

УДК 622.831.322.001

И.В. Антипов, В.Б. Грядущий,  
А.В. Савенко (Технопарк «Углемаш»)

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОЧИСТНЫХ ЗАБОЯХ ШАХТЫ ИМ. В.М. БАЖАНОВА**

Розробленою методикою комплексних досліджень у діючих очисних вибоях передбачене одночасне виконання інструментальних вимірів геомеханічних процесів і хронометражних спостережень за виконанням штатних і позаштатних операцій в очисному вибою. Обробка результатів спостережень виконується комплексно за допомогою методів математичного моделювання, групового обліку аргументів, теорії надійності і планування експериментів.

### **WORKING OUT OF COMPLEX RESEARCH PRINCIPLES IN LONGWALLS OF V.M. BAZHANOV MINE**

The complex research principles in longwalls stipulates simultaneous performance of geomechanical processes and time-study supervision of regular and supernumerary operations in longwall. Processing of supervision results is carried out in complex by the methods of mathematical modelling, group method of data handling, theories of reliability and experiments planning.

#### **1. Актуальность, цель и задачи исследований**

На шахтах им. Г.М. Димитрова в 1993 году [1] и им. А.Ф.Засядько в 1997 и 2001 годах [2, 3] были проведены исследования в очистных забоях во время которых установлены и формализованы закономерности ускорения геомеханических процессов в горном массиве [4]. Однако, эти исследования не предусматривали проведение хронометражных наблюдений за выполнением технологических процессов и операций в очистных забоях. Поэтому не представляется возможным оценить технологическую надежность производственных процессов в линейной части и на концевых участках лавы.

По результатам исследований было установлено, что при выполнении процессов очистной выемки угля ускорение конвергенции вмещающих пород закономерно в момент передвижки крепи [5]. Методиками исследований на

шахтах им. Г.М. Димитрова и им. А.Ф. Засядько не предусматривалось непрерывная фиксация показаний измерительной стойки в процессе передвижки замерной станции поэтому такой вывод базируется на аппроксимации значений конвергенции пород до и после передвижки секции крепи.

Известно, что геомеханические процессы в горном массиве на концевых участках очистного забоя имеют некоторые особенности по сравнению со средней частью лавы [6]. Выполненные ранее инструментальные наблюдения [1-3] проводились в очистных забоях оснащенных однотипными секциями механизированных крепей, как в линейной части лав, так и на концевых участках. Поэтому невозможно оценить степень влияния типа и силовых характеристик крепи на геомеханическую картину в районе сопряжения лавы с подготовительными выработками.

Горные породы до проведения в них выработок находятся в состоянии напряженного геостатического равновесия. При ведении горных работ равновесие нарушается и породы приходят в движение. Кинематика горных пород является следствием проявления сложных процессов в толще пород, окружающих угольный пласт, в самом пласте и в механизированной крепи. Поскольку для наблюдений доступны, главным образом, движения слоев, непосредственно прилегающих к угольному пласту, шахтные наблюдения дадут возможность изучения горного давления, проявляющегося в видимых движениях кровли и почвы пласта.

Данные полученные во время инструментальных и визуальных наблюдений позволят сделать выводы о природе сил, проявляющихся при ведении горных работ, а также дать количественную оценку взаимодействия элементов системы «крепь - боковые породы».

Хронометражные наблюдения являются наиболее эффективным инструментом учета результатов функционирования технических и технологических решений с точки зрения их надежности. До настоящего времени надежность функционирования очистных забоев с механизированными крепями различного технического уровня не определялась. Поэтому не были установлены закономерности формирования надежности в условиях применения в одной лаве разных типов механизированных крепей.

Проводимые шахтные исследования позволят получить исходные данные для комплексного решения вопросов взаимосвязи технологических операций в лаве и геомеханических процессов в породном массиве, а также установить закономерности формирования технологической надежности очистного забоя с разными типами механизированных крепей.

Проводимые на шахте им. В.М. Бажанова исследования являются продолжением выполненных ранее шахтных наблюдений для дальнейшего изучения геомеханических процессов в горном массиве и технологических операций в очистных забоях.

Цель комплексных инструментальных исследований на шахте им. В.М. Бажанова - уточнить закономерности протекания геомеханических процессов в горном массиве при использовании в очистном забое разных типов крепи, по-

лучить исходные данные для формализации технологических операций очистного цикла и установления их взаимосвязи с геомеханическими процессами в горном массиве, установить закономерности формирования технологической надежности очистного забоя с механизированными крепями различного технического уровня.

