ISSN 0135-3500. Записки Санкт-Петербургского государственного горного института. 1994. Том 139

УДК 622.284:622.831.32

П.Н.ДМИТРИЕВ, П.В.ЩИПАНОВ

АНАЛИЗ СЛОЖНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ЛАВЫ НА КОНВЕРГЕНЦИЮ ПОРОД В ШТРЕКАХ

Сопоставление наблюдаемости геомеханических процессов, формирующих различные проявления горного давления в окрестности очистного забоя, позволило обосновать применимость методов гармонического анализа для исследования влияния опорного давления лавы на конвергенцию пород в штреках. Приводится пример обработки замеров пучения почвы выемочного штрека методом спектрального анализа. Предложен способ интерпретации спектральной характеристики процесса пучения в зависимости от размеров выработанного пространства, который позволяет установить параметры шагов пригрузки со стороны зависающих слоев кровли.

Горно-геологическое обоснование параметров очистных работ на угольных пластах для новых выемочных полей разрабатывается в значительной степени с привлечением метода аналогий. При этом аналогами могут являться как ранее отработанные части соответствующих залежей, так и обобщенные и систематизированные сведения об опыте работы технологических систем в подобных горно-технических условиях.

В случае формирования в массиве горных пород, вмещающем очистные выработки, геомеханических явлений, не прогнозируемых методом аналогий, или при отсутствии аналогий неизбежны рассогласования технологических схем с условиями их применения.

В соответствии с рекомендациями [2] вероятность безотказной работы крепи λ горной выработки и безотказного состояния почвы выработки определим из выражения

$$P = P_k \cdot P_p = \exp(-\lambda_1 t) \cdot \exp(-\lambda_2 t),$$

где λ_1 и λ_2 – параметр потока отказов соответственно крепи и почвы выработки; P_k и P_p – вероятность безотказного состояния соответственно крепи и почвы выработки.

Параметр λ определяется как среднеарифметическое время (интервал) безаварийной работы t_c, т.е. геомеханическое состояние массива горных пород предполагается неизменным как условие сопоставимости значений интервалов t_c.

Методы прогнозирования надежности работы технологических систем типа горных выработок, особенно – повторно используемых в бесцеликовых системах разработки, традиционно оперируют среднеарифметическими наблюдаемыми значениями случайных величин. В действительности же получение больших объемов случайных значений параметров геомеханических процессов, удовлетворительно описываемых стандартными законами распределения, возможно лишь при условии наблюдаемости (регистрируемости) всех основных влияющих факторов.

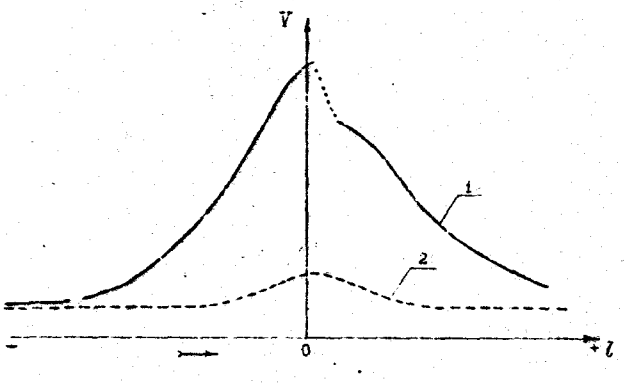


Рис.1. Изменение скорости опускания кровли V в зависимости от расстояния до комбайна l

Например, изучение процессов деформирования и разрушения непосредственной кровли в очистных забоях при управлении кровлей полным обрушением вполне удовлетворительно может использовать аппарат простейшей статистики, ставя порой задачу минимизации количества измерений. И в самом деле, зависимости, например, скорости опускания кровли V в неподдерживаемом пространстве очистного забоя в функции от расстояния l до исполнительного органа комбайна, производящего выемку полезного ископаемого, надежно описываются кривыми, аналогичными кривой I рис.1. Здесь зависимость I описывает процесс опускания нижнего слоя кровли, сложенной аргиллитами и слабыми алевролитами (стрелкой указано направление перемещения комбайна вдоль забоя). Кривая 2 того же рисунка описывает опускания кровли, менее склонной к прогибам, в незакрепленном призабойном пространстве при тех же технологических параметрах.

Выполненные нами исследования для пород кровли различной структуры обладают вполне определенным количественным содержанием, однако качественно совершенно подобны описаниям процесса деформирования непосредственной кровли в призабойном пространстве, приводимым различными авторами для других условий [1,3,4] и др.

