

УДК 622.831.232

Л.Д. Павлова

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УГЛЕПОРОДНОГО
МАССИВА ПРИ ОТРАБОТКЕ СВИТЫ ПЛАСТОВ**

Разработка подземным способом свит пластов приводит к образованию в толще пород большого числа зон повышенного горного давления от краевых частей массива и целиков, оставленных на соседних пластах. Определение напряжений в целиках и краевых частях угольных пластов, прилегающих к выработке, весьма важно при оценке опасности проявления горных ударов, внезапных выбросов угля, породы и газа, а также динамических проявлений горного давления. В этой связи обоснованное определение конфигурации, размеров зон повышенного горного давления и напряжений в них имеет большое практическое значение для безопасного и рационального ведения горных работ.

В общем случае для установления закономерностей изменения полей напряжений в целиках и краевых частях угольного пласта требуется решение пространственной задачи. Однако сложность решения объемной задачи является причиной того, что в большинстве случаев решается двумерная задача различными методами на основе тео-

рий упругости, предельного равновесия, изгиба балок и плит, моделирования эквивалентными материалами и т.п. [1-4 и др.].

Автором разработана пространственная расчетная модель деформирования и разрушения горных пород на основе метода конечных элементов [5], которая позволяет прогнозировать характер сдвижения и распределения параметров напряженно-деформированного состояния (НДС) углепородного массива в зоне влияния горной выработки и угольных целиков.

Для оценки влияния угольных целиков на параметры зон повышенного горного давления проводилось моделирование распределения параметров НДС при отработке выемочного столба 26-28 ш. «Абашевская» в Кузбассе с оставлением между ним и отработанным ранее столбом 26-26 ленточного угольного целика шириной 50 м (рис. 1).

Для достижения необходимой степени детализации объекта, используя метод вложенных областей [6], выполнялся вырез в зоне влияния угольного целика и выработанного пространства, ограниченный координатами $100 \leq x \leq 300$, $250 \leq y \leq 450$ на рис. 1.

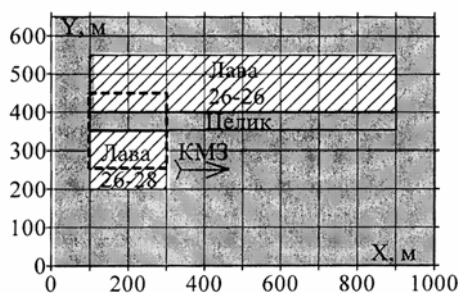


Рис. 1. Схема отработки выемочного поля с оставлением между выемочными столбами ленточного угольного целика

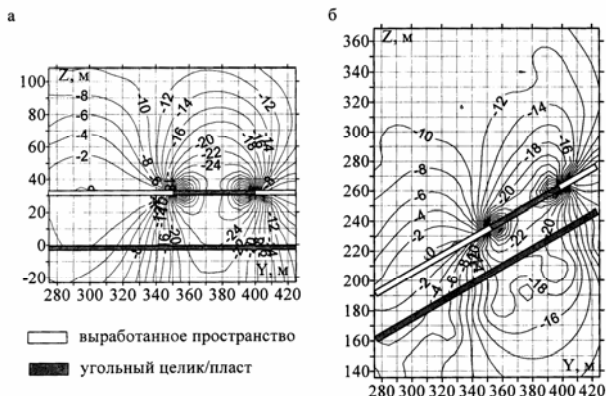


Рис. 2. Изолинии распределения вертикальных напряжений в зоне влияния угольного целика и выработанного пространства верхнего пласта: а – горизонтальные пласты; б – наклонные пласты

Рис. 3. Изолинии распределения коэффициента концентрации вертикальных напряжений в надрабатываемом пласте в зоне влияния угольного целика и выработанного пространства верхнего пласта: а – горизонтальные пласты; б – наклонные пласты

