

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовский М.А. Естественная кусковатость горной породы // Докл. АН СССР. 1979. – Т. 247, № 4. – С. 829-831.
2. Садовский М.А. О распределении твердых отдельностей // Докл. АН СССР. 1983. – Т. 269, № 1. – С. 69-72.
3. Садовский М.А. Иерархия структур от пылинок до планет // Земля и Вселенная. 1984, № 6. – С. 5-9.
4. Шемякин Е.И. О свободном разрушении твердых тел // Докл. АН СССР. 1988. – Т. 300, № 5. – С. 1090-1094
5. Журков С.Н., Куксенко В.С., Петров В.А. Физические основы прогнозирования механического разрушения // Докл. АН СССР. 1981. – Т. 259, № 6. – С. 1350-1353.
6. Демидюк Г.П. Взрывные работы // Теория и практика открытых разработок. – М. : Недра. – 1979. – С. 397-431.
7. Бирюков А.В., Ташкинов А.С. Статистические модели в процессах горного производства. – Кемерово: Межвузиздат. — 1996. – 225 с.
8. Сантало Л. Интегральная геометрия и геометрические вероятности. – М. : Наука. – 1983. – 358 с.

Автор статьи:

Бирюков
Альберт Васильевич
- докт. техн. наук, проф., зав.каф.
высшей математики

УДК 622.831.232

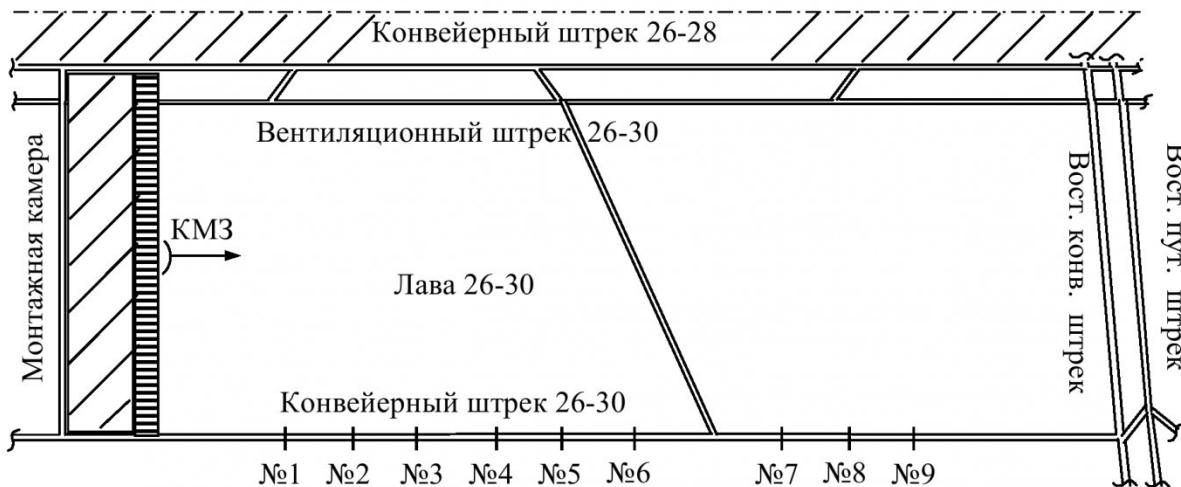
Л.Д.Павлова

НАСТРОЙКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В РАЗРУШАЕМОМ УГЛЕПОРОДНОМ МАССИВЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ШАХТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ угольных месторождений Кузбасса показал, что разнообразие типов геологических структур, их форм и размеров генетически связано с общим геотектоническим процессом формирования синклинария Кузнецкого угольного бассейна [1]. Соответственно

прослеживаются общие закономерности формирования многих месторождений брахисинклинального или моноклинального типов в геологической структуре этого бассейна. В этой связи представляется возможным использовать закономерности формирования НДС, установ-

ленные на отрабатываемых месторождениях угля, для прогноза геомеханической ситуации на перспективных месторождениях Кузбасса, в том числе восточной его части. В данной работе в качестве базового объекта исследований принято Байдаевское месторождение Кузбасса,



Rис. 1. Схема расположения наблюдательных станций №№ 1-9

Таблица 1

Результаты измерений конвергенции контура выработки на наблюдательных станциях №№ 1-9

Номер станции	Расстояние от монтажной камеры, м	Максимальная конвергенция, мм		Конвергенция на линии забоя, мм	
		кровля-почва	бок-бок	кровля-почва	бок-бок
1	200	950	600	80	120
2	250	600	500	300	80
3	300	620	950	60	310
4	370	840	1520	-	240
5	420	550	1100	-	110
6	460	1100	1100	55	210
7	540	400	750	45	305
8	610	500	830	50	-
9	660	350	1100	-	-

которое разрабатывается с 1934г. по настоящее время. В процессе отработки угольных пластов многими научными организациями проведены комплексные шахтные исследования в широком диапазоне горно-геологических условий, накоплен и обобщен большой объем результатов шахтных измерений сдвижений и деформаций углепородного массива.

