае, когда указанный угол достигнет величины угла внутреннего трения.

Таким образом, из вышесказанного ясно, что повысить устойчивость дискретного материала можно путем уменьшения касательных напряжений на площадке сдвига, что приведет к уменьшению угла отклонения приведенного напряжения и недопущения возникновения сдвига по площадке.

Для исследования был выбран метод физического моделирования. Решение поставленной задачи проводилось методом физического моделирования. Исследование проводилось на структурных моделях.

Моделировался массив пород, вмещающий горную выработку. Задача решалась в плоской постановке. При моделировании соблюдалось геометрическое подобие. Масштаб моделирования 1:30.

Исследовалась закономерность изменения передачи нагрузки через дискретную среду при наличии искусственных плоскостей скольжения. Для моделирования был изготовлен специальный стенд, представляющий собой деревянную раму (1) в форме прямоугольника с задней глухой и передней прозрачной стенками. С одной стороны модели по контуру располагалась камера №1 (2), которая была предназначена для контроля пригрузки модели, которая имитировала давления, возникающие от роста зоны разрушения. По контуру модели с противоположной стороны располагалась камера №2 (3) – предназначенная для определения давлений передаваемых через дискретную среду, и позволяющая фиксировать давления на уровне выработки. В центре модели располагалась камера №3 (4), имитирующая горную выработку и позволяющая фиксировать давления на ее контуре. В качестве дискретных элементов (5) использовались пластиковые пустотелые шарики и керамзит. Упрочненную область имитировали отрезками плотного картона (6). Принципиальная схема модели представлена на рисунке 1.

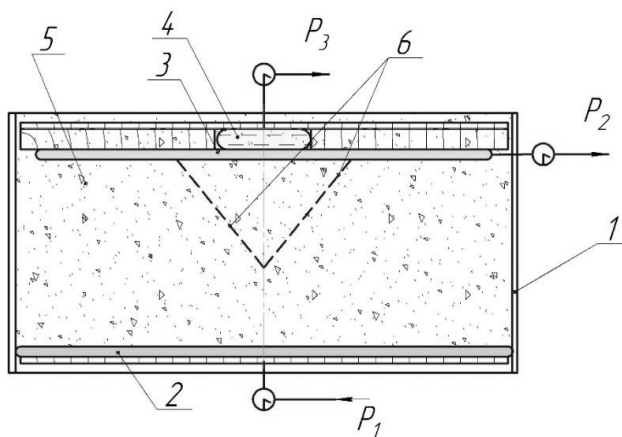


Рисунок 1 Принципиальная схема модели

Перед экспериментом шарики укладывались в модель. После этого давление в камере №1 (2) пошагово повышалось, на каждом шаге производилась фиксация давления в камерах №2 (3) и №3 (4). После достижения предельного давления в камере №1, производилась пошаговая разгрузка модели, с фиксацией

показаний обеих шкал. Было проведено несколько серий опытов, которые отличались между собой схемой расположения плоскостей скольжения, а также дискретным материалом.

Схемы моделей с расположением плоскостей скольжения приведены на рисунке 2. Модель 1 являлась базовой без плоскостей скольжения.

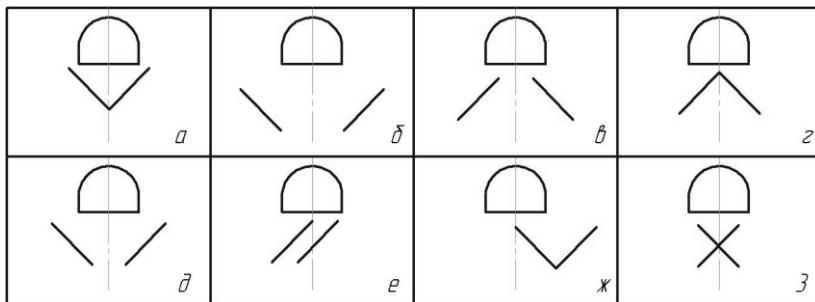


Рисунок 2 Схемы модели с плоскостями скольжения а, б, в, г, д, е, ж, з, соответственно модели 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

На основании полученных результатов исследований были построены графики представленные на рисунках 3-5.

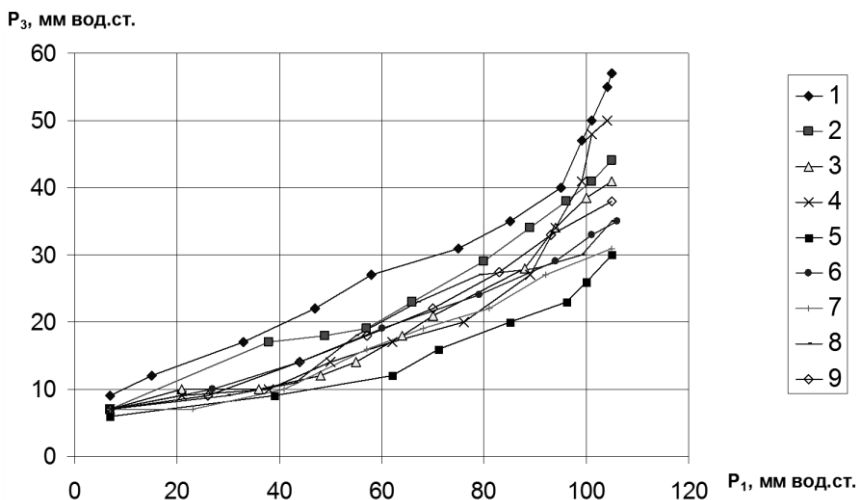


Рисунок 3 Зависимость передачи давления через дискретный материал в модели при установке плоскостей скольжения по различным схемам 1 – без плоскостей скольжений, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 соответственно номера моделей

