

УДК 622.283.74

**В.Е. Толкачев**

## **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ КРЕПИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Проанализированы существующие критерии надежности крепи подготовительных выработок. Проведены шахтные исследования по выявлению отказов крепи. Получены корреляционные зависимости ожидаемых деформаций выработки для основных способов охраны. Предложена методика определения коэффициента отказа крепи, позволяющая проектировать крепь подготовительных выработок с заданной надежностью.*

*Ключевые слова: критерии надёжности крепи, коэффициент отказа крепи, деформация выработки, заданная надежность крепи.*

**П**роблема поддержания устойчивости подготовительных выработок выемочных участков является одной из основных проблем повышения технико-экономической эффективности подземной угледобычи. Неудовлетворительное состояние выработок и выполнение в них ремонтных работ отрицательно влияют на работу очистных забоев и внутришахтного транспорта, ухудшают условия проветривания, снижают уровень техники безопасности при ведении горных работ.

Такое положение объясняется, главным образом, несоответствием применяемых крепей и способов поддержания выработок характеру развития геомеханических процессов.

На сегодняшний день оценка состояния горных выработок с позиции теории надёжности базируется на статистическом подходе, основанном на наблюдении отказов, как элементов, так и выработок в целом.

Кошелевым К.В. [1] и Бродским В.П. [2] предложены критерии оценки конструкции крепи, основными из

них является критерии относящиеся к группе технико-экономических показателей такие как: извлекаемость и возможность повторного использования крепи; площадь, занимаемая крепью в сечении выработки и характеризующая величину необходимого увеличения размеров выработки в черне по сравнению с проектными размерами в свету; надёжность; стоимость и трудоёмкость возведения крепи и её ремонта; межремонтный период; отношение стоимости крепёжного материала используемого для данной крепи к её технической несущей способности.

Для оценки применяемого вида крепи [1] используется критерий целесообразности, который включает в себя два показателя: вероятностную надёжность крепи и вероятностную эффективность крепи:

$$K_{ц} = V + K_{эф}, \quad (1)$$

где  $V$  – показатель вероятностной надёжности крепи;  $K_{эф}$  – показатель вероятностной эффективности крепи.

Показатель вероятностной надёжности крепи определяется как:

$$V = 1 - H_i, \quad (2)$$

где  $H_i$  – коэффициент отказа;

$$H_i = m_i / N \leq 1, \quad (3)$$

где  $m_i$  – протяженность деформированного участка (выработки), закреплённой данной крепью, м;  $N$  – общая протяженность участка (выработок), закреплённых данной крепью, м.

Показатель вероятностной эффективности крепи:

$$K_{эф} = C_{min} / C_i, \quad (4)$$

где  $C_{min}$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> выработки (полная с учётом затрат на поддержание), закреплённой данной крепью, руб.;  $C_i$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> выработки, закреплённой другой крепью в аналогичных условиях, руб.

Данным критерием целесообразности в такой постановке можно пользоваться, только зная протяженность деформированного участка выработки, что весьма сложно.

Для определения временных критериев оценки уровня эксплуатационной надежности необходимо наблюдать за состоянием набора выработок, пройденных и поддерживаемых в одинаковых горно-геологических условиях при фиксации объема и времени отказов. Получение достоверной информации в этих случаях затруднительно из-за большого объема выработок и значительных трудозатрат.

Для преодоления указанных трудностей необходимо заменить временные показатели, показателями, характеризующими процесс смещения контура выработки. Смещение контура выработки является комплексным показателем, оценивающим надежность работы системы «крепь – порода».

Для объективной оценки надежности крепи подготовительных выработок с учётом деформаций (отказов), были проведены шахтные исследования на шахтах Российского Донбасса.

Шахтные исследования показали, что эксплуатационная надежность горной выработки определяется устойчивостью породного контура горной выработки, конструктивной надежностью крепи и эффективностью функционирования механической системы «крепь – боковые породы». Надежность крепления выработки необходимо рассматривать как комплексное свойство, включающее в себя свойство безотказности, ремонтпригодности и сохраняемости. Поэтому при количественной оценке надежности крепи необходимо выбирать совокупность показателей, характеризующих те из свойств, которые являются наиболее значимыми для исследуемой системы.