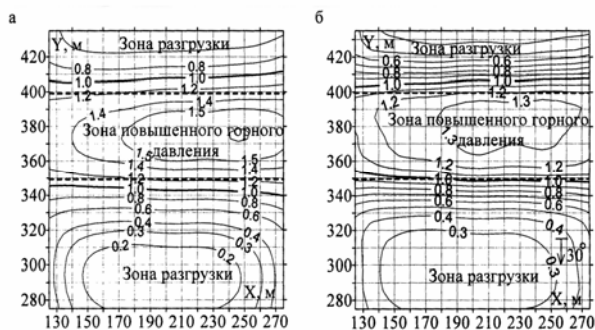
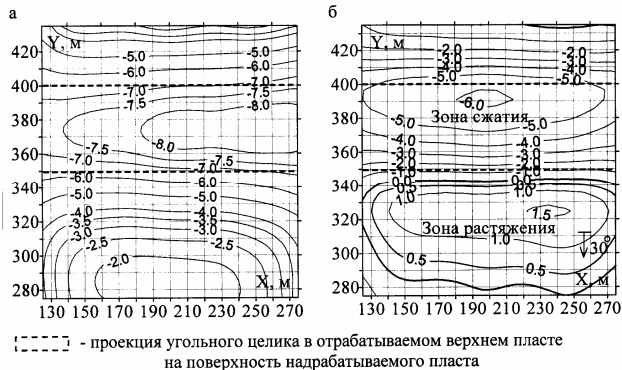


Рис. 4. Изолинии распределения горизонтальных напряжений в надрабатываемом пласте в зоне влияния угольного целика и выработанного пространства верхнего пласта: а – горизонтальные пласты; б – наклонные пласты

нимум в его середине (рис. 2,



а). Соответственно коэффициент концентрации вертикальных напряжений у границ целика составляет 2,8-3,0, а в середине – 1,6-1,7.

При увеличении угла падения пласта коэффициент концентрации вертикальных напряжений в точках максимума эпюры опорного давления снижается до 2,4 у границ целика и до 1,5 в его середине (рис. 2, б). Таким образом, с увеличением угла падения пласта, вертикальные напряжения снижаются на 10-15 %, а форма изолиний ассиметрична относительно оси целика.

Влияние угольного целика на надрабатываемый пласт проявляется следующим образом (рис. 3):

По результатам исследований влияния целика на формирование зон повышенного горного давления установлено, что при отработке пологого пласта зоны опорного горного давления формируются в угольном целике почти симметрично. Эпюра опорного горного давления имеет максимумы вертикальных напряжений у границ целика и ми-

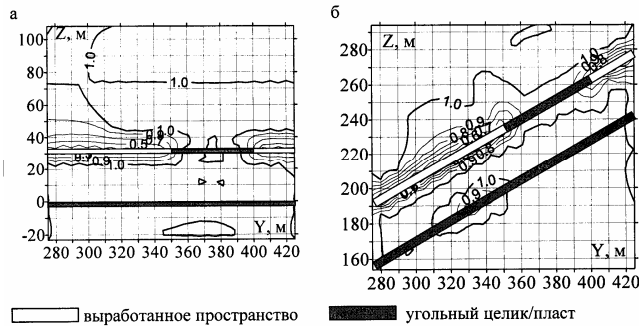


Рис. 5. Схема распределения зон разрушения угля и пород под влиянием угольного целика и выработанного пространства верхнего пласта: а – горизонтальные пласты; б – наклонные пласты

Длина выработанного пространства: ■ 50м ▲ 100м
 Аппроксимация методом наименьших квадратов: — 50м - - - 100м

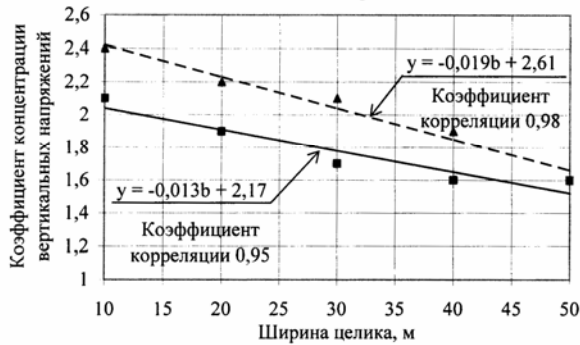
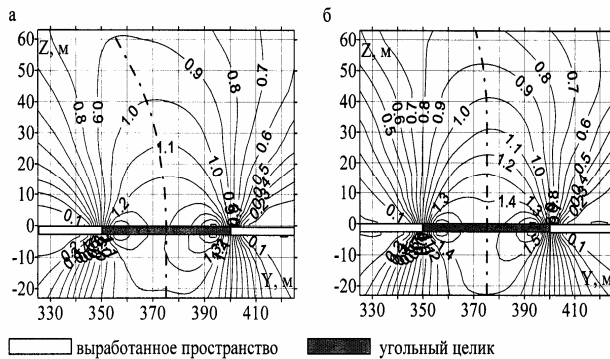


