

УДК 622.831

А.А. ИСАЕНКОВ (ст. преподаватель)

Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ, Красноармейск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЗОНЫ РАЗРУШЕННЫХ ПОРОД НА ПЕРЕДАЧУ ДАВЛЕНИЯ ОТ ФРОНТА РАЗРУШЕНИЯ НА КОНТУР ПОЧВЫ ВЫРАБОТКИ

Важнейшей задачей, стоящей перед угольной отраслью Украины традиционно является обеспечение эксплуатационного состояния горных выработок и повышение их надежности. Одним из наиболее распространенных проявлений горного давления в подземных выработках угольных шахт всего мира является пучение пород почвы. Целью исследований, представленных в статье, является изучение влияния радиуса разрушенной зоны в почве пласта на передачу давления на контур выработки. Исследование проводилось на структурных моделях. В результате моделирования установлено, что при увеличении размеров разрушенной зоны коэффициент передачи давлений снижается по зависимости близкой к степенной, но даже при значительных размерах зоны давление через нее передается, причем стремиться не к нулю, а к некой константе. Показано, что резерв повышения устойчивости почвы выработки заключается в управлении режимом деформирования пород разрушенной области.

Ключевые слова: горная выработка, пучение, напряжения, деформации, разрушение

Одним из наиболее распространенных проявлений горного давления в подземных выработках угольных шахт всего мира является пучение пород почвы [1-3]. Около 70% выработок, требующих ремонта, подвержено этому явлению. Пучение 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, до сих пор нет единой теории, описывающей и объясняющей в полной мере процесс пучения.

Первые работы, посвященные вспучиванию пород почвы выработок при подземной разработке пластов каменного угля в Донбассе, появились в начале двадцатого века [4, 5]. На сегодняшний момент существует множество гипотез объясняющих причину пучения. Все они предлагают модели с заупругим деформированием пород. При этом большинство гипотез рассматривают пучение от момента проведения выработки до разрушения пород почвы и их выпучивания без учета процессов внутри зоны, расположенной между фронтом перехода пород в стадию заупругого деформирования и контуром почвы выработки. Хотя, по сути, при образовании вокруг выработки зоны разрушенных пород, с определенного момента, деформационно-компрессионные характеристики этой области оказывают существенное влияние на величину сдвижений контура, поскольку через нее передается давление от фронта разрушения на контур выработки. Очевидно, что установление закономерностей деформирования пород в этой зоне, разработка на их основе путей управления свойствами пород является актуальной задачей, решение которой позволит обеспечить устойчивость почвы.

Теоретически с ростом размеров зоны разрушения происходит интенсивное затухание передачи давления от фронта ЗРП, и при определенном размере зоны, давления на фронте, вызванные расширением пород при разрушении, и вовсе не доходят до контура выработки. Однако практика показывает, что в выработках с радиусом зоны неупругих деформаций даже более 15-20 м продолжают деформации контура, особенно после нарушения равновесного состояния массива [6-8]. Кроме того, следует учитывать, что длина фронта разрушения, а соответственно и давление, отнесенное к единице контура выработки, растет пропорционально радиусу разрушенной зоны.

В первом приближении породы внутри зоны разрушения могут быть представлены дискретной средой. Эффект затухания давлений в дискретной среде известен давно. Применительно к задачам механики грунтов и горных пород этот вопрос достаточно хорошо изложен в научной литературе [9-12].

Однако, анализируя представления о дискретной среде и закономерностях ее деформирования под нагрузкой, можно сделать вывод, что авторами получены аналитические решения, описывающие ее поведение в основном в условиях «свободного» деформирования. В то время,

как в нашем случае дискретная среда находится в условиях ограниченных перемещений в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Поэтому для определения закономерностей изменения давления на участке «фронт ЗРП-породы почвы выработки» в зависимости от размера ЗРП, были проведены лабораторные исследования механизма передачи нагрузки через дискретную среду.

Для моделирования был использован стенд (рис. 1), представляющий собой металлическую сварную раму из швеллера с размерами 70x70x6,5 см (1) с задней глухой стенкой и передней стенкой из оргстекла. С одной стороны модели, по контуру, установлена камера №1 (2), предназначенная для контроля пригрузки модели. С помощью ее имитировалось давление, возникающее на фронте зоны разрушения. По контуру модели с противоположной стороны располагалась камера №2 (3) – предназначенная для определения давлений передаваемых через дискретную среду, и имитировавшая контур почвы выработки. В качестве дискретных элементов (4) использовались пластиковые пустотелые шары диаметром $d=4\text{см}$ (1 серия экспериментов) и керамзит $d_{\text{ср}}=2,5\text{см}$ (рис. 2) (2 серия экспериментов).