Во всех случаях опускания кровли могут быть описаны кривой

$$\begin{aligned} V_+ &= A\left(\exp(-L^2)+1\right) && \Big| \quad L=[0;+]; \\ V_- &= \frac{1}{A\exp(-L)\sqrt{(1+L^2)}} && \Big| \quad L=[-;0]. \end{aligned} \qquad (1)$$

Процессы такого рода достаточно подробно изучены в строительной механике, что позволяет нам находить статистически надежные аппроксимирующие аналогии процессам деформирования нижних слоев кровли очистной выработки в модельных или реальных объектах типа плит, балок, стенок, стержней и т.п.

Напротив, кажущиеся стационарными на удалении от зоны интенсивного влияния очистного забоя геомеханические явления типа опускания кровли или поднятия почвы выемочных выработок на поверку могут оказаться практически непрогнозируемыми. Сложности охраны повторно используемых выемочных выработок при бесцеликовых системах разработки общеизвестны. Причина этого кроется, по нашему мнению, в недостаточной изученности и, как следствие, неучете существенных составляющих процессов деформирования и разрушения слоистого массива горных пород, пригружающего опорный контур охраняемой горной выработки.

На стадии планирования эксперимента по изучению геомеханических процессов, существенно зависящих от размеров выработок (выработанных пространств), предлагается делить целевые установки наблюдений и экспериментов на два класса:

1) получение коэффициентов для функциональных зависимостей типа законов;

2) нахождение параметров геомеханических процессов, происходящих в новых, ранее неизученных горно-геологических и горно-технических условиях.

Классификационным критерием будет наблюдаемость, контролируемая как надежность. Классы классификации не находятся в иерархической связи. Геомеханические явления I-го класса, обладающие высокой наблюдаемостью, не требуют длительных исследований, с разработкой оригинальных методик. Напротив, явления 2-го класса могут быть изучены в значительной мере лишь с

Результаты замеров пучения почвы штрека № 529

b, мм	L, м	b, мм	L, м	b, мм	L, м
25	100	75	170	150	240
25	110	100	180	150	250
50	120	225	190	325	260
25	130	250	200	225	270
50	140	250	210	325	280
50	150	250	220	250	290
75	160	150	230	...	...
				275	960

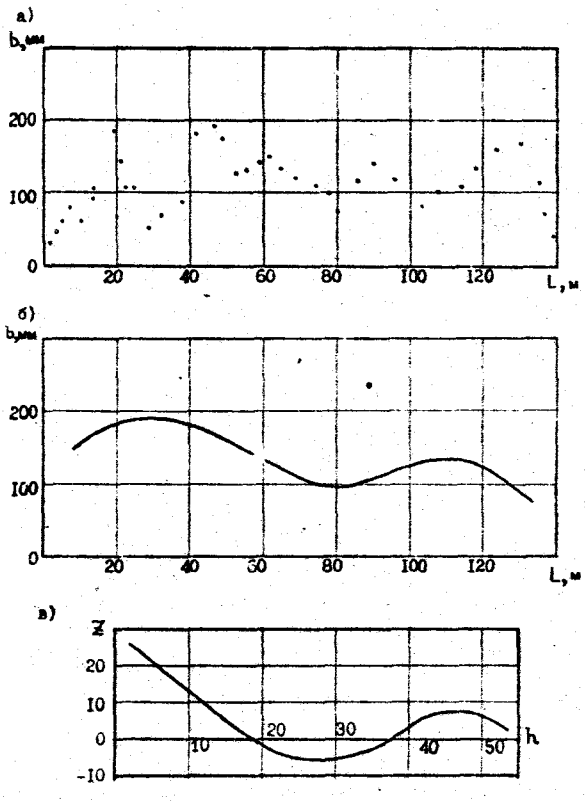


Рис.2. Исследование зависимости интенсивности пучения почвы штрека b от протяженности выработанного пространства L

привлечением нетрадиционных методов анализа. Вчполненные на кафедре РПМ СПГТИ по специальной методике исследования показали необходимость и возможность получения новой геомеханической информации из традиционно доступных первичных данных путем привлечения дополнительных методов анализа.

В качестве примера рассмотрим результаты наблюдений за конвергенцией пород в выемочных выработках пласта 5 шахты "Капитальная" Интинского угольного месторождения. В таблице приведены поднятия почвы b выработки у сопряжения с очистным забоем в зависимости от протяженности выработанного пространства L.

На рис.2,а приведен вид необработанного распределения $b=f(L)$. Аппроксимация полиномом 5-й степени позволяет получить достаточно простое выражение вида (кривая рис.2,б)

$$b = -420 + 545L - 158{,}5L^2 + 19L^3 - 0{,}8L^4. \qquad (2)$$

Геомеханическая интерпретация такого вида функциональных зависимостей весьма затруднена.

