

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ДЕФОРМАЦИЙ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

д.т.н. Антипов И.В. (ИФГП НАН Украины), инж. Щербинин Д.В. (ДонУГИ), к.т.н. Дегтярь Р.В. (ИФГП НАН Украины)

Розглянуто механізм деформацій вугільного шару в зоні впливу очисного вибою. Наведено аналітичне рішення визначення розмірів зони зруйнованого вугілля в крайовій частині шару.

FEATURES OF COAL LAYER DEFORMATIONS IN THE INFLUENCE ZONE OF SECOND WORKING

Antypov I.V., Scherbinin D.V., Degtyar R.V.

Mechanism of coal layer deformations in the influence zone of breakage face is considered. Analytical decision of area size determination of blasted coal inlayer regional part is giving.

При сдвигении пород горного массива впереди очистного забоя формируются три зоны напряженно-деформированного состояния: зона разрушенного угля, зона повышенной концентрации напряжений и зона геостатических напряжений в массиве вне области влияния очистных работ [1-5].

В зоне повышенной концентрации напряжений создаются условия, предопределяющие поведение пород и их устойчивость на концевых участках лав и сопряжений с подготовительными выработками.

В результате сдвигения пород кровли происходят отслаивание и зависание кровли, а также опускание пород по плоскостям трещин в выработанное пространство, образовавшихся в результате выемки угля. По этим трещинам происходит опускание кровли отдельными призмами, которые могут удерживаться от обрушения силами трения на контактах их боковых граней [6-9].

В необрушенных породах кровли, угольном пласте и его почве под влиянием оседания пород происходят изменения зон напряженного состояния, размеры которых зависят от строения и свойств вмещающих пород, угольного пласта и горно-технических факторов.

В угленосной толще пород прослеживается граница, разделяющая зоны упругих и неупругих деформаций [10-15]. Так, в зоне упругих деформаций свойства пород угленосной толщи сохраняются в исходном состоянии. Зона неупругих деформаций пород разбита системой взаимно пересекающихся трещин скольжения, вдоль которых происходит взаимное перемещение породных блоков. Вес пород, зависших над выработанным пространством в зоне упругих деформаций, передается на краевую часть

угольного пласта и обуславливает повышенные концентрации напряжений впереди очистного забоя. В зоне повышенной концентрации напряжений, величина которых в несколько раз превышает геостатические напряжения, краевая часть пласта угля переходит постепенно в пластическое состояние и зону разрушенного угля.

При расположении начала координат на границе зоны разрушенного угля, граница зоны раздела упругих и неупругих деформаций описывается уравнением:

$$z = \frac{1}{2}h \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{a} \right), \quad (1)$$

где a - величина пролета кровли, м;

$$a = a_1 + 2S_{pV};$$

a_1 - расстояние между задним целиком и забоем, м;

S_{pV} - размер зоны разрушенного угля, м;

h - максимальная высота зоны неупругих деформаций:

$$h = \frac{a^2}{2f_{cp}^2}, \quad (2)$$

где f_{cp} - показатель удельной прочности пород, $\text{м}^{1/2}$.

Физический смысл показателя удельной прочности породы одного петрографического состава определяется выражением:

$$f_i = \sqrt{\frac{\sigma_{pi}}{\gamma_i}}, \quad (9)$$

где σ_{pi} - предел прочности i -того слоя породы на растяжение, Па;

γ_i - плотность i -того слоя породы, кН/м^3 .

Прочность пород угольной толщи увеличивается с увеличением степени метаморфизма углей. Характер изменения прочности пород толщи в зависимости от степени метаморфизма угленосных отложений и глубины разработки представлен на рис. 1.

При подвигании забоя, когда величина пролета становится равной:

$$a = 2f_{cp}\sqrt{H} \quad (3)$$

где H — глубина разработки, м.