Задачи шахтных инструментальных исследований:

- определить численные значения конвергенции пород в призабойном пространстве вдоль забоя при применении в одной лаве механизированных крепей с различными силовыми параметрами;

- дать качественную и количественную оценку взаимодействия элементов системы «крепь - боковые породы» в условиях различных силовых параметров крепи вдоль очистного забоя;

- получить фактические данные о сдвигении горных пород во времени и пространстве при взаимодействии с механизированными крепями разного технического уровня;

- установить закономерности формирования технологической надежности очистного забоя с различными типами крепи;

- построить в единой системе координат планограммы работ в лаве, графики конвергенции пород и фактические рабочие характеристики различных типов механизированных крепей.

2. Обоснование продолжительности наблюдений и необходимого объема информации

Минимально необходимое количество и продолжительность наблюдений определяются с помощью методов теории планирования эксперимента [7-9] и использованием коэффициентов, приведенных в справочной литературе [10, 11].

Если величина  $t_i$  представляет собой случайные наработки между соседними отказами восстанавливаемого объекта (очистного забоя), то опытная наработка на отказ  $T_{on}$  составляет:

$$T_{on} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (1)$$

где  $n$  - количество независимых опытов (наблюдений);  $t_i$  - случайные наработки на отказ, ч.

В этом случае границы доверительного интервала продолжительности наблюдений определяются по формулам:

$$T_n = r_3 T_{on} \quad (2)$$

$$T_g = r_1 T_{on} \quad (3)$$

где  $T_n$  - время наработки на отказ, ч;  $T_в$  - время восстановления работоспособного состояния очистного забоя, ч;  $r_1, r_3$  - безразмерные коэффициенты.

Если наблюдения в очистном забое проводятся в течение наработки  $t_u$  и при этом зафиксировано  $m$  отказов, то вместо уравнения (1) будем иметь:

$$T_{on} = \frac{t_u}{m} \quad (4)$$

В этом случае нижняя граница доверительного интервала  $T_n$  находится из уравнения (2) по формуле:

$$T_n = r_2 T_{on} \quad (5)$$

где  $r_2$  - безразмерный коэффициент.

Выполнив тождественные преобразования с формулами (4) и (5), получаем:

$$T_n = \frac{t_u}{r_o} \quad (6)$$

где  $r_o$  - безразмерный коэффициент.

Если наблюдения ведутся до получения заданного числа отказов, а время испытаний является случайной величиной, то используются коэффициенты  $r_1$  и  $r_3$ . Когда наблюдения проводятся в течение заданного промежутка времени, а получаемое число отказов является случайным, то при определении границ доверительного интервала используются коэффициенты  $r_1$  и  $r_2$ . Коэффициент  $r_o$  используется, если наблюдения ведутся до первого отказа. Задавая минимальную наработку на отказ  $T_{min}$ , можно определить минимально необходимую наработку при проведении наблюдений по формуле:

$$T_n = \frac{t_u}{r_o} \geq T_{min} \quad (7)$$

Окончательно получаем выражение для определения минимально необходимой продолжительности наблюдений:

$$t_{min} = r_o T_{min} \quad (8)$$

Подвигание очистного забоя на шахте им. В.М. Бажанова составляет в среднем 1,6...2,4 м/сут. Расчет минимальной продолжительности наблюдений выполняется для среднего значения суточного подвигания очистного забоя - 2 м/сут. Получаем, что минимальная продолжительность наблюдений в одном забое составляет 135 часов, или 23 смены.

### 3. Методы и средства инструментальных исследований

Наблюдения в очистном забое выполняются непрерывно в течение расчетного интервала времени необходимого для получения необходимого объема информации (не менее 23 рабочих смен), носят комплексный характер и предполагают геомеханические измерения поведения горных пород и хронометраж продолжительности выполнения штатных и нештатных операций в очистном забое.

Натурные геомеханические наблюдения выполняются с помощью следующих приборов и инструментов: измерительные стойки СУИ2, индикаторы часового типа ИЧТ0,01, показывающие манометры МПЗ, секундомер, рулетка.

Для инструментальных замеров и визуальных наблюдений в лаве оборудуется замерная станция на одной из секций механизированной крепи. На гидравлической стойке через предохранительный клапан устанавливается манометр МПЗ, показания которого дежурный наблюдатель фиксирует с интервалами 10 мин, а во время прохода комбайна и перемещения секций крепи в районе замерной станции каждую минуту. Для измерения конвергенции вмещающих пород используются стойки СУИ2 с индикаторами часового типа ИЧТ0,01. Показания индикаторов и манометров фиксируются одновременно. Геологическая и вынимаемая мощность пласта измеряются рулеткой один раз в смену. Расстояние от забоя до точки первого контакта перекрытия с кровлей, а также толщина породной подушки на перекрытии определяются на каждом цикле передвижки крепи.

Первая замерная станция оборудуется на сопряжении лавы с конвейерным штреком. Затем она перемещается вверх по лаве через одну секцию и в каждом месте дислокации замеры выполняются до и после прохода комбайна и передвижки секции крепи.