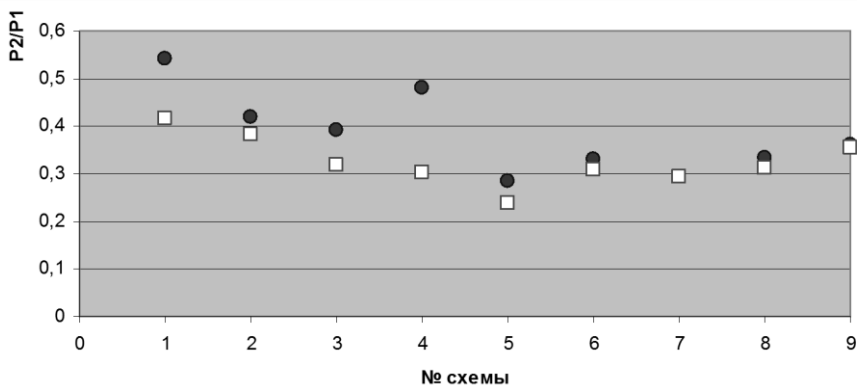


Рисунок 4 Графики зависимости коэффициента передачи давления через дискретный материал P_2/P_1 , при разных схемах расположения искусственных плоскостей скольжения на последнем и предпоследнем шаге нагружения

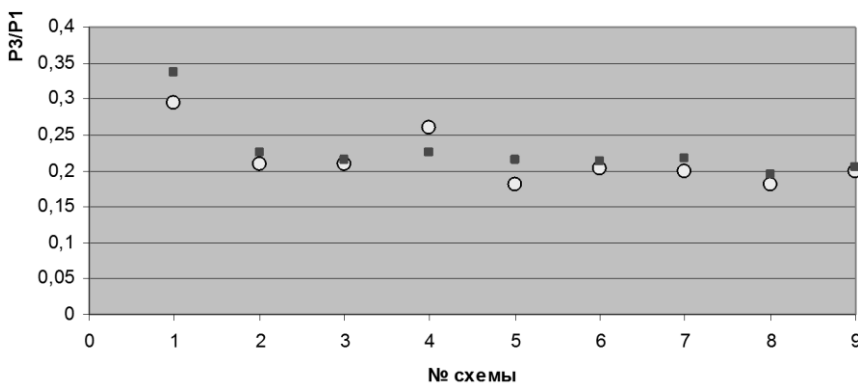


Рисунок 5 Графики зависимости коэффициента передачи давления через дискретный материал P_3/P_1 , при разных схемах расположения искусственных плоскостей скольжения на последнем и предпоследнем шаге нагружения

Анализ графиков показывает, что лучшей схемой, с точки зрения минимального давления на почву имитируемой выработки, и на уровень почвы выработки является схема с номером 5. Коэффициент передачи нагрузки на почву выработки составляет 0,18, а на уровень почвы 0,23, в то время как для модели без плоскостей скольжения эти показатели составляют 0,295, 0,42. Таким образом, снижение давления на почву выработки составляет 61%, а на уровень почвы 54%.

Проведенные эксперименты позволяют сделать вывод, что с помощью создания искусственных плоскостей скольжения в дискретном массиве можно существенно изменить перераспределение давлений. Для поставленной задачи этот эффект может быть использован с целью снижения нагрузки на почву выработки при повторном нарушении равновесного состояния системы «зона разрушенных пород - массив» например при попадании выработки в зону опорного давления от подхода очистного забоя. Установлено, что ориентация плоскостей скольжения по схеме представленной в модели №5 имеет наибольший эффект и позволяет снизить давления на почву выработки до 61%.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку способа создания плоскостей скольжения и его параметризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пирский А.А., Стопник С.Н. Шахтные исследования пучения почвы в выработках Западного Донбасса // Уголь Украины. – 1989. - №11. – С. 2-3.
2. Шевцов В.А., Литвинов В.И., Касьян Н.Н., Петренко Ю.А., Захаренко А.В. Опыт повышения устойчивости пород почвы горных выработок на шахте Трудовская ГХК «Донуголь» // Геотехнологии на рубеже XXI века. – Т.2. – Донецк: ДОНУГПО. – 2001. С. 6-8.
3. Пихконен Л.В. Обоснование параметров взрывоцелевой разгрузки почвы повторно-используемых подготовительных выработок глубоких шахт: Автореф. дисс. докт. техн. наук: 05.15.02. / МГГУ. м. – 1994. – 36 с.

УДК 622.83

КОДУНОВ Б.А., РЯЗАНЦЕВА А.А.¹

СПОСОБЫ ГРАФИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДРАСЧЕТА СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ГОРНЫХ ПОРОД И ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ

Розглянуто традиційні та нетрадиційні методи графічного представлення результатів прогнозування зрушень та деформацій гірських порід і земної поверхні під впливом підземних гірничих робіт

Влияние сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности учитывается при выборе параметров систем разработки и большинства технологических процессов подземных горных работ, а также при выборе мер охраны при подработке объектов, находящихся на земной поверхности или в массиве

¹ КИ ДонНТУ