Обрушение пород в выработанном пространстве достигает поверхности, и над задним целиком и угольным забоем образуются идентичные консоли, определяющие границу раздела зон упругих и неупругих деформаций, уравнение которой имеет вид:

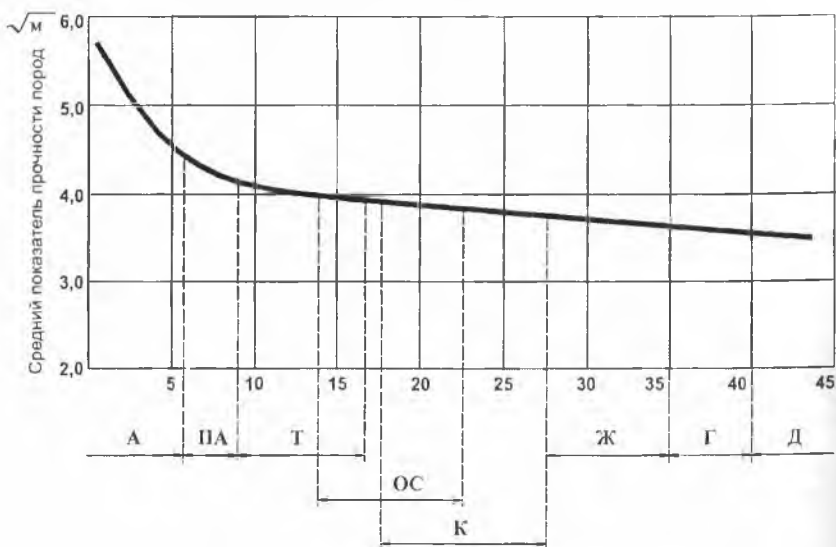


Рис. 1. График изменения среднего показателя прочности пород от степени метаморфизма угля.

$$z = H \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2l_{\min}} \right), \text{ при } \{ 0 \leq x \leq l_{\min} \}, \quad (3)$$

где l_{\min} - минимальная длина консоли над выработанным пространством, м.
 Длина зависших над выработанным пространством консолей определяется по формуле:

$$l_{\min} = 0,5 f_{cp} \sqrt{H}. \quad (4)$$

При подвигании забоя размер консоли у заднего целика остается постоянным, а размер консоли над движущимся забоем постепенно увеличивается, достигая максимальной величины:

$$l_{\max} = f_{cp} \sqrt{H}. \quad (5)$$

Уравнение консоли зависшей над выработанным пространством имеет вид:

$$z = H \left(1 - \cos \frac{\pi x}{2l_{\max}} \right), \text{ при } 0 \leq x \leq l_{\max}. \quad (6)$$

Как только размер консоли зависшей над забоем достигает максимальной величины, происходит разлом пород (посадка кровли) по кривой, определяемой уравнением (6). При этом размер консоли становится минимальным и определяется по формуле (3). Осадки кровли происходят на расстояниях, описываемых формулой:

$$L = (1 + n)f_{cp}\sqrt{H}, \quad (7)$$

где n - целое число.

Величина повышенной концентрации напряжений определяется размерами зависшей над выработанным пространством консоли. Вес консоли передается на краевую часть угля впереди очистного забоя. Закон изменения опорного давления, создаваемого зависшей консолью, при условии полной подработки земной поверхности, выражается формулой:

$$q = \gamma H \left\{ 1 + 1,4 \frac{l^2}{H^2} \left[\left(1,58 \frac{H}{l} + 1 \right) \cos 1,745 \frac{x}{H} - \sin 1,745 \frac{x}{H} \right] e^{-1,745 \frac{x}{H}} \right\}. \quad (10)$$

Наибольшее давление на пласт в точке $x = 0$ и равно:

$$q_0 = \gamma H \left(1 + 2,22 \frac{l}{H} + 1,40 \frac{l^2}{H^2} \right). \quad (11)$$

Краевая часть угольного пласта переходит в хрупко-пластическое состояние, образуя зону разрушенного угля. Размер этой зоны определяется по формуле:

$$S = \frac{m}{2\lambda \operatorname{tg} \rho} \ln \left[\frac{(q_0 - 2c\sqrt{\lambda}) \operatorname{tg} \rho}{c(2\sqrt{\lambda} \operatorname{tg} \rho + 1)} + 1 \right], \quad (12)$$

где m - мощность пласта, м;

$\operatorname{tg} \rho$ - тангенс угла внутреннего трения угля, град;

λ - коэффициент бокового распора;

$$\lambda = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\rho}{2} \right);$$

c - сцепление угля, Па;

q_0 - максимальное давление на пласт, Па.

