

7. Батченко Л.В. Управление социальными процессами в угольной промышленности: монография / Л.В. Батченко. – К.: Наук. думка, 2002. – 412 с.
8. Мартьякова Е.В. Охрана труда и экономика предприятия / Е.В. Мартьякова // НАН Украины. Ин-т экономики пром-ти. – Донецк. 2000. – 228 с.
9. Кучеба П.К. Организационно-экономический механизм управления охраной труда на шахтах / П.К. Кучера. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 1997. – 288 с.
10. Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» від 02.03.2000 р. №1533-III // Відомості Верховної Ради України. – 2000. – № 22. – Ст. 171.
11. Закон України "Про страхові тарифи на загальнообов'язкове соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" від 22.02.2001 р. № 2272-III // Відомості Верховної Ради України. – 2001. – № 17. – Ст. 80.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ СООРУЖЕНИИ ПРОТЯЖЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

Ерохондина Т.А., Ерохондина И.В., Национальный горный университет, Украина

Предложена и исследована вероятностно-статистическая модель протяженной горной выработки. Выполнена ее оптимизация по критерию минимума эксплуатационных и капитальных затрат. Предложены зависимости, позволяющие найти оптимальный объем ремонтных работ.

Подземные предприятия по своему функциональному назначению достаточно условно можно разделить на два типа:

- связанные с добычей полезных ископаемых (шахты, рудники);
- не связанные с добычей полезных ископаемых (метро, развлекательно-культурные и оборонные комплексы и т.п.). Все они, независимо от назначения имеют подземную и надземную части. Подземная инфраструктура таких предприятий представлена совокупностью взаимосвязанных протяженных выработок, камер и иных искусственных полостей. Сооружение таких объектов требует определенных инвестиций. При этом основная часть их приходится на протяженные выработки, суммарная длина которых может составлять сотни километров. Для примера, стоимость сооружений 1м протяженной выработки на угольной шахте составляет от 5 до 10 тысяч гривен, а одного метра перегонного тоннеля метро в несколько раз больше. Обоснованное сокращение затрат, связанных со строительством и последующей эксплуатацией протяженных выработок представляет собой важную научно-технологическую задачу, решение которой позволит оптимизировать экономическую деятельность производственной структуры, в чьей собственности находится то или иное подземное предприятие.

Стоимость одного метра протяженной выработки складывается из двух частей: K – капитальные (разовые) затраты на ее сооружение, Y – эксплуатационные затраты, связанные с поддержанием её в работоспособном состоянии.

Таким образом, стоимость одного метра протяженной выработки составляет:

$$\tilde{N} = K + Y. \quad (1)$$

Эксплуатационные затраты не возникают мгновенно. Они формируются постепенно, возрастая со временем. При этом часть выработки, которую следует ремонтировать, тоже увеличивается соответственно с разной интенсивностью, которая зависит от конкретных горно-геологических условий её заложения. Эта часть выработки, не соответствующая условиям эксплуатации, оценивается коэффициентом ремонтируемости:

$$\omega = \frac{L - \sum L_{\text{ндо}}}{L}, \quad (2)$$

где L – общая длина выработки, $\sum L_{\text{ндо}}$ – суммарная длина участков выработки, которые не нужно ремонтировать.

Из формулы (2) следует, что величина ω может изменяться от 0 до 1 при условии, что ремонт выработки на соответствующих участках будет выполняться один раз. Это в принципе, возможно при соблюдении технологических регламентов её сооружений и ремонта. Таким образом,

$$0 \leq \omega \leq 1. \quad (3)$$

При $\omega = 0$ – выработка полностью устойчива и её не нужно ремонтировать, при $\omega = 1$ – выработка полностью разрушена.

Здесь $\omega = \omega(t)$ – математическая запись условия изменения коэффициента ремонтируемости во времени. С учётом (3) формула (1) имеет следующий вид:

$$C = K + \dot{Y}(\omega(t)). \quad)$$

Формулу (4) можно переписать следующим образом:

$$\zeta = (\tilde{N} - K) / \dot{Y}(\omega(t)).$$

В левой ее части собраны параметры (затраты – ζ), определяемые в соответствии с принятыми конструктивными решениями и нормативными документами, а в правой – основная переменная величина – $\omega(t)$.

Анализ выполненных исследований [1, 2] показывает, что затраты – ζ и объемы ремонтных работ – ω связаны между собой некоторой функциональной зависимостью, которая имеет оптимум (рис. 1).