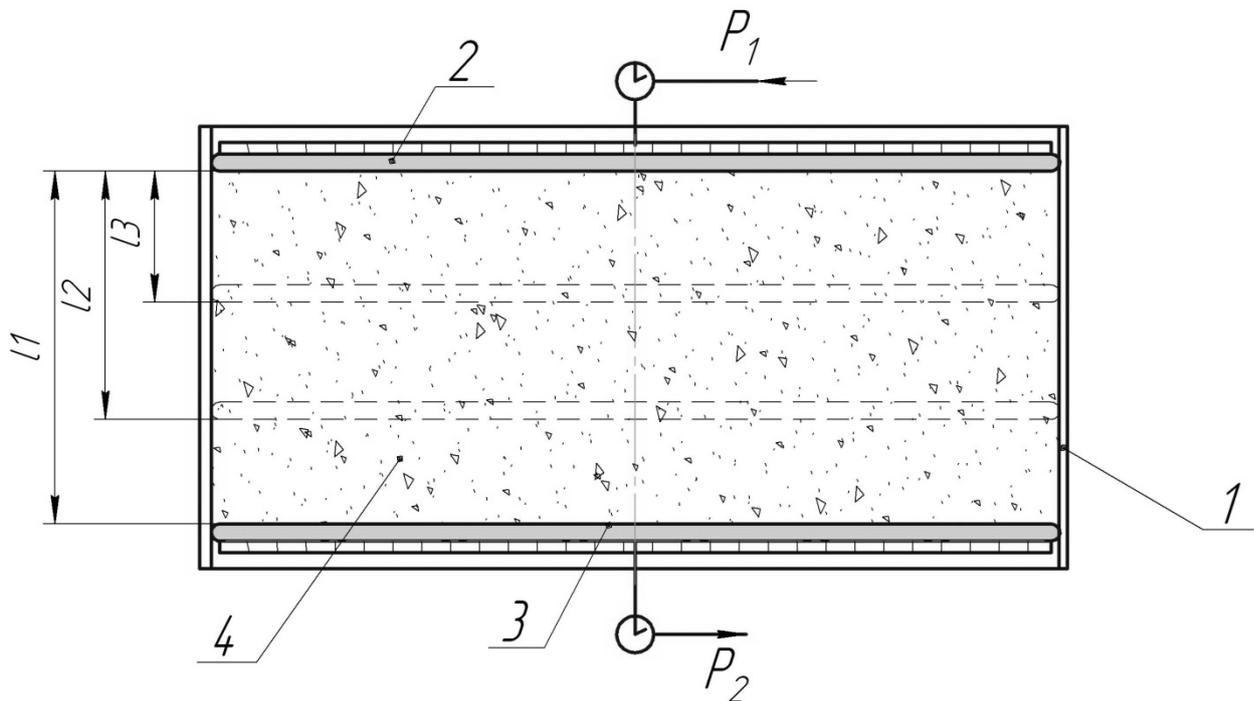


Рис. 1. Принципиальная схема модели третьего этапа моделирования



Рис. 2. Общий вид модели при расстоянии между камерами №1 и №2

а) 50см, б) 37,5см, в) 25см

Перед экспериментом дискретные элементы укладывались в модель. После этого давление в камере №1 (2) пошагово повышалось, на каждом шаге производилась фиксация давления в камере №2 (3). 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 расстоянием между камерами 1, а также дискретным материалом. Таким образом, были получены графики передачи давления через дискретную среду (рис. 3).

