

УДК 622.83:622.273

Докт.техн.наук КАСЬЯН Н.Н., инженеры НЕГРЕЙ С.Г., САХНО И.Г.
(ДонНТУ)

УСТАНОВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ В БОКАХ ВЫРАБОТКИ В ПРЕДЕЛАХ ЗОНЫ РАЗРУШЕННЫХ ПОРОД

В лабораторных условиях установлен характер изменения вертикального давления на уровне почвы выработки в пределах зоны разрушенных пород. Результаты исследований могут быть использованы для изучения деформационных процессов в подстилающих выработку породах с целью установления причин их выдавливания в полость выработки, а также для определения величины компенсирующей нагрузки на почву для обеспечения ее устойчивости.

Как показывает практика поддержания подготовительных выработок в условиях шахт Донбасса, основной формой проявления горного давления являются смещения пород контура выработки. Результатом этих смещений являются деформации элементов крепи и пучение пород почвы, что негативно сказывается на состоянии выработки и делает невозможным ее безремонтное поддержание. Причем большая доля ремонтов (до 60-80 %) связана с ликвидацией последствий процесса пучения пород почвы [1, 2].

Пучение почвы выработки представляет собой сложный процесс, обусловленный целым рядом факторов и протекающий по-разному в различных горно-геологических и горнотехнических условиях. Кроме того, этот процесс различен и на разных этапах существования выработки вследствие изменения характера деформационных процессов вокруг нее.

В начальный момент существования выработки (первый этап) механизм смещения пород почвы представляет собой складкообразование породных слоев за счет формирования зоны разрушения вокруг выработки (рис.1а,б) [2, 3]. За счет разрушения происходит расширение пород в объеме и перемещение их в полость выработки. Попытки обеспечить устойчивое состояние выработок за счет применения замкнутых крепей не дали положительных результатов [4, 5]. Это объясняется тем, что в процессе складкообразования пород в почве выработки формирующаяся нагрузка на крепь значительно превышает ее несущую способность. И вследствие отсутствия либо недостаточной податливости крепей происходит их разрушение.

После формирования вокруг выработки зоны разрушенных пород (ЗРП) механизм смещения почвы представляет собой процесс выдавливания разрушенных (дискретизированных) пород в полость

выработки (второй этап) под действием веса вышележащих пород, вмещающих ЗРП (рис.1в). Смещения пород почвы выработки продолжаются до тех пор, пока не установится равновесное состояние системы «крепь- зона разрушенных пород- окружающий породный массив». В дальнейшем смещений пород почвы может не наблюдаться при условии сохранения этого равновесия.