Рис. 6. Графики изменения коэффициента концентрации вертикальных напряжений в угольном целике при разной длине выработанного пространства

Рис. 7. Изолинии распределения коэффициента концентрации вертикальных напряжений при длине выработанного пространства отработываемого столба: а – 50 м; б – 100 м



- при горизонтальном залегании пласта точка максимума опорного давления располагается над серединой целика и коэффициент концентрации вертикальных напряжений составляет 1,6;
- при наклонном залегании пласта ($\alpha_y = 30^\circ$) точка максимума эпюры опорного давления смещается по линии падения пласта, а коэффициент концентрации составляет 1,3;

• выше и ниже проекции целика в надрабатываемом пласте наблюдаются зоны разгрузки, в которых коэффициент концентрации вертикальных напряжений меньше 1. Следует отметить, что угольный целик в отработываемом пласте находится в условиях объемного НДС. В середине целика горизонтальные и вертикальные напряжения сжимающие. Коэффициент бокового давления (λ) по оси OY составляет 0,48 при горизонтальном и 0,12 – при наклонном залегании пласта.

По горизонтальным напряжениям вдоль оси целика $\lambda = 0,48$ при угле падения $\alpha_y = 0^\circ$ и $\lambda = 0,28$ при $\alpha_y = 30^\circ$, т.е. полный вектор напряжений в середине целика характеризуется максимальным сжимающим вертикальным напряжением и равномерным сжимающим го-

ризонгальным напряжением по обеим осям с $\lambda = 0,48$ при горизонтальном залегании пласта (рис. 3, а).

При наклонном залегании пласта полный вектор напряжений характеризуется максимальным сжимающим вертикальным напряжением и неравномерным сжимающим горизонтальным напряжением по оси ОХ, т.е. вдоль оси целика $\lambda = 0,28$, а перпендикулярно оси целика $\lambda = 0,12$ (рис. 3, б).

Угольный массив надрабатываемого пласта также находится в условиях объемного напряженного состояния (рис. 4).

При горизонтальном залегании пласта все напряжения являются сжимающими (рис. 4, а). Горизонтальные напряжения по осям ОХ и ОУ отличаются незначительно, коэффициент бокового давления составляет 0,35.

При наклонном залегании пласта ($\alpha_y = 30^\circ$) в надрабатываемом пласте ниже проекции целика по линии падения выявлена зона растягивающих напряжений (рис. 4, б), в которых очевидно возникают трещины разрыва и возможны миграции флюидов из надрабатанного пласта в выработанное пространство выемочного участка 26-28 (рис. 1).

Непосредственно под угольным целиком в надрабатываемом пласте при наклонном залегании пород коэффициент бокового давления изменяется незначительно: вдоль оси ОУ $\lambda = 0,3$, а вдоль оси ОХ $\lambda = 0,38$.

По результатам исследований влияния целика на формирование зоны разрушения угля и пород установлено, что в отработываемом пласте угольный целик частично разрушается, однако сохраняет устойчивость в пределах 90 % от первоначальной прочности (рис. 5).

При горизонтальном залегании пласта ($\alpha_y = 0^\circ$) разрушение угля надрабатываемого пласта в зоне влияния целика не установлено (рис. 5, а). При наклонном залегании пласта ($\alpha_y = 30^\circ$) выявлено снижение прочности угля надрабатываемого пласта в

зоне, расположенной ниже нижней проекции целика, т.е. над выработанным пространством выемочного столба 26-28 (рис. 5, б). Остаточная прочность частично разрушаемого угля составляет 70 %.

Для исследования влияния ширины ленточного угольного целика на распределение параметров НДС углепородного массива при увеличении длины выработанного пространства между монтажной камерой и очистным забоем моделировалась отработка выемочного столба 26-28 для длины выработанного пространства (l) 50 и 100 м при изменении ширины угольного целика от 0 до 50 м с шагом 10 м.