Обширные исследования, проведенные автором на шахтах Российского Донбасса, позволили получить адекватные корреляционные зависимости ожидаемых деформаций выработки для основных способов охраны:

#### **массив – угольный целик**

$$U_{max} = 5,91m^2 + 1393 \left( \frac{\gamma H}{\sigma_{сж}} \right)^2 + 2,60(l)^2 + \frac{1718}{b} + 0,0016(L)^2 + \frac{14300}{q} + 0,00066(S)^2 - 389; \quad (5)$$

#### **массив – бутокостры**

$$U_{max} = 117,3(m)^2 - 350,4 \left( \frac{\gamma H}{\sigma_{сж}} \right) + 6,21(l)^2 + \frac{122,3}{b} - \frac{41200}{L} - 0,023(q)^2 + 0,154(S)^2 - 494,9; \quad (6)$$

#### **массив – бутовая полоса**

$$U_{max} = 1,42 \cdot l + 48,07 \cdot m^2 - 1,06 \cdot q + 71,29 \cdot \left( \frac{\gamma H}{\sigma_{сж}} \right) - 5,81 \cdot b + 0,14 \cdot L + 234,6;$$

### массив – железобетонные тумбы

$$U_{\max} = 278(m)^2 + 1298 \left( \frac{\gamma H}{\sigma_{\text{сж}}} \right)^2 + 8,424(l)^2 + \frac{85,84}{b} + 0,0019(L)^2 - 29,61(q) - 0,080(S)^2 + 28,49; \quad (8)$$

### массив – тумбы БДБ

$$U_{\max} = 150m^2 + 2222 \left( \frac{\gamma H}{\sigma_{\text{сж}}} \right)^2 + 4,123(l)^2 + \frac{76,86}{b} + 0,0059(L)^2 - 499 \cdot \ln(q) - 0,145(S)^2 + 2519; \quad (9)$$

где  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  $\gamma H / \sigma_{\text{сж}}$  – критерий устойчивости пород кровли;  $l$  – пролёт выемочного штрека в проходке, м;  $b$  – ширина угольного целика или бутовой полосы (м), или количество рядов железобетонных тумб или бутокостров, штук;  $L$  – расстояние до лавы, м;  $q$  – расчетное сопротивление крепи штрека на  $1 \text{ м}^2$  кровли, кПа;  $S$  – обрушаемость основной кровли.

Зависимости (5–9) можно использовать для оценки уровня надежности крепи на стадии ее проектирования. Предлагается определять коэффициент отказа – крепи подготовительных выработок с учётом определённого

вида отказа. Он определяется следующим образом:

$$\sum_{i=1}^3 H = \frac{\sum_{i=1}^n U_{\text{фак}}}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n S_{\text{ф}}}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{\text{д}}}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n R_{\text{д}}}{n} \leq 1, \quad (10)$$

где  $U_{\text{фак}}$  – фактическое смещение кровли, определяется по зависимостям (5 – 8) мм.;  $U_{\text{кр}}$  – критическое смещение рамы крепи, после которого она теряет свою несущую способность, мм;  $S_{\text{ф}}$  – фактические сечение деформированного участка выработки, мм;  $S_{\text{доп}}$  – допустимое сечение выработок по правилам безопасности, мм;  $\sigma_{\text{д}}$  – действующие напряжения, Па;  $R_{\text{д}}$  – допустимый предел прочности материалов крепи, Па;  $n$  – количество рам установленных в подготовительной выработке.

$$U_{\text{кр}} = U_{\text{под}} * K_{\text{зап}}, \quad (11)$$

где  $U_{\text{под}}$  – конструктивная податливость крепи, мм;  $K_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса.

Данный критерий позволит с более точной долей вероятности проектировать крепи подготовительных выработок.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. М.: Недра, 1990. -218 с.:

2. Бродский В.П. Вероятностная модель надёжности системы конструкций шахтной

крепи горной выработки. Межвузовский сборник “Устойчивость и крепление горных выработок”. – Ленинград, 1981, №7, -С. 128 – 132. **ГЛАЗ**

### Коротко об авторе

Толкачев В.Е. – аспирант кафедры ПРМПИ, ЮРГТУ (НПИ), Администрация города Шахты, Департамент экономики, отдел «Инвестиционного развития» - ведущий специалист, E-mail: vtolkachev@rambler.ru