Рассчитанные по формуле (12) относительные (в долях от мощности пласта) размеры зон разрушенного угля, приведены на рис. 2.

Таким образом, угольный пласт при сдвигании толщи пород горного массива впереди очистного забоя в зонах напряженно-деформированного состояния деформируется упруго, затем пластически и хрупко. Каждое из этих свойств в зависимости от внешних условий

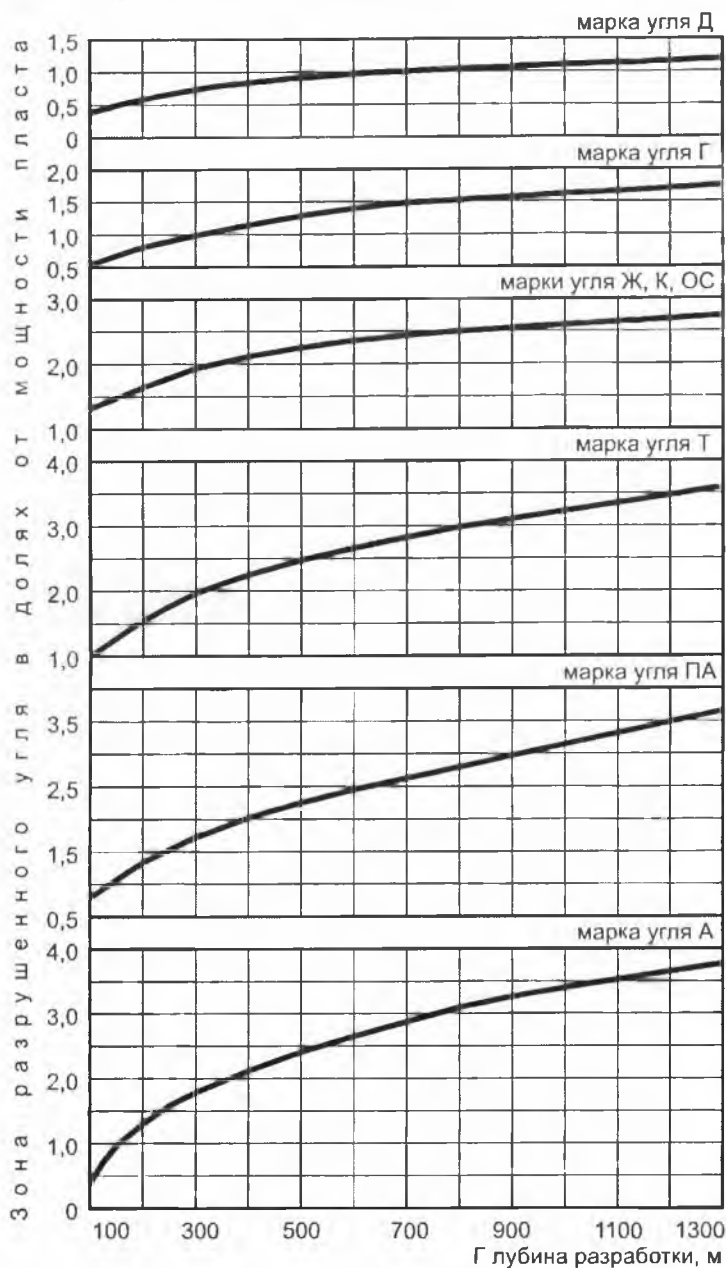


Рис. 2. Графики изменения размеров зон разрушенного угля в зависимости от глубины разработки для различных марок углей.