При организации наблюдений учитывается следующее:

- 1) все процессы в угольном забое можно охватить только непрерывными наблюдениями в рабочие смены;
- 2) измерения, не связанные с производственными процессами в забое, не представляют интереса, поскольку они не дают возможности выявить связь между геомеханическими процессами в горном массиве и технологическими операциями в очистном забое.

Горно-геологические и горно-технические условия наблюдений определяются шахтной документацией и путем непосредственных измерений и наблюдений. Детально и всесторонне рассматриваются механические и структурные свойства массива горных пород на каждой замерной станции.

Хронометражные наблюдения за продолжительностью выполнения операций в очистном забое проводятся с точностью до 5 мин. При этом фиксируется время работоспособного и неработоспособного состояния очистного забоя с указанием причин и времени устранения отказов.

### 4. Представление результатов исследований

Обработка результатов наблюдений выполняется комплексно с помощью методов математического моделирования, группового учета аргументов, теории

планирования экспериментов и теории надежности.

В соответствии с задачами исследований необходимо формализовать зависимости параметров, характеризующих работу очистных забоев, от комплекса влияющих факторов.

При выборе моделируемых параметров учитывается следующее:

- параметр должен быть весомым, т.е. наиболее полно характеризовать исследуемый объект, его полезные свойства, выход продукции и т.д.;
- желательно чтобы параметр имел простой экономический, технический, или физический смысл, чтобы он легко вычислялся, или измерялся;
- параметр обязательно должен быть количественным, т.е. иметь числовую оценку;
- предпочтительно, чтобы параметр был универсальным, т.е. сопоставим с аналогичными показателями других объектов.

В качестве параметров, характеризующих систему “технология очистных работ” могут выступать экономические - себестоимость угля, производительность труда и др., или технические - надежность функционирования, нагрузка на забой и др. Выбор параметров осуществляется в соответствии с целью проводимых исследований.

Для установления технических возможностей объекта исследования, комплексно-механизированной технологии очистных работ, наиболее приемлемы показатели нагрузки на очистной забой и коэффциента готовности.

Эти параметры достаточно полно характеризуют полезные свойства объекта: выход готовой продукции в единицу времени и вероятность работоспособного состояния. Они имеют простой технический и физический смысл, легко измеряются, оцениваются численным значением, сопоставимы с аналогичными показателями других технологий добычи угля. Факторами при этом выступают затраты времени на выполнение штатных и нештатных процессов и операций очистного цикла.

При решении задач формализации закономерностей геомеханических процессов обеспечивается возможность использования полученных результатов для построения эмпирических зависимостей показателей проявления горного давления от комплекса горно-геологических и горно-технических факторов.

Полученные данные о характере изменения и количественные показатели проявлений горного давления в конкретных горно-геологических и горно-технических условиях подвергаются статистической обработке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипов И.В., Поважный С.Ф. Шахтные исследования особенностей взаимодействия механизированных крепей с вмещающими породами // Известия вузов. Горный журнал. - 1994.- N 3.- С. 45-50.
2. Антипов И.В., Кравченко В.Е., Щербинин Д.В. Шахтные исследования конвергенции вмещающих пород // Уголь Украины.- 2000.- N 10.- С. 24-27.
3. Антипов И.В., Филимонов П.Е., Грядущий В.Б., Гатауллин Н.Н. Шахтные исследования и моделирование геомеханических процессов / Сб. научн. тр. "Геотехническая механика".- ИГТМ НАН Украины, № 30.- 2003.- С. 160-165.
4. Звягильский Е.Л., Филимонов П.Е., Антипов И.В., Щербинин Д.В. Ускорение конвергенции вмещающих пород в очистных забоях // Уголь Украины.- 2002.- N 8.- С. 33-36.
5. Филимонов П.Е. Формализация процесса конвергенции вмещающих пород в высокопроизводительном

очистном забое // Геотехническая механика. Сб. научн. тр. ИГТМ НАНУ. - 2004. - Вып. 48. - С. 153–163.

6. Грядущий В.Б. Научные концепции и гипотезы о формировании напряжений в горном массиве на концевых участках лав / Сб. научн. тр. "Геотехническая механика".- ИГТМ НАН Украины, № 48.- 2004.- С. 205-217.

7. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичной обработки данных / С.А.Айвазян, И.С.Енюков, Л.Д.Мешалкин.- М.: Финансы и статистика, 1983.- 471 с.

8. Шенк Х. Теория инженерного эксперимента.- М.: Мир, 1972.- 381 с.

9. Тимошенко Г.М., Зима П.Ф. Теория инженерного эксперимента.- Донецк: ДПИ, 1984.- 60 с.

10. Надежность технических систем: Справочник/Под ред. И.А.Ушакова.- М.: Радио и связь, 1985.- 608 с.

11. Таблицы для анализа и контроля надежности / Я.Б.Шор, Ф.И.Кузьмин.- М.: Советское радио, 1968.- 288 с.