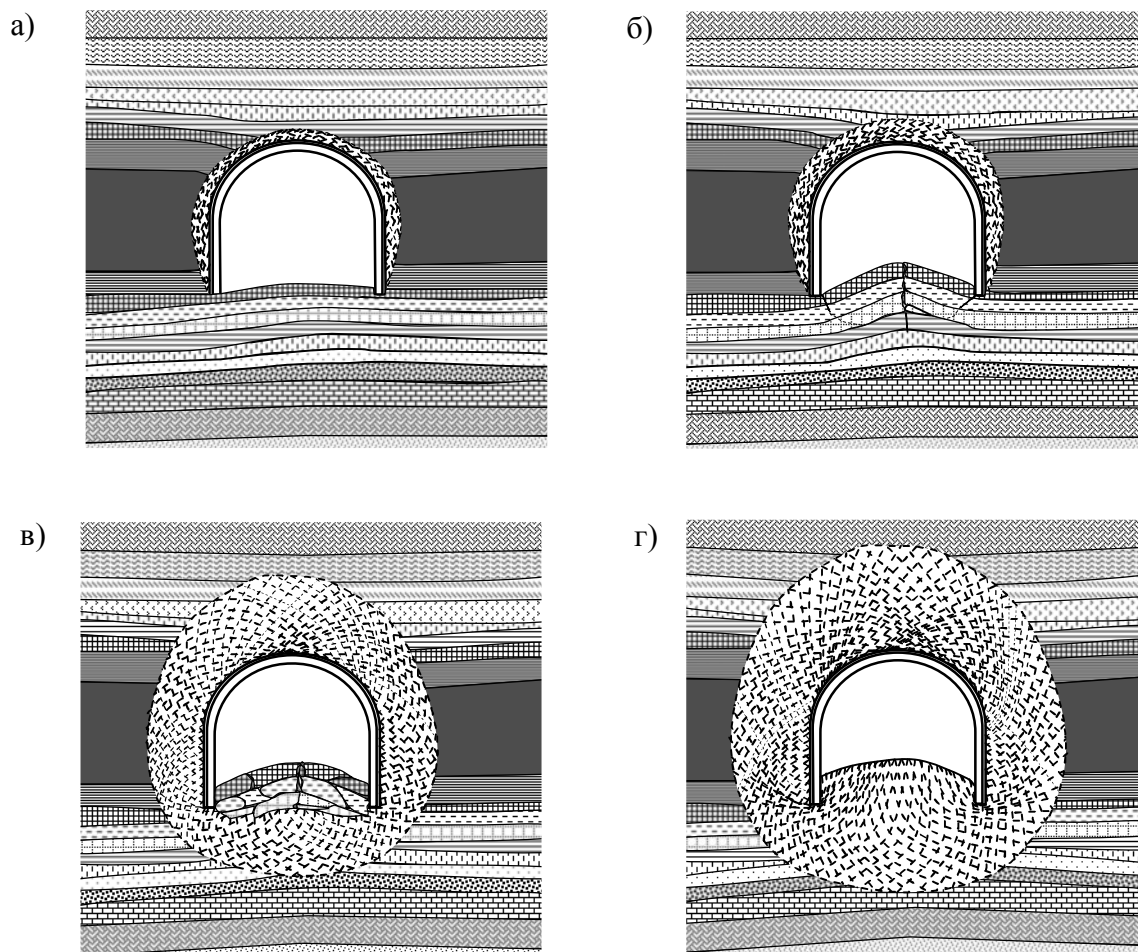


Рис. 1. Схемы механизма пучения почвы выработки на разных этапах ее существования: а, б- складкообразование породных слоев за счет формирования зоны разрушения вокруг выработки; в- выдавливание разрушенных пород в полость выработки под действием веса вышележащих пород, вмещающих ЗРП; г- выдавливание пород почвы вследствие нарушения равновесного состояния системы «крепь- ЗРП- окружающий породный массив»

Но, как показывает практика, вследствие ведения горных работ (перекреплений выработки, подрывок ее почвы или нахождения ее в зоне влияния очистных работ) происходит нарушение равновесия системы «крепь- ЗРП- окружающий породный массив» и, как следствие,

происходит рост зоны разрушенных пород и интенсификация выдавливания пород почвы выработки (третий этап) (рис.1г). Это подтверждается результатами натуральных исследований [6, 7, 8] и указывается на то, что производство подрывки почвы приводит к увеличению скорости ее смещений в 6÷9, а иногда и в десятки раз. При этом также наблюдается и увеличение скорости смещений пород кровли и боков выработки.

Таким образом, уборка породы при подрывке снижает пассивный отпор на почву всего на 50-60 кН на 1 м выработки и этого оказывается достаточно для изменения состояния системы. Следовательно, для обеспечения устойчивого состояния почвы выработки после подрывки необходимо компенсировать отпор извлекаемых пород.

Для обоснования параметров такого компенсирующего воздействия на породы почвы возникает необходимость в изучении закономерностей перераспределения давлений в пределах зоны разрушенных пород, в боках выработки на уровне почвы.

Исследования проводились на структурных моделях с геометрическим масштабом 1:50. Общий вид модели показан на рисунке 2.

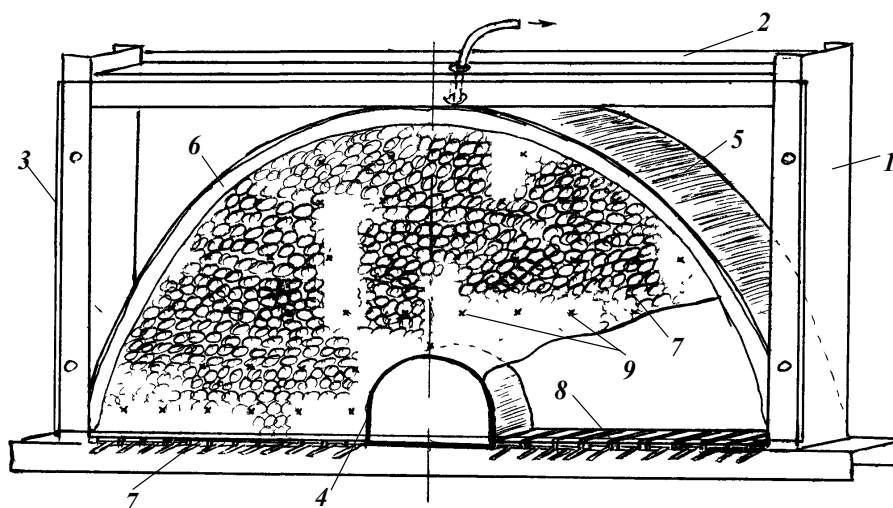


Рис. 2. Общий вид модели

Стенд для отработки структурных моделей представлял собой сварную металлическую конструкцию 1 из швеллера размером 0,72×0,52×0,06 м, которая закрывалась задней 2 и прозрачной передней 3 стенками. Внутри конструкции располагались макет выработки арочного сечения 4 и металлическая полоса 5, изогнутая в форме полукруга, шириной равной толщине модели. Эта полоса служила в качестве ограничителя, определяющего размер зоны разрушенных пород, которая сформировалась на определенный момент времени. Имитация дальнейшего роста зоны производилась за счет нагружения уже сформировавшейся зоны разрушенных пород по внешней границе

