

НЕГРЕЙ С.Г., КАСЬЯН Н.Н. (ДонНТУ)

РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОЙ ВЕЛИЧИНЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ОТПОРА ВЫДАВЛИВАНИЮ ПОРОД ПОЧВЫ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

На основании известных положений теории предельного равновесия сыпучих сред и результатов лабораторных и натурных наблюдений был разработан алгоритм расчета необходимой величины механического отпора выдавливанию пород почвы горной выработки.

В настоящее время до 30% объема поддерживаемых горных выработок на шахтах Украины нуждаются в проведении ремонтных работ. При этом в 70% случаев потеря их устойчивости связана с пучением пород почвы [1, 2]. Если на малых глубинах разработки это явление связывалось с процессом выдавливания слабых глинистых пород из под целиков угля в боках выработки и увеличением объема за счет набухания, то в настоящее время с переходом на большие глубины процесс пучения пород почвы выработок рассматривается как естественный геомеханический процесс разрушения пород в зоне неупругих деформаций и перемещения их в полость выработки [1, 3].

Следует отметить, что в начальный момент при формировании зоны неупругих деформаций наблюдается различный характер разрушения пород в окрестности выработок. Так в боках выработки (подсечные слоистые породы) разрушение пород происходит в виде отрыва и сдвига. В кровле и почве выработок (не подсечные слоистые породы) разрушение пород происходит в виде складкообразования. Процессу складкообразования пород кровли выработок оказывает сопротивление крепь, а процессу складкообразования пород почвы сопротивление оказывает только вес вмещающих ее пород.

Анализ результатов шахтных наблюдений [1, 4] показывает, что за период до 6 месяцев, реализуется 80-90% общих смещений пород почвы. При этом отмечается резкое уменьшение скорости смещения (в 10-15 раз), что говорит о формировании равновесного состояния системы «породы почвы в полости выработки- породный массив в зоне неупругих деформаций- окружающий породный массив». Нарушение этого равновесия в результате подрывки почвы вызывает резкое увеличение скорости смещения пород. При этом характер смещения пород почвы во времени аналогичен смещениям до проведения подрывки.

Это позволяет сделать вывод о том, что смещающиеся в полость выработки породы почвы своим весом оказывают тормозящее действие на процесс их выдавливания.

Исходя из такого представления механизма пучения пород почвы, на наш взгляд, заслуживает внимания вопрос об определении минимально необходимой величины механического отпора породам почвы, выдавливаемым в полость выработки после ее подрывки.

Учитывая сложность и многофакторность рассматриваемого процесса при решении поставленной задачи используется экспериментально-феноменологический подход. Так как задача решается для условий, когда вокруг выработки уже сформировалась зона разрушенных пород, которая представляет собой дискретную среду, то будет правомерным использование положений теории предельного равновесия для сыпучих сред, развитых В.В. Соколовским [5].

Для постановки задачи были использованы результаты лабораторных и натуральных исследований.

По результатам лабораторных исследований было установлено, что в боках выработки в пределах зоны разрушенных пород при нарушении равновесия в этой зоне в результате ведения очистных работ, перекреплений и подрывок в выработке вертикальное давление в пределах ЗРП будет изменяться по закону близкому к линейному, а эпюра давления будет в виде трапеции, причем максимум будет у границы зоны [3] (рис. 1).