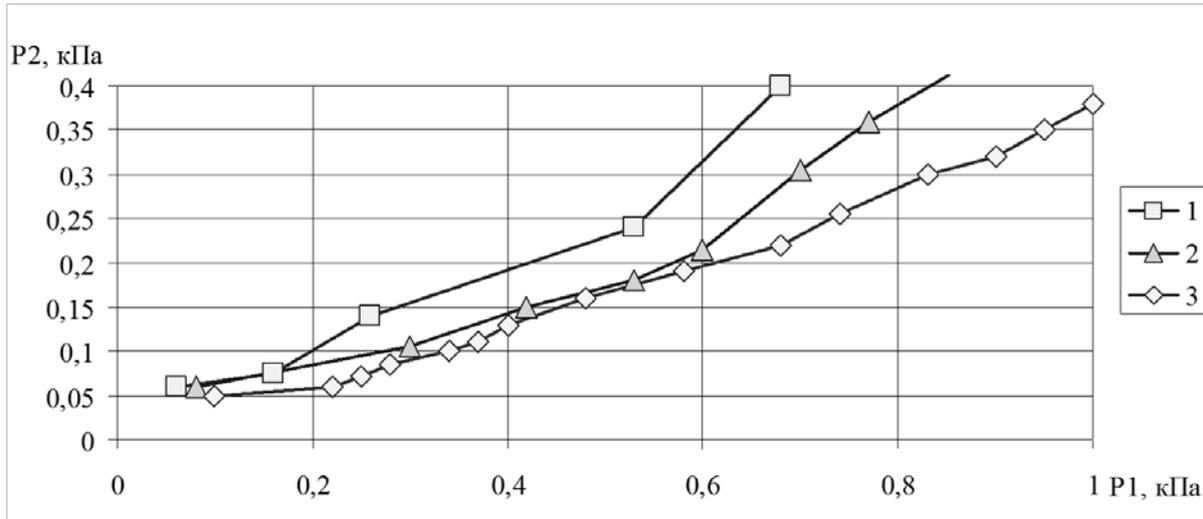


Рис. 3. График передачи давления через дискретную среду (пластиковые шары) при расстоянии между камерами: 1 – 25см (6d), 2 – 37,5см (9d), 3 – 50см (12d)

Характер снижения коэффициента передачи нагрузки k_{Π} через дискретный материал при увеличении расстояния между камерами 1 можно увидеть по графикам на рисунках 4-5. При увеличении размера дискретной области, и соответственно расстояния между камерами 2 и 3 (рис. 1) коэффициент передачи давления k_{Π} снижается. При этом характер изменения коэффициента передачи давления для пластиковых шаров и для керамзита схож. Описать кривую изменения коэффициента передачи давления можно степенной зависимостью, но для получения точных зависимостей количество исходных данных недостаточно, но такая задача и не ставилась.

Следует отметить, что в зависимости от абсолютной величины давления коэффициент передачи давления разный. Чем выше абсолютное значение, тем выше коэффициент передачи давления, что объясняется уплотнением среды и перемещение ее более однородным массивом. Кроме того, наблюдается уменьшение влияния величины абсолютного давления по мере увеличения размера дискретной области, так для пластиковых шаров при расстоянии 25 см разброс показаний коэффициента передачи давления составил 0,7-0,45, то есть 0,25 единиц или 43% от среднего, а при размере 50см – 0,38-0,32, то есть 6 единиц или 17% от среднего. Аналогичная картина и для модели с керамзитом, при размере дискретной области 25см, разброс составляет 36% а при 50см – 2,3%. Естественно для модели с керамзитом коэффициент передачи давления меньше, что объясняется наличием площадных контактов, более существенным трением и различной формой элементов, хоть и одной фракции.

Очевидно, что в реальных условиях коэффициенты передачи давления будут еще меньше, так как при лабораторном моделировании даже с керамзитом дискретная среда идеализирована. Коэффициент трения пород, количество и ориентировка плоскостей контактов в каждом конкретном случае будет отличаться, и зависеть от литотипа пород и степени их дробления, хотя основные полученные зависимости будут сходны.