пневмокамерой 6. В качестве материала модели использовалась порода 7 с размером фракций 0,003-0,01 м. Измерение давления в пределах зоны разрушенных пород в боках выработки на уровне почвы производилось датчиками трения 8. Для фиксации смещений пород в пределах рабочей области модели с лицевой стороны устанавливались реперы 9.

В отработываемых структурных моделях соблюдались следующие критерии подобия [9]:

1. Геометрическое подобие

$$\left(\frac{l_m}{l_n} \right) = const \quad (1)$$

где l_m и l_n – линейные размеры соответственно в модели и в натуре, м.

2. Равенство угла внутреннего трения материала модели (ρ_m) и разрушенных пород (ρ_n)

$$\rho_m = \rho_n \quad (2)$$

3. Силовое подобие

$$P_m = P_n \left(\frac{l_m}{l_n} \right)^3 \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_n} \right). \quad (3)$$

где P_m, P_n – величина силы соответственно в модели и в натуре, кН; γ_m, γ_n – удельная плотность соответственно материала модели и горных пород, Н/м³.

4. Подобие механических характеристик

$$N_m = \left(\frac{l_m}{l_n} \right) \cdot \left(\frac{\gamma_m}{\gamma_n} \right) \cdot N_n \quad (4)$$

где N_m, N_n – механические характеристики соответственно в модели и в натуре, кПа.

Процесс моделирования состоял из нескольких этапов, которые заключались в съеме показаний динамометра на датчиках трения и определении положения реперов.

В процессе отработки серии моделей изменялись следующие параметры:

1. Моделируемая ЗРП

$$\frac{r_3}{r_6} = 1,2; 2,5; 3,4; 4,6,$$

где r_3 и r_6 – радиусы соответственно ЗРП и выработки, м.

2. Величина внешней нагрузки по границе зоны разрушенных пород

$$q = 0; 9,8; 19,6 \text{ и } 29,5 \text{ кПа.}$$

В результате отработки серии моделей при различном сочетании радиуса ЗРП и величины ее внешней нагрузки были получены графики

распределения вертикального давления в боках выработки на уровне почвы в пределах ЗРП (рис. 3).