Это объясняется простой логикой: чем меньше капитальные затраты на возведение ограждающей конструкции (крепи), тем больше объем ремонтных работ и связанные с ним эксплуатационные расходы, и на оборот, чем дороже и прочнее крепь, тем меньше приходится впоследствии ремонтировать выработку. Зависимость $\zeta = \zeta(\omega)$ можно в самом общем виде аппроксимировать степенной функцией, четвертого порядка:

$$\zeta = a_0 + a_1\omega + a_2\omega^2 + a_3\omega^3 + a_4\omega^4. \quad (5)$$

Здесь коэффициенты a_i при ω – это управляющие параметры, от которых зависит поведение сложной геотехнической системы «выработка-массив». Это могут быть, например, глубина расположение подземного объекта – H , плотность пород – γ , её структура – k_c , обводненность – k_a и т.д.

Взяв производную от функции (5) по ω и приравняв её к 0, получим величину $\omega_{\text{ндо}}$, при которой соотношение между капитальными и эксплуатационными затратами будет наиболее рациональным, а общая стоимость 1 метра выработки – минимальной:

$$\frac{d\zeta}{d\omega} = 2a_2\omega + 3a_3\omega^2 + 4a_4\omega^3 = 0. \quad (6)$$

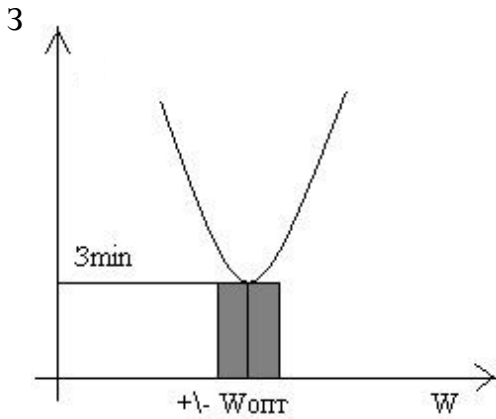


Рис. 1. Зависимость затрат на сооружение выработок от ее ремонтируемости

Решая уравнение по формулам Кардана или методом приближений определим $\omega_{i\dot{\sigma}}$. Функция $\omega(t)$ является сложной, она нелинейно изменяется во времени рис. 1.

Эта функция может быть представлена следующей экспонентой:

$$\omega(t) = 1 - e^{-bt}. \quad (7)$$

Полагая, что для оптимальной запроектированной выработки $\omega(t) = \omega_{i\dot{\sigma}}$, получим:

$$\omega_{i\dot{\sigma}} = 1 - e^{-bt^*}, \quad (8)$$

откуда определяем наиболее рациональное время t^* эксплуатации выработки рис. 2.

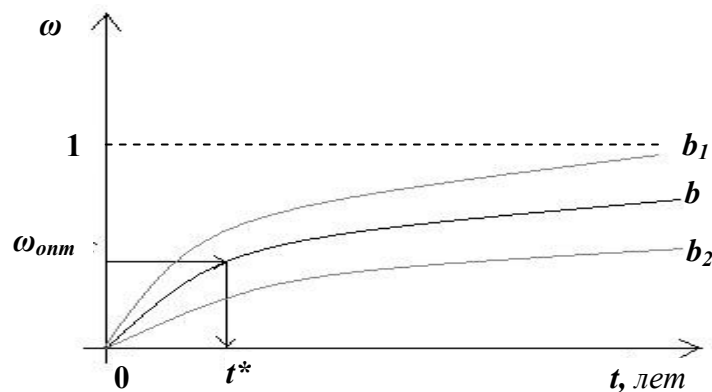


Рис. 2. Увеличение во времени объемов ремонтных работ в выработке

$$t^* = \frac{1}{b} \ln \frac{1}{1 - \omega_{i\dot{\sigma}}}. \quad (9)$$

Анализ зависимости показывает, что при $\omega_{i\dot{\sigma}} = 0$, то есть выработка не ремонтируется, срок её эксплуатации может быть неограниченным (метро), при $\omega \rightarrow 1$ (выработка полностью разрушена). Спрос её рационального использования очень мал.

Таким образом, в самом общем виде найдены основные соотношения, позволяющие наиболее рациональным образом выполнить проектирование протяженных выработок и составить соответствующий инвестиционный план её сооружения и поддержания в рабочем состоянии.

Выводы

1. Разработана экономико-математическая модель протяженной подземной выработки, пройденной в неоднородном породном массиве.
2. Выполнена оптимизация экономико-математической модели и получены общие соотношения для определения оптимальной величины ремонтных работ и срока службы выработки, при которых суммарные затраты на их сооружения и эксплуатацию будут минимальными.
3. Полученные зависимости позволяют перейти к оптимальному проектированию горных работ с целью минимизации и рационального распределения во времени инвестиций при подземной добыче полезных ископаемых.

Список литературы

1. Шашенко А.Н. Некоторые задачи статистической геомеханики / А.Н. Шашенко, С.Б. Тулуб, Е.А. Сдвижкова. – К.: Універ. вид-во “Пульсары”, 2002. – 304 с.
2. Шашенко А.Н. Методы теории вероятностей в геомеханике / А.Н. Шашенко, Н.С. Сургай, Л.Я. Парчевский – К.: Техніка, 1994. – 216 с.