

УДК 622.831

ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛЯХ ИЗ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ В КРАЕВОЙ ЧАСТИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

к.т.н. Дегтярь Р.В. (ИФГП НАН Украины)

Вивчено особливості формування концентрації напруг у крайовій частині вугільного шару в зоні впливу очисних робіт зі збільшенням глибини ведення гірських робіт, уздовж осі лави по площі в крайовій частині шару, у кутових зонах лави - області розташування кінцевих ділянок і сполучень з підготовчими виробками.

EQUIVALENT MATERIAL MODEL STUDY OF STRESS CONCENTRATION FORMING SPECIFICITY IN COAL-BED BORDER AREA IN SECOND WORKING INFLUENCE ZONE

Degtyar R.V.

Stress concentration forming specificity in coal-bed border area in second working influence zone with mining depth increase, along face axis in coal-bed border area, in face corner area – terminal zone areas and development working connections – was studied.

Характерной чертой очистных работ является подработка больших площадей и объемов горного массива. Вокруг очистной выемки возникают напряжения, которые совместно с геостатическими определяют уровень нагрузок на пласт.

Концентрации напряжений в краевой части угольного пласта в зоне влияния очистных работ является результатом упруго-пластических свойств угля и всей толщи пород свода обрушения. В реальном горном массиве свода обрушения происходят зависание слоев консолей пород кровли, их частичное обрушение, прогиб. Одновременно краевая часть угольного пласта деформируется пластически и упруго. Это сопровождается концентрацией напряжений с максимумом на некотором удалении от краевой части пласта. Установить местонахождение максимума концентраций напряжений в краевой части угольного пласта в зоне влияния очистных работ в зависимости от глубины ведения работ является целью данных исследований.

Наблюдения в шахтах показали, что наиболее интенсивно концентрации напряжений проявляются как впереди лавы, так и вдоль оси лавы.

Характер деформирования поддерживающей крепи выработок с увеличением глубины разработки представлен в таблице 1.

Характер распределения концентрации напряжений лучше всего изучен впереди лавы. Этот вопрос достаточно хорошо освещен многими

Таблица 1. Качественная характеристика деформирования поддерживающей крепи в выработках.

Глубина раз- работки, м	Способ под- готовки вы- емочного столба	град.	град.	Характер деформи- рования поддержи- вающей крепи
До 200	Длинными столбами по простиранию	0-18	60-75	на массив
200...400		0-18	75-85	на массив
400...600		0-18	85-90	переходная, неявно вы- раженная
600...800		0-18	90-105	переходная, неявно выраженная
800...1500		0-18	105-120	на выработанное про- странство
До 200	Длинными столбами по восстанию	0-18	60-75 85-90	на массив
200...400		0-18	75-85	на массив
400...600		0-18	85-90	переходная, неявно вы- раженная
600...800		0-18	90-105	переходная, неявно вы- раженная
800...1500		0-18	105-125	на выработанное про- странство
До 200	Длинными столбами по падению	0-18	60-95	на массив
200...400		0-18	75-105	переходная, неявно вы- раженная
400...600		0-18	85-105	переходная, неявно вы- раженная
600...800		0-18	105-125	по восстанию пласта
800...1500		0-18	125-130	на выработанное про- странство

зарубежными и отечественными авторами. Для условий угольных бассейнов Украины, России и других государств, осуществляющих добычу угля, он обоснован на большом количестве экспериментальных наблюдений за сдвижением и деформацией угленосной толщи.

Более сложен и менее исследован вопрос распределения концентрации напряжений вдоль оси лавы по площади в краевой части пласта. Наибольшие расхождения во взглядах наблюдаются при определении характера распределения концентрации напряжений в угловых зонах лавы. Между тем именно в этой области расположены концевые участки и сопряжения с выемочными выработками. Их состояние в значительной мере определяется воздействием на пласт дополнительных нагрузок со стороны свода обрушения пород кровли.

Ниже описан графо-аналитический метод определения границ опорного давления по площади в краевой части пласта, учитывающий геологию угленосной толщи и закономерности ее деформирования.

Проведены исследования изменения напряженного состояния массива пород в зоне влияния очистных работ. В комплексе взаимовлияющих факторов рассмотрена глубина ведения горных работ при влиянии выработанного пространства с учетом мощности слоев вмещающих угольный пласт пород, физико-механических свойств и другие.

Изучение изменения напряженно-деформированного состояния массива, осуществлялось путем моделирования физико-механических характеристик угля и вмещающих пород на эквивалентных материалах (ЭМ). Возможность воспроизведения в слоях моделей прочностных характеристик различных горных пород (с учетом критерия и условий подобия [1]) позволяет смоделировать любые горно-геологические условия залегания угольных пластов.