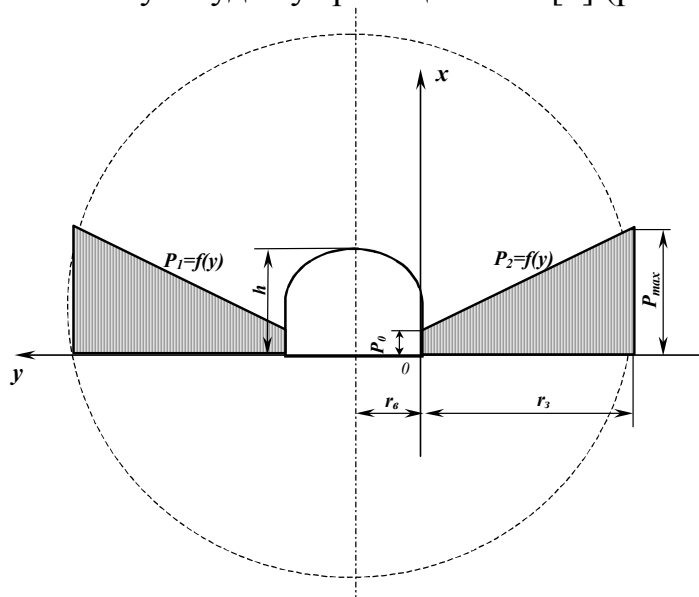


Рисунок 1– Схема к определению сжимающих напряжений, возникающих в подстилающих выработку породах в пределах зоны разрушенных пород

Общее выражение изменения вертикального давления на горизонтальную плоскость в пределах ЗРП будет иметь вид

$$P = P_0 + \operatorname{tg} \alpha \cdot y, \quad (1)$$

где P_0 – давление у стенки выработки, МПа,

α – угол наклона эпюры изменения давления к горизонтальной оси, град.;

y – расстояние от стенки выработки до точки определения давления на горизонтальную плоскость (причем y изменяется от 0 до r_3), м.

По результатам структурного моделирования установлено, что

$$\frac{P}{q} = a + b \frac{y}{r_0}, \quad (2)$$

где P – давление на горизонтальную плоскость в пределах ЗРП, МПа,
 q – давление по периметру ЗРП, возникающее в результате нарушения равновесия в пределах этой зоны, МПа;
 a, b – поправочные коэффициенты, определяющие характер изменения давления в пределах ЗРП;
 r_0 – радиус выработки, м.

Из выражений (1) и (2) следует $P_0 = aq$ и $\operatorname{tg} \alpha = \frac{bq}{r_0}$.

Таким образом, используя результаты исследований В.В. Соколовского [5], применительно к нашей задаче, где

$$P = aq + \frac{bq}{r_0} y, \quad (3)$$

можно определить как напряжения от действия этой пригрузки в подстилающих породах, так и нормальные напряжения q^* вдоль положительной полуоси y , при которых сыпучая среда под действием нормального давления P , заданного вдоль отрицательной полуоси y , сохраняет предельное равновесие, т.е. не будет выпирания (рис. 2).

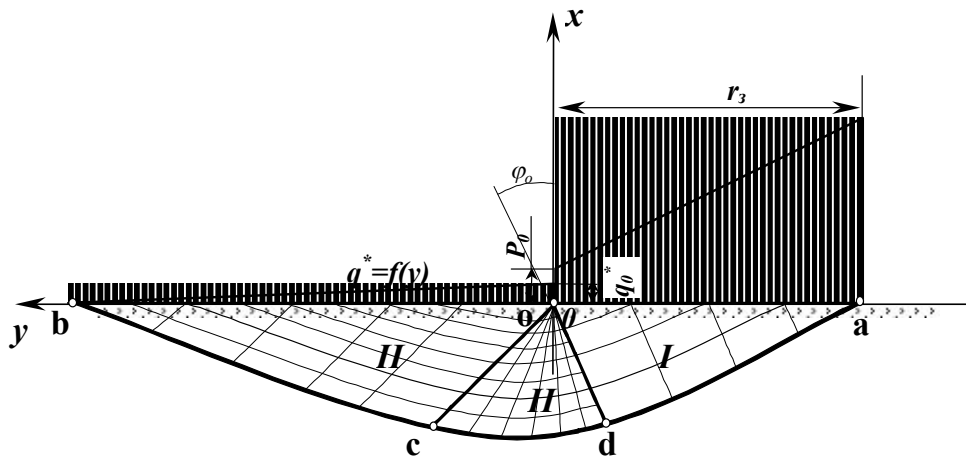


Рисунок 2– Схема к определению нормального напряжения q^* вдоль положительной полуоси y

Изначально рассмотрим случай, когда пригрузка будет действовать только с одной стороны выработки.