проявляется на различных стадиях нагружения. При решении технических задач для анализа процесса деформирования и разрушения краевой части угольного пласта необходимо рассматривать все виды деформации. Изменения механических свойств характеризуют систему, в которую превращается уголь, переходя из сплошного в дискретное состояние. Именно с этим явлением связаны различного рода масштабные эффекты.

Результаты расчетов подтверждаются данными натуральных наблюдений в шахтах, что позволяет использовать разработанный метод определения размеров зон разрушенного угля на практике для обоснования силовых и геометрических параметров механизированных крепей, а также для расчета параметров паспортов крепления и управления горным давлением в очистных забоях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов И.В., Щербинин Д.В., Поляков М.В. Новая малометаллоемкая механизированная крепь для очистных забоев // Уголь Украины.- 2001.- № 4.- С. 26-28
2. Антипов И.В., Щербинин Д.В. Определение силовых и геометрических параметров механизированной крепи // Физико-технические проблемы горного производства.- Донецк: Китис, 1999.- С. 97-101
3. Антипов И.В., Кравченко В.Е., Щербинин Д.В. Шахтные исследования конвергенции вмещающих пород // Уголь Украины.- 2000.- № 10.- С. 24-27
4. Щербинин Д.В. Исследование процесса сдвижения кровли в рабочем пространстве очистного забоя // Физико-технические проблемы горного производства.- Донецк: ДУНВГО, 2001.- С. 158-166.
5. Дубов Е.Д., Поляков М.В., Щербинин Д.В. Основные закономерности проявления горного давления в очистных забоях пологих пластов // Сб. науч. тр. Донуги. Вып. 102.- Донецк: Донуги.- 1999.
6. Александров С.Н. Принципы обеспечения устойчивости подготовительных выработок управлением эффектом саморасклинивания вмещающих пород // Физико-технические проблемы горного производства. - Донецк: ООО "Лебедь".- 2001.- №3.- С. 36-39.
7. Александров С.Н. Геомеханические принципы обеспечения устойчивости выработки на основе применения эффекта саморасклинивания вмещающих пород // Известия донецкого горного института.- 2002.- № 1.- С. 7-10.
8. Александров С.Н., Красько Н.И. Исследование перераспределения напряжений в процессе саморасклинивания пород // Физико-технические проблемы горного производства.- Донецк: ООО "Лебедь".- 2001.- №4.- С. 29-34.
9. Alexandrov S.N. Investigation of interface "yield rock bolt - rock mass" // Proc. Szkoła eksploatacji podziemnej.- Krakow: AGH.- 2002.- P. 12-13.
10. Хапилова Н.С. Оценка протяженности призабойной пластической зоны разрабатываемого угольного пласта // Физ.-техн. пробл. разраб. полезн.

ископаемых.- 1974.- № 3.- С. 23-27.

11.Хапилова Н.С. Определение границы пластической зоны в пласте полезного ископаемого, ослабленного трехмерной выработкой // Теорет. и прикл. механика.- Харьков: Основа, 1991.- Вып. 22.- С. 6-10.

12.Khapilova N.S. A study of the cavities that form in dynamic phenoma in coal mines // Journal of mathematical sciences.- 1995, December .- Vol. 77.- N 6.- P. 3547-3550.

13.Хапилова Н.С. Напряженно-деформированное состояние упругого полупространства на перфорированном упругом основании с учетом пластических зон // Физика и техника высоких давлений.- 1997.- Т. 7, № 4.- С. 84-87.

14.Хапилова Н.С. Пространственная задача о напряженно-деформированном состоянии массива скальных пород в окрестности выработки с учетом пластической зоны // Напряженное состояние массивов горных пород и управление горным давлением.- Бишкек: Илим, 1990.- С. 327-330.

15.Хапилова Н.С. Пластические зоны в пласте полезного ископаемого, ослабленном трехмерными выработками // Тезисы докладов. X Международная конференция по механике горных пород.- М.: Наука, 1993.- С. 43.