

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**Институт горного дела и геологии  
Академия строительства Украины**

**Совершенствование  
технологии строительства  
шахт и подземных сооружений**

Материалы международной научно-технической  
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов,  
организованной кафедрой «Строительство шахт и  
подземных сооружений» ДонНТУ

Выпуск № 19

Норд-Пресс  
Донецк - 2008

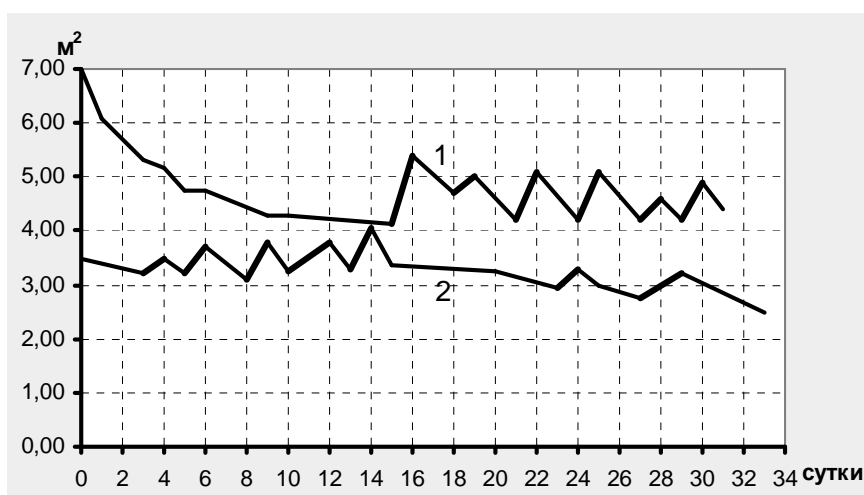
## ОБОСНОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТКИ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

*Д.т.н., проф. Шашенко А.Н., к.т.н., доц. Солодянкин А.В., НГУ, студ. Мостовой Н.И., Национальный горный университет, г. Днепрпетровск, Украина*

Одной из основных тенденций горнопроходческих работ является постоянное ухудшение геомеханической ситуации при строительстве и эксплуатации выработок. Так, сегодня протяженность перекрепляемых выработок составляет около 50% по отношению к пройденным, а отремонтированных – в 1,7 раза превышает протяженность пройденных выработок. Более 40% выработок ремонтируется еще до сдачи в эксплуатацию, 52% действующих выработок деформировано. Ухудшение состояния выработок из-за пучения составляет 45% от общего объема деформированных выработок [1]. Расходы на ремонт и поддержание подготовительных выработок на шахтах Украины составляют около 15% суммарных затрат на добычу угля, при этом задействовано до 10-15% штата подземных рабочих [2].

Вопросы проектирования крепи с минимальными затратами на поддержание часто были предметом серьезных исследований и обсуждений в работах Кошелева К.В., Ардашева К.А., Шашенко А.Н. и др. В частности, ошибочным считается проектирование и строительство выработок с учетом только начальных затрат, когда последующие затраты на ее поддержание не учитываются. В работе [3] решена задача оптимального проектирования протяженных выработок с учетом затрат на сооружение выработки и ее последующее поддержание. Суть решения заключается в определении таких параметров крепления для конкретных горно-геологических условий при которых соотношение затрат капитальных - на сооружение выработки и эксплуатационных – на последующий ее ремонт в запланированных объемах, является оптимальным.

В настоящее время, при существенном ухудшении геомеханических условий, часто возникает необходимость проведения многократных ремонтов для обеспечения устойчивости выработок главных направлений. Как указывается в [1], в условиях глубоких шахт Донбасса при столбовой системе разработки угольных пластов, кратность ремонта в подготовительных выработках составля-



**Рис. 1.** - Изменения поперечного сечения выработок при эксплуатации с подрывкой почвы [8]: 1 – 7-й северный штрек ш. им. Титова; 2 – 6-й южный штрек ш. им. Рухимовича

ет 3 и более, а в других не менее 2. Примером такой вынужденной практики могут служить случаи, приведенные в [4] (рис. 1).

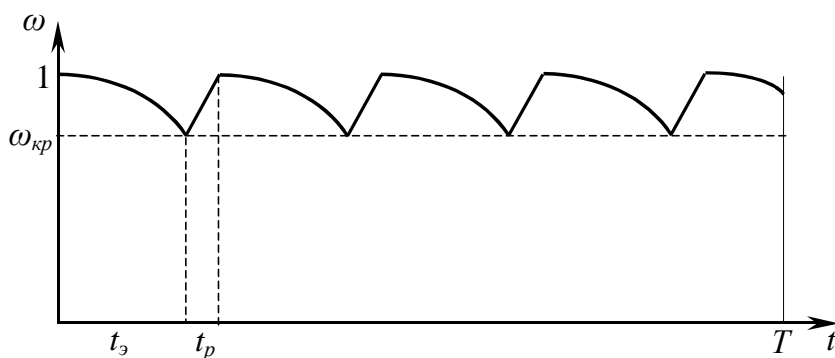
Таким образом, важной задачей является определение оптимальных затрат на сооружение выработки, (капитальные затраты) и последующее ее поддержание (эксплуатационные затраты) с учетом многократного выполнения ремонтных работ, чтобы общая стоимость выработки за весь период ее службы была минимальной.

Обоснование вероятностной модели устойчивости протяженной выработки будем проводить с учетом следующих положений:

- затраты, связанные с содержанием выработок, состоят из двух частей: капитальных и эксплуатационных, которые формируются в течение, соответственно, времени строительства и эксплуатации рассматриваемых объектов;
- состояние выработок на различных участках зависит от множества случайно факторов из совокупности горно-геологических условий и параметров крепи;
- процесс поддержания выработок в рабочем состоянии носит временной характер с объемами ремонтных работ, случайно распределенными по длине выработки.