В настоящее время верхние горизонты месторождения отработаны открытым и подземным способами. Подземные

горные работы ведутся на глубине более 500м в мульдовой части брахисинклинальной складки шахтами «Юбилейная» и «Абашевская». Наибольший объем исследований в условиях этих шахт проведен на пласте 26а.

Анализ результатов шахтных исследований геомеханических процессов при интенсивной отработке выемочных участков угольных шахт. Для установления количественных зависимостей проявлений горного давления спе-

циалистами шахты «Абашевская» были проведены экспериментальные исследования деформаций горных выработок, прилегающих к очистному забою [2]. Наблюдения осуществлялись в конвейерном штреке 26-30 пласта 26а шахты «Абашевская» (рис.1). Согласно паспорту выемочного участка, конвейерный штрек 26-30 пройден шириной 4,7 и высотой - 2,9м. Штрек был закреплен металлической рамной крепью. Вентиляционный штрек 26-30 пройден на расстоянии 20м от кон-

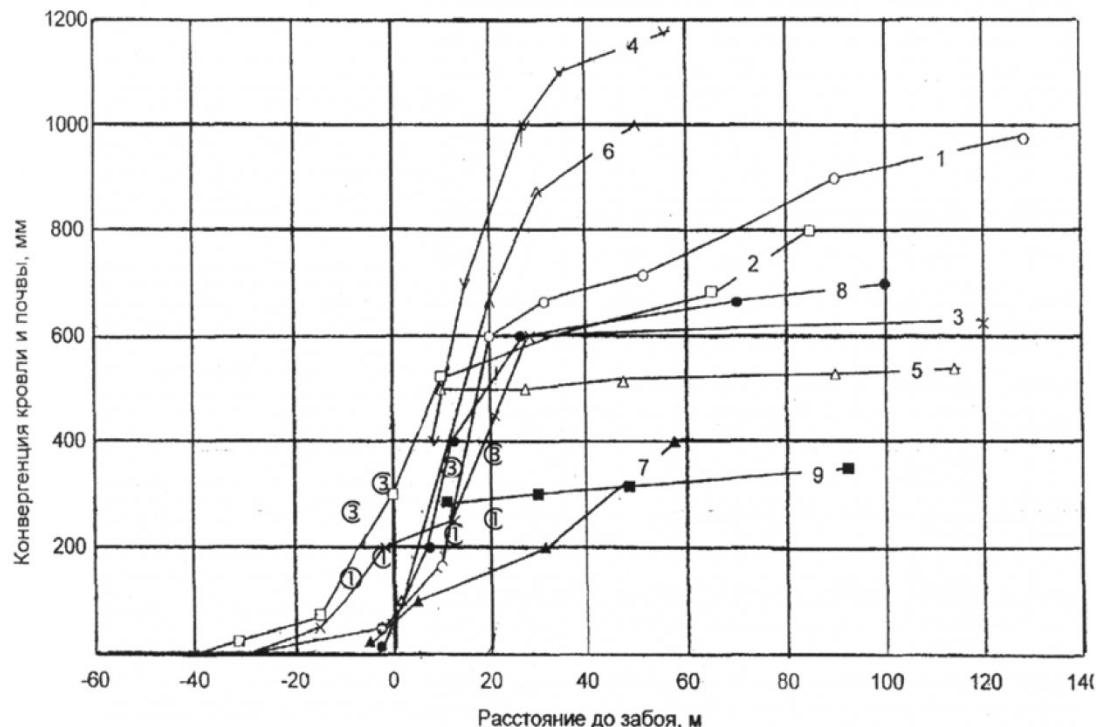


Рис. 2. Графики конвергенции кровли и почвы конвейерного штрека 26-30:
1, 2, 3, ... - номера наблюдательных станций; ①, ③ - расчетные смещения для станции №1, №3

вейерного штрека верхнего выемочного участка 26-30.