Нормальное напряжение q_0^* определяется из выражения [5]

$$q_0^* = P_0 \frac{1 - \sin \rho}{1 + \sin \rho \sin \left(\frac{\pi}{2} \right)} e^{-\pi \operatorname{tg} \rho} - k \operatorname{ctg} \rho \left(1 - \frac{1 - \sin \rho}{1 + \sin \rho \sin \left(\frac{\pi}{2} \right)} e^{-\pi \operatorname{tg} \rho} \right), \quad (4)$$

где k и ρ – соответственно коэффициент сцепления (МПа) и угол внутреннего трения рассматриваемой среды (рад.).

В том случае, когда нормальное давление в пределах зоны разрушенных пород в боку выработки независимо от расстояния до нее (по линии oa) будет постоянно $P=P_0=P(0)$, то искомое давление на почву выработки (по линии ob) также будет постоянно $q^*=q_0^*$ и определяется выражением (4).

В том случае, когда $p=f(y)$, необходимо определение напряжений в пределах линии ab , учитывая характер пригрузки.

Необходимые расчеты выполняются методом Массо с последовательным решением краевых задач Каши, Гурса и смешанной задачи [5].

Под вопросом остается только размер зоны разрушенных пород r_3 при определенных условиях и величина давления по периметру ЗРП q от нарушения равновесия системы «крепь- ЗРП- окружающий породный массив».

Для определения размера зоны неупругих деформаций при заданных смещениях воспользуемся эмпирической зависимостью, полученной по результатам инструментальных наблюдений Ю.З. Заславским [6], которая имеет вид

$$b = r_6 \left(12 \sqrt[3]{\frac{U^2}{r_6^2} + 0,35} \right), \quad (10)$$

где b – радиус зоны разрушенных пород, м ($b = r_6 + r_3$);

r_6 – радиус выработки, м;

U – смещения кровли выработки, м.

Для определения пригрузки по периметру ЗРП воспользуемся результатами исследований [4] и [6].

В работе [4] приведена зависимость коэффициента передачи нагрузки на крепь от фронта разрушения через ЗРП при изменении размера этой зоны

$$k_n = q_{\kappa} / q = f\left(\frac{b}{r_6}\right), \quad (11)$$

из которой, зная отпор крепи, параметры выработки и зоны разрушенных пород из этой зависимости, можно определить пригрузку по периметру ЗРП.

Нарушение равновесного состояния системы влечет за собой активизацию смещений пород ее контура и, как следствие, увеличение размеров ЗРП и нагрузки на крепь.

Для определения величины изменения нагрузки на крепь воспользуемся зависимостью [6]

$$q_{\kappa} = 8\gamma^3 \sqrt[3]{r_6 U^2}, \quad (12)$$

где γ – объемный вес вмещающих выработку пород, т/м³.

Тогда размер ЗРП и давление на крепь до момента интенсификации смещений от ведения ремонтных либо очистных работ из [6] будут определяться соответственно по формулам:

$$r_3' = r_6 \left[12 \sqrt[3]{\frac{U_1^2}{r_6^2} - 0,65} \right], \quad (13)$$

$$q_k' = 8\gamma\sqrt[3]{r_g U_1^2}, \quad (14)$$

где r_3' – радиус зоны разрушенных пород до ведения ремонтных работ (влияния очистных работ), м;

U_1 – смещения кровли выработки до ведения ремонтных работ (влияния очистных работ), м.