Исследования выполнены на примере условий Красноармейского угленосного района. Средняя вынимаемая мощность угольных пластов моделировалась - 1,4 м, угол падения - 11° . Сопротивление угля сжатию (прочность угля) $G_{сж} = 17,5$ МПа.

Непосредственная кровля представлена трещиноватым неслоистым аргиллитом мощностью 4 ... 5 м, сопротивление сжатию $G_{сж} = 24,1$ МПа. Согласно классификации ДонУГИ кровля по обрушаемости отнесена к (A_{1-2}), по устойчивости - (B_{2-3}).

Основная кровля моделировалась переслаивающимися разностями аргиллита и алевролита общей мощностью 12,5 ... 18,5 м. Сопротивление сжатию аргиллита 17,8...32,5 МПа, алевролита 24,5...35,1 МПа. По обрушаемости массива основная кровля отнесена к (A_2), по устойчивости - к (B_3) согласно классификации ДонУГИ.

Непосредственная почва - аргиллит мощностью до 7 м, неслоистый. Сопротивление сжатию - 18,1 МПа. По устойчивости отнесена к среднеустойчивой (P_2). Затем залегает переслаивающаяся толща слоев аргиллита и песчаника общей мощностью 6 ... 14 м. Полная характеристика класса вмещающих пород запишется как сочетание трех категорий A_{1-2} , B_{2-3} , P_2 .

Обработка результатов моделирования выполнена по алгоритмам корреляционно-регрессионного анализа. Установлены зависимости коэффициента концентрации напряжений в массиве K_σ от основных влияющих факторов в краевой части угольного пласта. Зависимость аппроксимирована кусочно-линейной функцией:

нарастающая ветвь

$$K_\sigma = 10^{-1}((7+1 \cdot 10^{-2}N) + (3 + 25 \cdot 10^{-4}Ny)) + (10^{-2}((13 + 11 \cdot 10^{-2}N) + (6+1 \cdot 10^{-2}N)y)x)$$

нисходящая ветвь

$$K_\sigma = 10^{-1}((26-37 \cdot 10^{-4}N) - (12- 1 \cdot 10^{-2}N)y) - (10^{-2}(10^{-1}(68 + 2 \cdot 10^{-2}N) - (7-25 \cdot 10^{-4}N)y)x)$$

где K_σ - коэффициент концентрации напряжений в массиве;
 σ_i -напряжение в i -ой точке приконтурного массива, МПа;
 σ_0 - напряжение в нетронutom массиве горных пород, МПа;
 x - расстояние от границы выработанного пространства по падению угольного массива, м;

N - глубина ведения горных работ, м;

y - безразмерный коэффициент, учитывающий расположение поперечного сечения выработки относительно пласта: $y = 0$ - с подрывкой почвы;

$y = 0,5$ -то же с двусторонней подрывкой;

$y = 1,0$ - с подрывкой кровли.

Множественный коэффициент корреляции изменялся в пределах 0,75 ... 0,95.

Данные позволили определить качественную нагрузку на пласт, образовавшуюся за счет перераспределения нагрузки в выработанном пространстве. Полученная система уравнений позволила достаточно близко описать эпюру качественного перераспределения концентраций напряжений в краевой части угольного пласта от влияния выработанного пространства на глубинах 200...800м. Пересечение двух прямых определило область проявления максимальных концентраций напряжений. Место проявления максимальных концентраций напряжений в горном массиве представлено на рис. 1.

С увеличением глубины ведения горных работ в зоне влияния выработанного пространства максимальные концентрации напряжений проявляются приближаются к краевой части угольного пласта. На большей глубине зона максимальных концентраций напряжений уменьшается. С увеличением глубины разработки происходит количественное, а затем качественное изменение физико-механических свойств пласта. Приложенные нагрузки сопровождаются деформациями упругого сжатия пласта. Причем величины деформаций прямо пропорциональны приложенным нагрузкам. Наблюдается рост внутреннего напряженного состояния угля - σ_0 за счет γH .

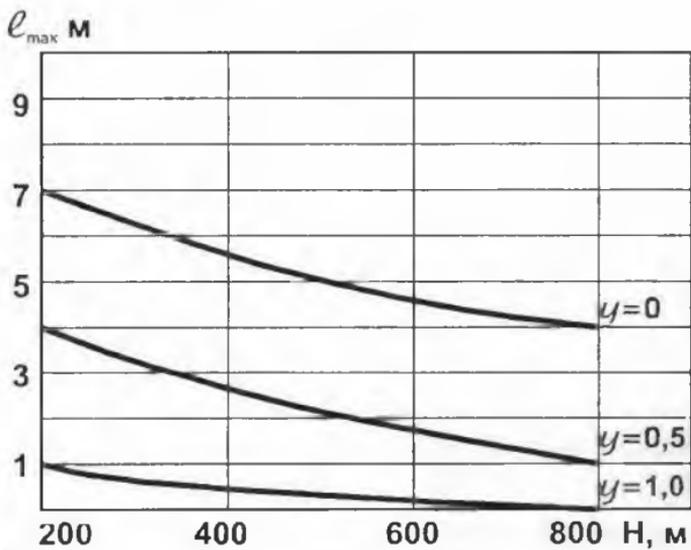


Рис. 1. Область проявления максимума опорного давления в угольном массиве в зависимости от глубины работ с учетом вида подрывки вмещающих пород.