В конвейерном штреке 26-30 было оборудовано девять наблюдательных станций. На каждой станции закладывались две пары контурных реперов: одна - в кровле и почве, другая в боках штрека. Схемы расположения наблюдательных станций приведены на рис. 1.

Согласно программе исследований с помощью рулетки вами два раза в неделю проводились измерения конвергенции кровли и почвы, а также боков выработки. В сохраненной части штрека за очистным забоем измерялась ширина и высота выработки, так как контурные репера сохранить не удалось. Наблюдения продолжались в течение 8 месяцев. Было выполнено 112 серий измерений.

Результаты измерений и положение наблюдательных станций относительно монтажной камеры приведены в табл. 1.

На рис.2 приведены графики конвергенции кровли и поч-

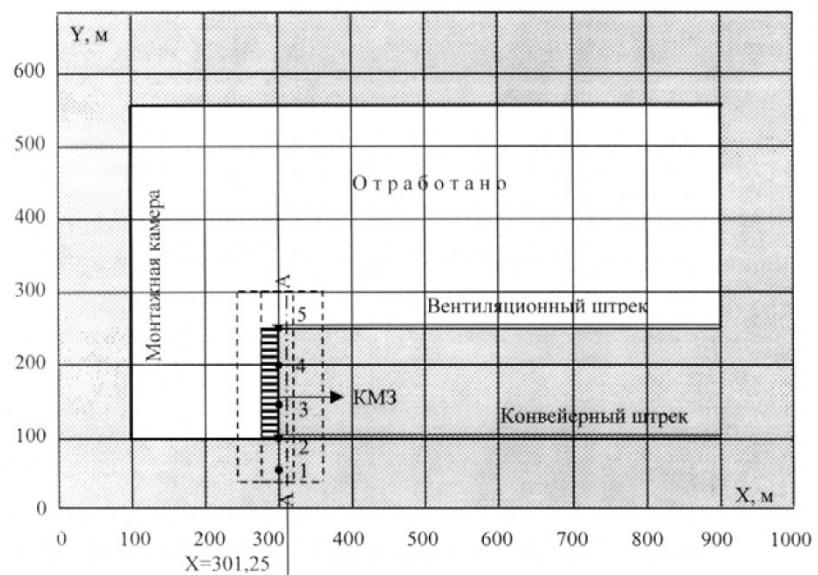


Рис. 3. Расчетная схема для базового варианта объекта исследований

вы для всех наблюдательных станций. Из рисунков следует, что каждый график можно рассматривать как реализацию случайного процесса. Согласно исследованиям И.Л. Черняка [3], разброс графиков явился следствием сложного последо-

вательно-циклического процесса зависания и обрушения пород кровли и неравномерного движения очистного забоя.

В случае зависания пород основной кровли или налагающей толщи с максимальной консолью конвергенция кровли