Как следует из графиков на рисунке 6, при увеличении ширины угольного целика максимальное значение коэффициента концентрации вертикальных напряжений в угольном целике почти линейно снижается по зависимости $y = a_1 \cdot \sigma + a_0$, где σ – ширина угольного целика (рис. 6).

Из сравнения коэффициентов a_1 при разной длине выработанного пространства следует, что интенсивность изменения коэффициента концентрации вертикальных напряжений в угольном целике практически не зависит от размеров выработанного пространства, так как для $l = 50$ м $a_1 = -0,013$, а для $l = 100$ м $a_1 = -0,019$ (рис. 6).

В результате проведенных исследований установлено, что изолинии коэффициента концентрации вертикальных напряжений в породах кровли над угольным целиком имеют форму полуэллипсов, ось которых наклонена в сторону выработанного пространства отработываемого столба (рис. 7, а). С увеличением длины выработанного пространства ось наклона полуэллипсов располагается нормально к напластованию пород (рис. 7б). Следовательно, если длина выработанного пространства отработываемого столба меньше ширины этого пространства (длины лавы), необходимо применять алгоритм решения трехмерной задачи расчета параметров НДС массива горных пород.

Влияние длины выработанного пространства отработываемого угольного

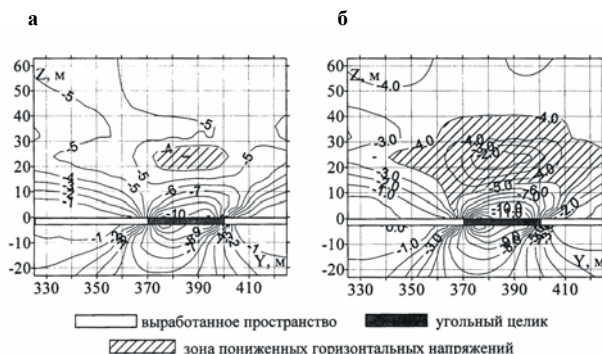


Рис. 8. Изолинии распределения горизонтальных напряжений при длине выработанного пространства отработываемого столба: а – 50 м; б – 100 м

столба на характер распределения НДС углепородного массива подтверждается разной интенсивностью горизонтальных напряжений.

П Как видно из рис. 8, в породах кровли над угольным целиком имеется зона пониженных горизонтальных напряжений, что, по-видимому, является следствием сдвижения породных слоев в выработанное пространство соседних выемочных участков. При увеличении длины выработанного пространства отработываемого столба зона пониженных горизонтальных напряжений над угольным целиком также увеличивается.

Сопоставление полученных численных результатов с теоретическими расчетами и данными многочисленных лабораторных и шахтных экспериментов [2, 4 и др.], позволяют сделать вывод об их качественном удовлетворительном совпадении.

Однако следует отметить, что методы расчета параметров НДС массива горных пород, основанные на решении двумерной задачи, дают только общее представление о тенденциях и степени влияния различных параметров. Экспериментальными методами определяются не абсолютные значения, а лишь ориентировочные величины, характеризующие напряженное состояние в пласте.

Использование пространственной расчетной модели позволяет выявлять количественные закономерности, которые можно использовать для оценки напряженного состояния в целиках и краевых частях пласта и прогнозирования при надработке угольных пластов на этапе проектирования ширины оставляемых целиков таким образом, чтобы их влияние не достигало надрабатываемого пласта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слесарев В.Д. Определение оптимальных размеров целиков различного назначения / В.Д. Слесарев. - М.: Углетехиздат, 1948. - 156 с.
2. Борисов А.А. Взаимодействие выработок при разработке свит пластов / А.А. Борисов. - Ленинград, 1980. - 97 с.
3. Методы и средства решения задач горной геомеханики / Г.Н. Кузнецов, К.А. Ардашев, Н.А. Филатов и др. - М.: Недра, 1987. - 248 с.
4. Расчет и экспериментальная оценка напряжений в целиках и краевых частях пласта уг-
5. Павлова Л.Д. Алгоритм прогноза напряженно-деформированного состояния и разрушения горных пород в окрестности подготовительной выработки / Л.Д. Павлова // Известия вузов. Горный журнал. - 2003. - № 1. - С. 59 - 63.
6. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике / А.Б. Фадеев. - М.: Недра, 1987. - 221 с.

Коротко об авторах

Павлова Л.Д. – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики, Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк.