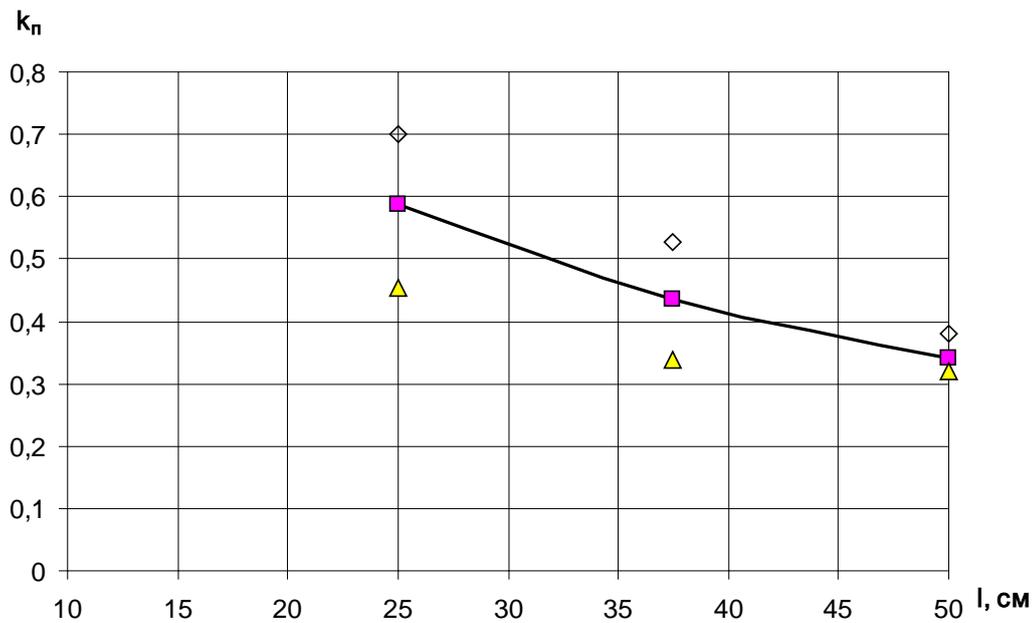


Рис. 4. Графіки залежності коефіцієнта передачі тиску через пластику k_n , від відстані між камерами l

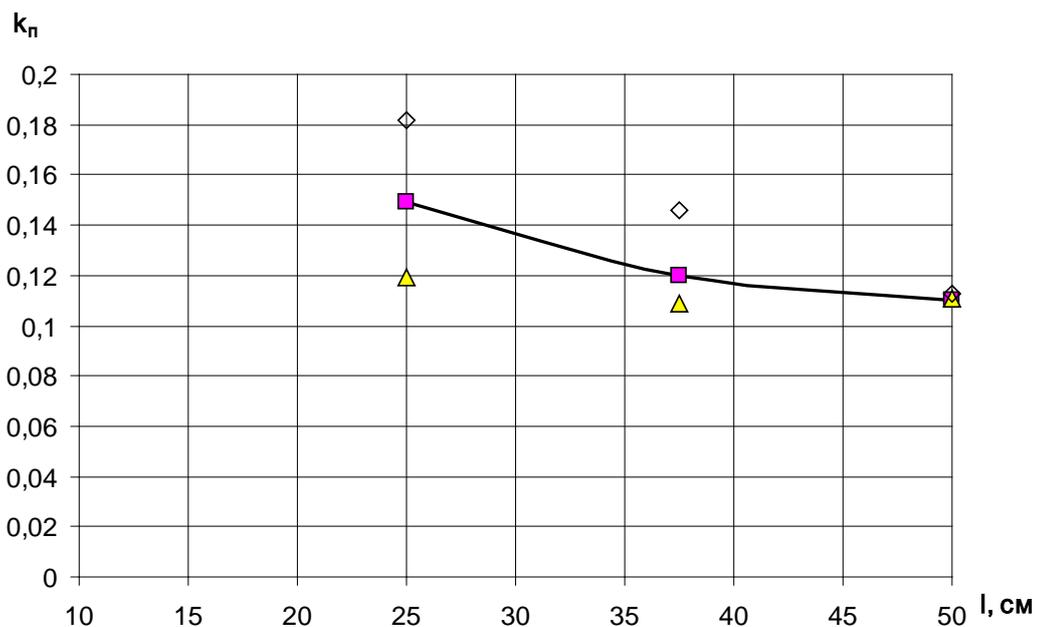


Рис. 5. Графіки залежності коефіцієнта передачі тиску через керамзит P_2/P_1 , від відстані між камерами l

Висновки. В результаті моделювання встановлено, що при збільшенні розмірів розрушеної зони коефіцієнт передачі тиску зменшується по залежності близькій до степової. Однак навіть при значущих розмірах зони тиск через неї передається, причому намагається не до нуля, а до певної константи, таким чином розраховувати на повне затухання тиску на контур породи виробки з урахуванням зростання тиску на одиницю контурної довжини не слід. Тому резерв підвищення стійкості породи виробки заключається в управлінні режимом деформування породи розрушеної області.