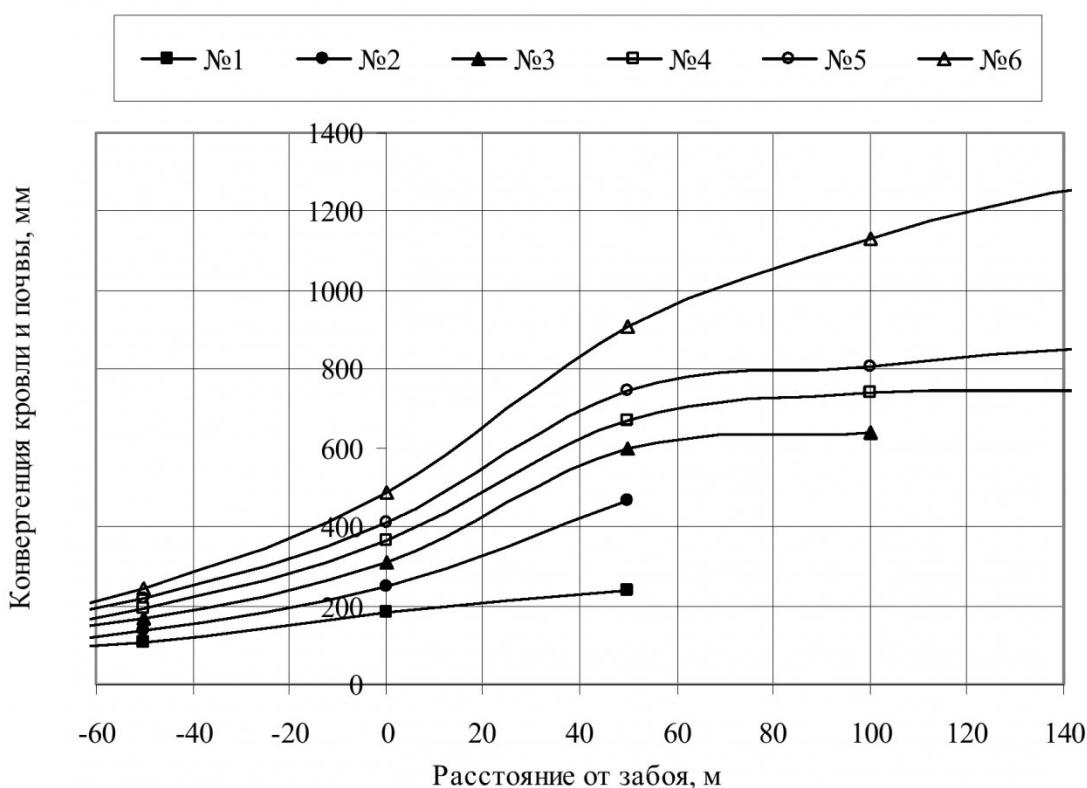


Рис. 4. Графики расчетной конвергенции кровли и почвы конвейерного штрека 26-30 для наблюдательных станций №№1-6

и почвы была в 4-5 раз выше по сравнению с конвергенцией кровли и почвы участка штрека, в пределах которого длина консоли зависающих пород была меньше шага обрушения пород кровли. Увеличение вертикальной конвергенции на пласте 26а объясняется тем, что из-за высокого горного давления происходило пучение пород почвы до 300-1000 мм. Это приводило не только к ухудшению состояния выработки, но и уменьшению ее поперечного сечения в 1,5-2,0 раза за счет пучения пород почвы, прогибов верхняков и отжима угля с боков выработки.

По результатам проведенных исследований также установлено, что в кровле формируются породные консоли над выработанным пространством, которые последовательно обрушаются с шагом 40-160 м. Циклический характер обрушения пород кровли подтверждает соответствие объекта исследований, изучаемого в настоящей работе, геомеханическим процессам обрушения подработанных породных массивов.

Результаты численного моделирования геомеханических процессов при интенсивной отработке выемочного участка 26-30 шахты «Абашевская». Для оценки адекватности пространственной расчетной модели геомеханических параметров в разрушающем углепородном массиве были вычислены сдвигения пород кровли и почвы пласта 26а. Расчетная схема углепородного пласта для определения параметров НДС массива горных пород методом конечных элементов представлена на рис. 3. В результате численного моделирования получены величины линейных и нелинейных смещений пород кровли и почвы, а также конвергенция кровля-почва по линии забоя.

Линейное решение выполнено на основе МКЭ, адаптированного для расчета пространственного НДС углепородного

Таблица 2
Коэффициент пересчета конвергенции «почва-кровля» для станции №1

Расстояние от забоя, м	Измеренная конвергенция U_{conv}^{fact} , мм	Расчетная конвергенция, U_{conv}^{calc} , мм	Коэффициент пересчета k_n
20	600	258,90	0,57
10	180	228,91	-0,27
0	80	187,36	-1,34
-10	50	168,35	-2,37

Таблица 3
Коэффициент пересчета конвергенции «почва-кровля» для станции №3

Расстояние от забоя, м	Измеренная конвергенция U_{conv}^{fact} , мм	Расчетная конвергенция, U_{conv}^{calc} , мм	Коэффициент пересчета k_n
20	410	391,37	0,05
10	250	349,51	-0,40
0	200	297,46	-0,49
-10	100	269,96	-1,70

массива в зоне влияния горной выработки сложной геометрической формы [4].

Для получения нелинейного решения выполнялся анализ напряжений, вычисленных по линейным смещениям, и, в зависимости от степени влияния выработки уступной формы, изменялись свойства угля и пород в конечных элементах с учетом функции времени. Затем на основе обобщенного критерия прочности Кулона-Мора определялась зона обрушения пород кровли, что также приводило к изменению свойств конечных элементов, расположенных в зоне нарушенных пород.