В процессе проверки первичного распределения данных таблицы на наличие автокорреляции при помощи созданного на кафедре РПМ СПГТИ пакета прикладных программ "СТАТ" было установлено, что общий вид автокорреляционной функции (АКФ), представленной на рис.2,в, указывает на присутствие в процессе пучения почвы выработки сложного внешнего воздействия с неявной периодичностью. Анализ АКФ позволяет предположить существование этого внешнего к наблюдаемой системе выработок воздействия, проявляющегося с шагом сдвига АКФ 40 и 120 м.

С учетом данных шахтной геологической, технологической и маркшейдерской служб указанные неоднородности АКФ были интерпретированы как зоны интенсивного опорного давления со стороны зависающих подрабатываемых

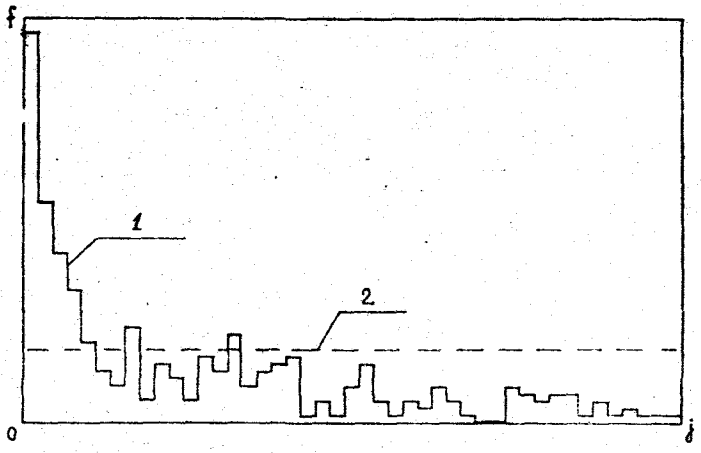


Рис.3. Спектральная характеристика распределения опорного давления
1 – сигнал; 2 – шум

слоев массива горных пород, в том числе деизинтерированного ранее выполненными очистными работами на вышележащих смежных пластах свиты.

На втором этапе, в предположении возможности существования периодической составляющей интенсивности проявлений опорного давления от очистного забоя по переменной длине наблюдаемой выработки, распределение первичных данных $b = f(L)$ было подвергнуто спектральному анализу с применением метода быстрого преобразования Фурье (БПФ). Анализ спектральной характеристики геомеханического процесса (рис.3) отчетливо указывает на существование нескольких явно периодических явлений изменения интенсивности опорного давления в выработке.

Параметры обнаруженных периодических проявлений опорного давления в охраняемой выработке позволяют интерпретировать эти гармонические процессы как зависания пакетов подрабатываемых слоев пород. Различия в расположении слоев кровли над выработкой по высоте, в условиях защемления пакетов слоев в сочетании с их собственными деформационными характеристиками, определяют переменный характер суммарных амплитуд и периодов проявлений опорного давления в окрестности наблюдаемой выработки как суперпозиционный.

Знание шагов зависания подрабатываемых слоев кровли, не регистрируемое другими способами, может быть использовано при выборе способов охраны выработок и управления горным давлением в очистной выработке. Напротив, предварительное сглаживание первичных данных, не изменяя общего вида аппроксимационной функции (2), существенно корректировало вид АКФ таким образом, что приводило ее в соответствие нормальному закону распределения и "нивелировало" всякое внешнее воздействие на систему. Кроме того, установлено, что предварительное аппроксимационное сглаживание уравнением вида (2) лишает информативности применение спектрального анализа или существенно снижает ее.

Выводы

I. В случае измерений конвергенции пород в контуре протяженных горных выработок рекомендуется при больших объемах выборки не проводить сглаживание первичных данных до проверки рабочей гипотезы о наличии периодических изменений конвергенции от зависаний подрабатываемых слоев кровли.

2. Для проверки гипотезы о периодичности проявлений опорного давления в окрестности очистного забоя применен метод спектрального анализа замеров конвергенции в штреке, что позволило установить параметры шагов пригрузки со стороны зависающих слоев кровли, а также выделить влияние отдельных слоев или пакетов слоев пород.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1980.

2. Воробьев Б.М., Бурчаков А.С., Шибаев Е.В. Надежность технологических схем и процессов угольных шахт. М.: Недра, 1975.

3. Докукин А.В., Коровкин Ю.А., Яковлев Н.И. Механизированные крепи и их развитие. М.: Недра, 1984.

4. Якоби О. Практика управления горным давлением: Пер. с нем. М.: Недра, 1987.