После нарушения равновесного состояния пород эти параметры определяются по формулам:

$$r_3'' = r_g \left[12 \sqrt[3]{\frac{(U_1 + U_2)^2}{r_g^2}} - 0,65 \right], \quad (15)$$

$$q_k'' = 8\gamma\sqrt[3]{r_g (U_1 + U_2)^2}, \quad (16)$$

где r_3'' – радиус зоны разрушенных пород после нарушения равновесного состояния пород, м;

U_2 – смещения кровли выработки, вызванные нарушением равновесного состояния пород, м.

Таким образом, из (11) и (16) величина пригрузки на внешней границе зоны разрушенных пород, обусловленная нарушением равновесного состояния пород вокруг выработки от проведения подрывки, будет определяться из выражения

$$q = \frac{q_k''}{k_n} = \frac{8\gamma\sqrt[3]{r_g (U_1 + U_2)^2}}{k_n}. \quad (18)$$

По предложенному алгоритму нами были выполнены расчеты для условий типичных преобладающей части шахт Донбасса с использованием результатов натуральных наблюдений в подготовительных выработках шахт «Южнодонбасская №3» и «Лидиевка» ГП «ДУЭК». И для условий конвейерного ходка 4-ой восточной лавы пласта c_{11} шахты «Южнодонбасская №3» необходимая достаточная величина механического отпора выдавливанию пород почвы по результатам расчетов составила 0,0035 МПа (рис. 3), а для условий конвейерного штрека 7 восточной лавы пласта l_8 шахты «Лидиевка» – 0,0009 МПа (рис. 4).

Таким образом, нами предложен алгоритм по расчету необходимой величины механического отпора выдавливанию пород почвы горной выработки в ее полость, что может послужить основой для разработки и определения параметров способа механического отпора выдавливанию пород почвы выработок.

Кроме того, полученные результаты расчетов подтверждают результаты наших натуральных и лабораторных исследований [3] о том, что сравнительно небольшими усилиями возможно предотвратить выдавливание пород почвы выработки.

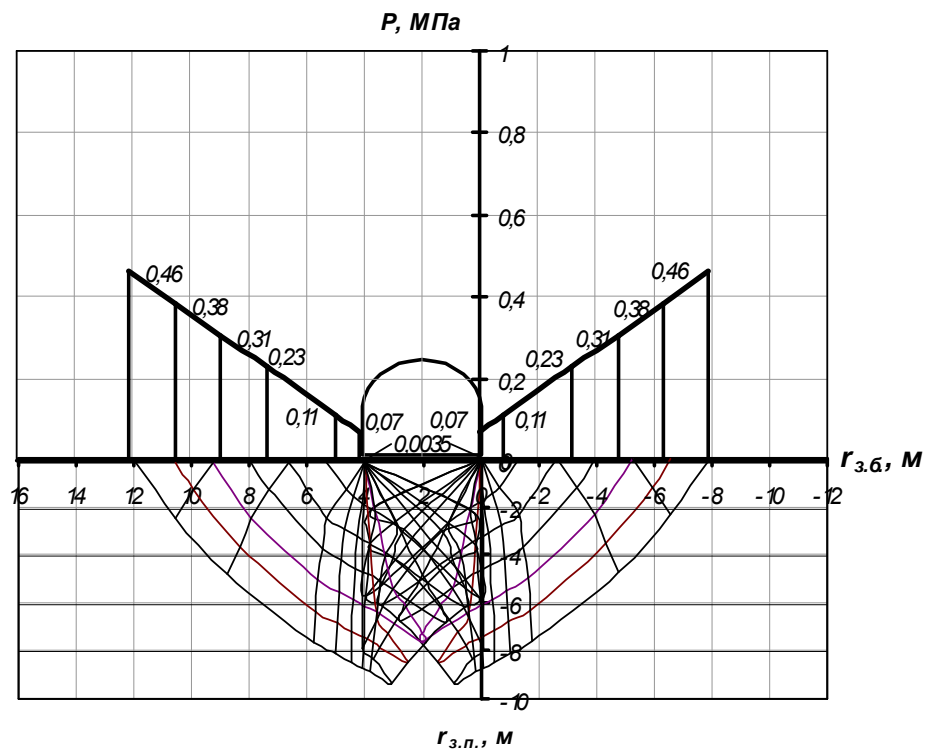


Рисунок 3– Схема по определению необходимой величины противодействия выдавливанию пород почвы конвейерного ходка 4-ой восточной лавы пласта c_{11} шахты «Южнодонецкая №3»