По результатам моделирования построены графики расчетной конвергенции кровля-почва конвейерного штрека 26-30 для 6 наблюдательных станций (рис. 4), которые графики позволяют оценить характер изменения смещений, конвергенцию пород кровли и почвы, а также сравнивать расчетные и фактические смещения в конвейерном штреке 26-30. Резуль-

таты расчетных конвергенций почва-кровля для наблюдательных станций № 1 и 3 нанесены на рис. 2. Сопоставление измеренных и вычисленных значений позволяет сделать вывод о том, что качественно характер изменения расчетных и фактических смещений пород кровли и почвы совпадает.

Количественно расхождение измеренных и вычисленных значений конвергенций почва-кровля связано с тем, что в расчетной модели не учтено влияние крепи усиления на сопряжении очистного забоя и конвейерного штрека. Кроме того, в процессе шахтных измерений установлено, что стойки конвейерного штрека 26-30 вдавливались в увлажненную почву до 1200 мм, а верхняки прогибались до 150 мм. Величина этого вдавливания в математической модели также не учитывалась.

В этой связи для настройки математической модели расчетные значения смещений пород почвы увеличивались пропорционально коэффициенту пересчета:

$$k_n = \frac{U_{conv}^{fact} - U_{conv}^{calc}}{U_{conv}^{fact}}$$

где U_{conv}^{fact} – измеренная конвергенция кровли и почвы конвейерного штрека;

U_{conv}^{calc} – расчетная конвергенция кровли и почвы конвейерного штрека.

Значения коэффициента пересчета по формуле (1) для замерных станций №1 и №3 приведены в табл. 2-3.

Тогда величины смещений пород почвы и кровли, вычисленные МКЭ, можно скорректировать с учетом имеющихся

фактических данных, используя коэффициент пересчета k_n

$$U_{corr}^{conv} = \frac{U_{conv}^{calc}}{(1 - k_n)}.$$

Так, сравнивая результаты шахтных измерений с результатами численного решения, можно сделать вывод о том, что параметры пространственной расчетной геомеханической модели с помощью коэффициента пересчета настроены корректно, так как достигнута адекватность смещений, измеренных глубинными реперами и полученных расчетных смещений в пределах погрешности шахтных измерений.

Разработанная расчетная геомеханическая модель используется автором для исследования влияния различных горно-геологических и горнотехнических факторов на пространственное распределение параметров напряженно-деформированного состояния углепородного массива при имитации движения очистных комплексно-механизированных забоев и формировании в выемочном поле выработанного пространства сложной геометрической формы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физико-технические свойства горных пород и углей Кузнецкого бассейна: Справочник / Г.Г. Штумпф, Ю.А. Рыжков, В.А. Шаламанов, А.И. Петров. – М.: Недра, 1994. – 447 с.
2. Лаврик В.Г. Взаимодействие геомеханических и газодинамических процессов при интенсивной отработке пологих газоносных пластов / В.Г. Лаврик, С.Р. Ногих, М.И. Радиковский. – Новокузнецк: АОУК “Кузнецкуголь”, препринт № 57, 1988. – 13 с.
3. Черняк И.Л. Управление состоянием массива горных пород / И.Л. Черняк, С.А. Ярунин. – М.: Недра, 1995. – 395 с.
4. 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.

□ Автор статьи:

Павлова

Лариса Дмитриевна

– канд. техн. наук, доц. каф. прикладной информатики (Сибирский государственный индустриальный университет)

УДК 622.831

В.А. Гоголин, Т.И. Кургужина

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ РАЗВИТИИ ГОРНЫХ РАБОТ И НЕПОЛНОЙ ПОДРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТИ

Рассмотрим процесс формирования опорного давления при развитии горных работ и неполной подработке поверхности.

Решаем плоскую задачу о распределении напряжений вокруг изолированной очистной выработки длиной $2x_0$. Выработка проведена горизонтально на глубине H в пласте мощностью $2h$. Напряженное состояние в пласте симметрично относительно середины длины выработки. Подработ-

ка поверхности неполная, т.е. $|x_0| < \ell$. Схему к расчету области опорного давления см. на рис. 1.

Закон нарастания нагрузки в зоне опорного давления от σ_o до σ_{max} согласно работе [7] считаем прямолинейным. Тогда в выбранной системе координат при $0 \leq x \leq a$:

$$\Sigma = -\gamma H + \sigma + k x,$$

где σ – опорное давление, γ – насыпной вес, H – глубина разработки, σ_o – напряжение на краю