Повышается жесткость материала - EJ_x , (где E - модуль упругости; J_x - момент инерции относительно оси x). Повышение жесткости (ЭМ) связано с увеличением модуля упругости. Модуль упругости ЭМ (модуль Юнга), в свою очередь, зависит: от плотности - ρ , относительной объемной деформации сжатия - $\epsilon_{всж}$, пригрузки опорного давления - ΔP , пористости - P , относительной линейной деформации - ϵ_l .

С увеличением глубины разработки возрастает плотность угля не только за счет его сжатия и деформации занимаемого объема, но и за счет его метаморфизации. В нашем случае уменьшение объема при моделировании происходит за счет увеличения относительной объемной деформации сжатия (ЭМ, вызванной пористостью (ЭМ)). Пустоты пор (ЭМ), сжимаясь, уплотняются в массиве. Уплотнение (ЭМ), в свою очередь, вызывает повышение модуля упругости, и, как следствие, повышение жесткости и уменьшение относительной линейной деформации материала. Качественное соотношение изменения рассмотренных физико-механических характеристик ЭМ в диапазоне глубин 200...800 м графически отражено на рис.2.

Из графиков на рис. 2 видно, что на небольшой глубине, например, $H=200$ м, кромка угольного пласта разрушена значительно больше, чем на глубине, например, $H = 800$ м.

С ростом глубины зона концентрации напряжений приобретает форму, все более приближающуюся к круговой, и на глубине более 1500м она становится практически круговой.

Угол падения пласта влияет на ширину зоны максимальных концентраций напряжений в краевой части угольного пласта. При этом со стороны

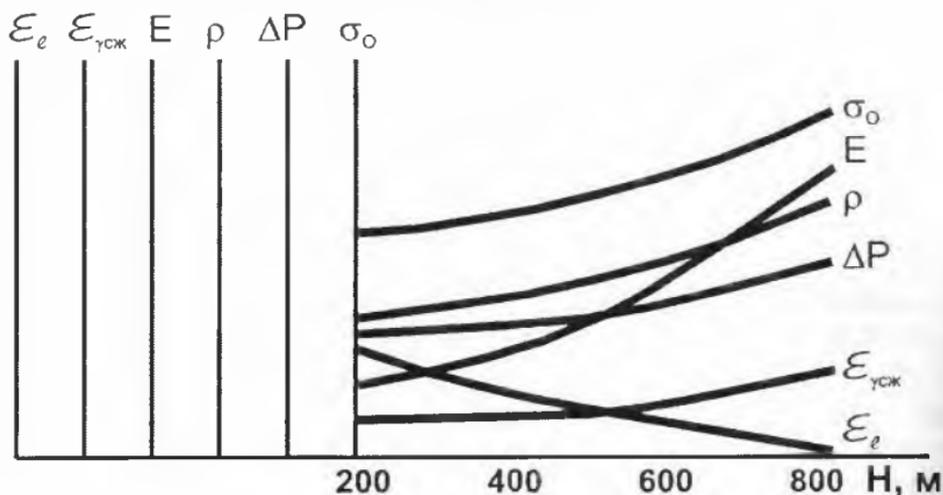


Рис. 2. Качественное изменение физико-механических свойств угольного пласта и вмещающих пород с увеличением глубины ведения горных работ.

падения протяженность этой зоны будет несколько увеличиваться, со стороны восстания - уменьшаться. При больших глубинах и малых углах падения пластов этим фактором можно пренебречь.

С увеличением длины очистного забоя в процесс сдвижения увлекаются дополнительные объемы пород. Процесс стабилизируется при полной подработке. Это происходит с достижением наименьшей стороной площади выемки (длина лавы, если она меньше достигнутого ею подвигания) половины глубины работ, т.е. $L_n > H/2$, где L_n - длина очистного забоя. Если условие полной подработки не достигнуто, то сдвижение толщи не дойдет до поверхности земли и при расчете концентрации напряжений следует учитывать только ту часть толщи свода обрушения, которая вовлечена в процесс.

Таким образом, поддержание концевых участков лав и работоспособность сопряжений зависят:

- 1) местонахождения проявления максимума концентрации напряжений в краевой части угольного пласта;
- 2) зоны формирования пластических деформаций в процессе разрушения краевой части угольного пласта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы и средства решения задач горной геомеханики / Г.Н.Кузнецов, К.А.Ардашев, Н.А.Филатов и др. - М.:Недра, 1987. - 248 с.