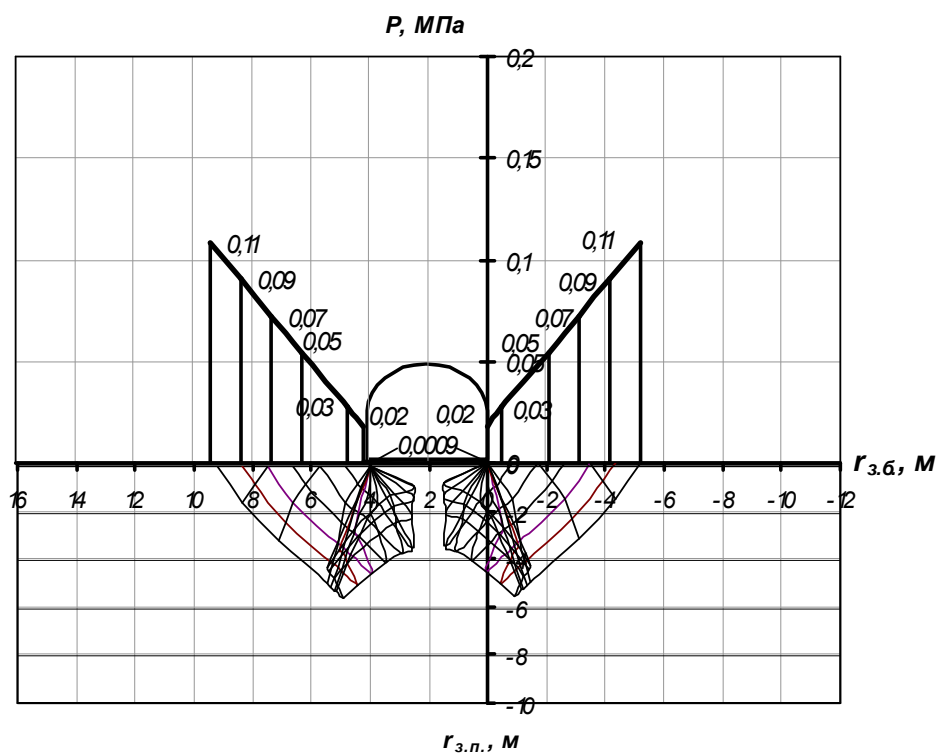


Рисунок 4– Схема по определению необходимой величины противодействия выдавливанию пород почвы конвейерного штрека 7 восточной лавы пласта l_8 шахты «Лидиевка»

Библиографический список

1. Зубов В.П., Чернышков Л.Н., Лазченко К.Н. Влияние подрывок на пучение пород в подготовительных выработках // Уголь Украины.– 1985. – №7. – С. 15-16.
2. Соловьев Г.И., Негрей С.Г. Об особенностях пучения почвы выемочных выработок в условиях шахты «Южнодонбасская» №3 // Известия Донецкого горного института.– 1999.– №3.– С.38-42.
3. Негрей С.Г. О возможности предотвращения повторного пучения пород почвы горных выработок после их подрывки // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2005.– №2.– С. 65-68.
4. Сучасні проблеми проведення та підтримання гірничих виробок глибоких шахт / Під заг. ред. С.В. Янко. – Донецьк: ДУНВГО, 2003.– 256 с.
5. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды.– М.: Гостехиздат, 1942.- 208 с.
6. Заславский Ю.З. Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках глубоких шахт Донецкого бассейна.– М: Недра.– 1966.– 180 с.

© Касьян Н.Н., Негрей С.Г.