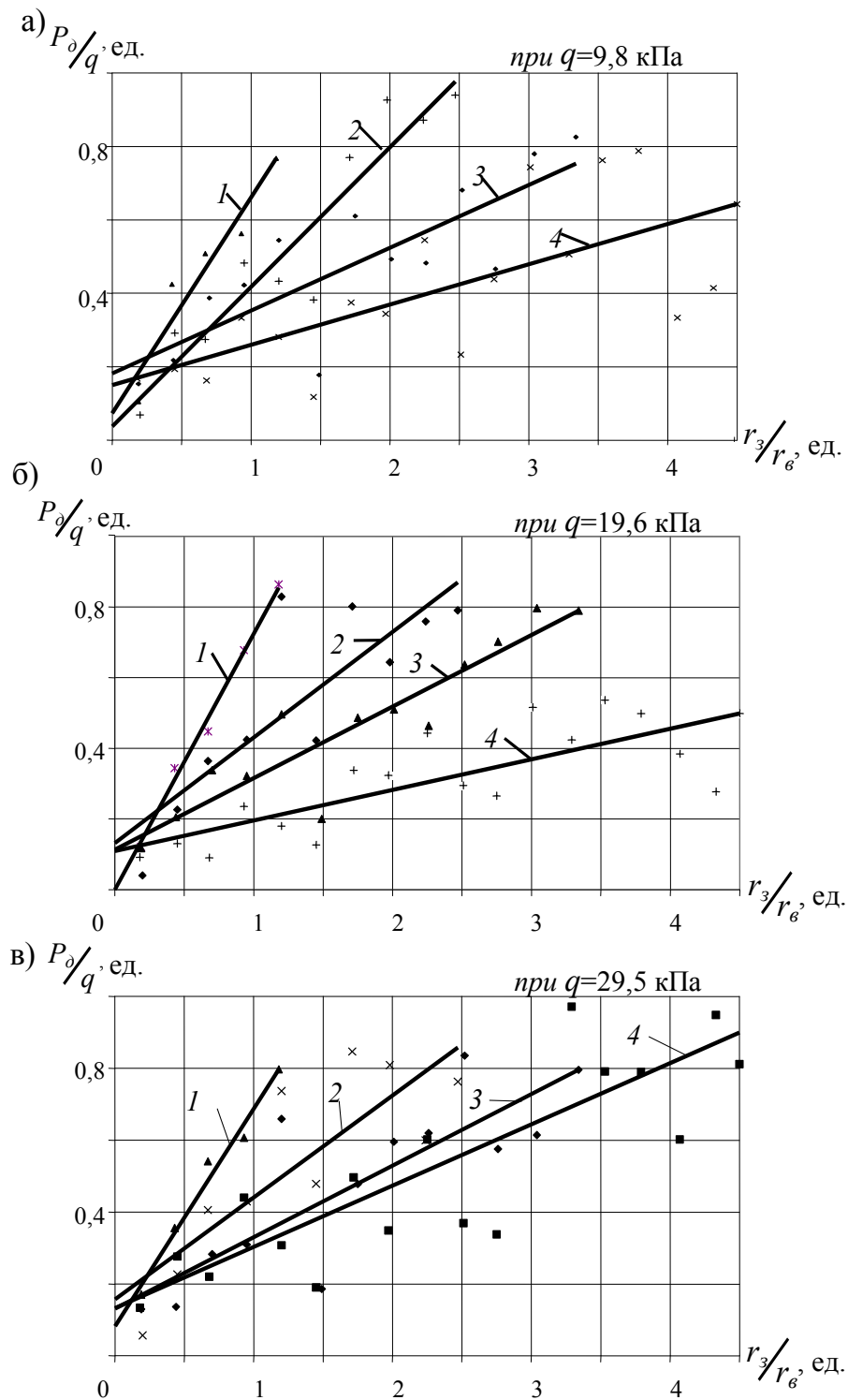


Рис. 3. Графики изменения вертикального давления P_d в пределах ЗРП на уровне почвы выработки при различных значениях внешней пригрузки q и радиуса зоны r_3 (1, 2, 3, 4 – соответственно при радиусе ЗРП: 1,2; 2,5; 3,4; 4,6 r_6)

Измерения показали, что вертикальное давление в пределах ЗРП на уровне почвы выработки независимо от радиуса зоны и величины внешней пригрузки возрастает от контура выработки к границе зоны (рис. 3). Значения вертикального давления в пределах зоны разрушенных пород по мере удаления от выработки изменялись от $(0,1 \div 0,2)q$ до $(0,6 \div 0,9)q$.

Как видно из рисунка 3 зависимость вертикального давления P_d от размера ЗРП r_z носит линейный характер, а эпюра давления имеет вид трапеции. Кроме того, с увеличением размеров зоны разрушенных пород абсолютные значения P_d на уровне почвы уменьшаются, а, следовательно, уменьшается и необходимая величина компенсирующей нагрузки на почву выработки после ее подрывки.

Полученные результаты позволяют обосновать постановку задачи о расчете величины компенсирующей нагрузки на почву выработки для обеспечения ее устойчивости на разных этапах эксплуатации.

Библиографический список

1. **Роечко А.Н.** Новый подход к исследованию явления пучения пород для обоснования мер борьбы с ним // Уголь Украины.– 1997.– №2-3.– С. 20-22.
2. **Пирский А.А., Стовпник С.Н.** Шахтные исследования пучения почвы в выработках Западного Донбасса // Уголь Украины.– 1989.– №11.– С. 2-3.
3. **Касьян Н.Н., Костоманов А.И., Мороз О.К.** Механизм пучения почвы горных выработок в условиях хрупкого разрушения пород // Изв. вузов. Горный журнал. – 1996.– №1.– С. 4-9.
4. **Josef Aldorf.** Mechanika podzemnich konstrukci / Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. – 1999. – 410 с.
5. **Литвинский Г.Г., Бабиюк Г.В., Быков А.В.** Эффективные способы предотвращения пучения пород в шахтах // ЦНИЭИуголь, ЦБНТИ Минуглепрома СССР.– М., 1985.– 48 с.
6. **Зубов В.П., Чернышков Л.Н., Лазченко К.Н.** Влияние подрывок на пучение пород в подготовительных выработках // Уголь Украины. – 1985. – №7. – С. 15-16.
7. **Липский С.Б., Буткин Н.А.** Борьба с пучением пород в шахтах Приморья// Уголь.– 1975.– №8.– С. 43-45.
8. **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.
9. **Сучасні проблеми проведення та підтримання гірничих виробок глибоких шахт / Під заг.ред. С.В. Янко.– Донецьк: ДУНВГО, 2003.– 256 с.**

© Касьян Н.Н., Негрей С.Г., Сахно И.Г., 2005