Библиографический список

1. Zhao SH, Zhao RF, Jiang YD. Support technology of roadway affected by mining located in extra soft rock / Ground Press Strata Control 1999;2, P.19-21.
2. He MC, Xie HP, Peng SP, Jiang YD. Study of rock mechanics in deep mining engineering / Chin J Rock Mech Eng 2005; 24 (16). P. 2803–2813.
3. Wang JX, Lin MY, Tian DX, Zhao CL. Deformation characteristics of surrounding rock of broken and soft rock roadway / Journal of Mining Science and Technology 2009; 19 (2), P. 205-209.
4. Лазарев, В. [Рецензия] // Горный журнал. – 1914. – Т. II, №6. – С. 316-317. – Рец. на статью: Рогалевич А.О. Несколько данных о стоимости ремонта крепи подземных выработок / А.О. Рогалевич // Горный журнал. – 1914. – Т. I. №2. – С. 166-189.
5. Гершкович, Л.И. Некоторые замечания о вспучивании почвы в подземных выработках и о мерах борьбы с этим явлением / Л.И. Гершкович // Инженерный работник. – 1925. – №9.
6. Зубов, В.П. Влияние подрывок на пучение пород в подготовительных выработках / В.П. Зубов, Л.Н. Чернышков, К.Н. Лазченко // Уголь Украины. – 1985. – №7. – С. 15-16.
7. Касьян, Н.Н. Особенности сдвижения породного массива в зоне ведения ремонта горных выработок / Н.Н. Касьян, И.Г. Сахно // Наукові праці УКРНДМІ НАН України. – Донецьк, УКРНДМІ НАН України, 2012. – Вип. 10. – С. 296-308.
8. Yinlong Lua, Lianguo Wanga, Bei Zhangb. An experimental study of a yielding support for roadways constructed in deep broken soft rock under high stress / Journal of Mining Science and Technology 2009; 19 (2), P. 205–209.
9. Строительная механика сыпучих тел / Клейн Г.К. – М: Стройиздат. – 1977. – 256 с.
10. Теория сыпучих тел / Прокофьев И.П. – М: Госстройиздат. – 1934. – 110 с.
11. Механика и технология формирования закладочных массивов / Рыжков Ю.А. – М: Недра – 1985. – 190 с.
12. Статика сыпучей среды / Соколовский В.В. – М: Издательство академии наук СССР. – 1942. – 203 с.

Надійшла до редакції 27.04.2016

А.А. Ісаснков

Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, Красноармійськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗМІРУ ЗОНИ ЗРУЙНОВАНИХ ПОРОД НА ПЕРЕДАЧУ ТИСКУ ВІД ФРОНТУ РУЙНУВАННЯ НА КОНТУР ПІДОШВИ ВИРОБКИ

Найважливішим завданням, що стоїть перед вугільною галуззю України традиційно є забезпечення експлуатаційного стану гірничих виробок і підвищення їх надійності. Одним з найбільш поширених проявів гірського тиску в підземних виробках вугільних шахт всього світу є здимання порід підшви. Метою досліджень, представлених в статті, є вивчення впливу радіуса зруйнованої зони в підшві пласта на передачу тиску на контур виробки. Дослідження проводилося на структурних моделях. В результаті моделювання встановлено, що при збільшенні розмірів зруйнованої зони коефіцієнт передачі тиску знижується по залежності близькій до ступеневої, але навіть при значних розмірах зони тиск через неї передається, причому прагне не до нуля, а до якоїсь константи. Показано, що резерв підвищення стійкості підшви виробки полягає в управлінні режимом деформування порід зруйнованої області.

Ключові слова: гірничі виробки, здимання, напруги, деформації, руйнування.

A.A. Isayenkov

Krasnoarmeysk industrial institute DonNTU, Krasnoarmis`k

STUDY OF SIZE FRACTURE ZONE ROCKS TO THE TRANSMISSION OF PRESSURE FROM FRONT OF DESTRUCTION TO FLOOR OF ROADWAY

The most important challenge facing the coal industry in Ukraine traditionally is to provide operational status of mining and increasing their reliability. One of the most common manifestations of rock pressure in underground coal mines around the world is floor heave. The aim of the studies presented in this article is to study the influence of the radius of the destroyed areas in the floor layer to transfer the pressure to the contour generation. The study was conducted on the structural models. The simulation revealed that an increase in the size of the destroyed zone pressure transmission coefficient decreases dependence close to power, but even when significant amounts pressure zone is passed through it, and strive not to zero but to a certain constant. It is shown that the reserve increase soil stability is to manage production mode of deformation of rocks shattered region.

Keywords: roadway, floor heave, stress, deformation, destruction.