Устойчивость выработки можно оценить показателем устойчивости  $\omega = \overline{L}_y / L$ , где  $\overline{L}_y$  - длина устойчивых участков выработки,  $L$  - вся длина протяженной выработки. Величина  $\omega$  изменяется в пределах от 0 до 1. Выработка обладает полной устойчивостью при  $\omega = 1$  или полностью разрушена при  $\omega = 0$ .

Важным вопросом в создании оптимизационной модели является изучение динамики процесса разрушения-восстановления выработки в течение всего периода эксплуатации. Статистический материал при этом набирается на ряде сходных объектов эксплуатации с обязательным проведением замеров в равные моменты времени. Такой путь трудоемок, но дает достоверные результаты.

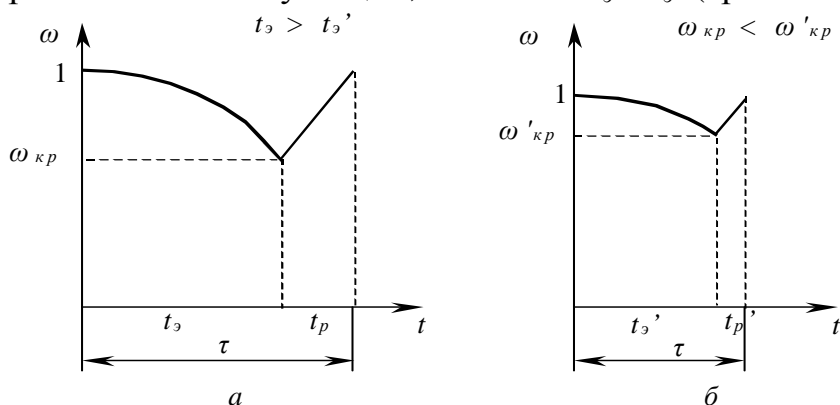


**Рис. 2.** - Изменение показателя устойчивости ремонтируемой выработки в процессе эксплуатации

Снижение величины  $\omega$  с течением времени может в реальных условиях происходить только до некоторой величины, когда параметры выработки удовлетворяют назначению выработки и требованиям правил безопасности. Затем следует выполнять ремонт выработки. Если схематически изобразить зависимость  $\omega(t)$  за достаточно большой (или весь) период  $T$  эксплуатации выработки, то это будет выглядеть примерно так, как показано на рис. 2.

В течение начального периода времени эксплуатация ведется без ремонта. Выработка постепенно местами разрушается до какого-то критического значения параметра  $\omega_{кр}$ . Затем за относительно короткий промежуток времени ( $t_p \ll t_s$ ) производится текущий ремонт и выработка восстанавливается до исходного состояния. В дальнейшем процесс периодически повторяется. График имеет близкий по форме к реальным процессам при циклическом проведении ремонтных работ (см. рис. 1).

Рассмотрим отдельно один цикл (рис. 3). Процесс снижения параметра  $\omega_{кр}$  в течение промежутка времени объективен и неуправляем. Зависимость  $\omega(t)$  в усредненном виде может быть получена как по данным статистического анализа данных, так и на основе регрессионного анализа. В каком-то смысле можно повлиять на продолжительность ремонтного периода  $t$  за счет интенсификации восстановительных работ, но так как  $t_p \ll t_э$ , то существенного влияния на процесс в целом таким образом не добиться. Можно поступить иначе: сократить время безремонтной эксплуатации, т.е. взять  $t'_э < t_э$ . (сравним рис. 3, а и 3, б).



**Рис. 3.** - Варианты выполнения циклов ремонтных работ

За время  $t'_э$ , разрушения выработки будут меньше, чем за время  $t_э$ . Соответствующим неравенством связаны и значения параметра  $\omega_{кр}$  ( $\omega'_кр > \omega_{кр}$ ). Объем ремонтных работ во втором случае будет меньше а, значит, меньше и материальные затраты.

Увеличением  $\omega'_кр$  можно добиться снижения стоимости разового ремонта, но при этом сокращается продолжительность  $t'$  одного цикла. Поэтому за весь период эксплуатации  $T$  количество циклов увеличивается, а значит, растет количество ремонтов. Возникает задача оптимизации, которая может быть сформулирована следующим образом: подобрать оптимальные значения параметров  $\omega_{кр}$  и  $\tau$ , при которых затраты на восстановительный ремонт будут минимальны.

Таким образом, минимизироваться должна некоторая функция

$$\Phi(\omega_{сум}) = \bar{\Phi}(\omega_{кр}, \tau).$$

Минимизация функции  $\Phi(\omega_{кр}, \tau)$  позволяет установить оптимальные значения межремонтного периода эксплуатации  $\tau$  и допустимой степени разрушения выработки  $\omega_{кр}$ .

Решение задачи определения оптимального значения межремонтного периода эксплуатации и допустимой степени разрушения выработки является основой для разработки методики оптимального проектирования подземных выработок с учетом затрат на их поддержание.

### Библиографический список

1. Кошелев К.В., Петренко Ю.А., Новиков А.О. Охрана и ремонт горных выработок. М.: Недра. – 1990. – 218 с.
2. Мизин В.А., Сытник А.В., Нагорный А.В. Творческое сотрудничество института, завода и шахты – залог успеха // Уголь Украины. – № 8. – 2003. – С. 43-44.
3. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве. – Дисс. ... д-ра техн. наук: 05.15.04, 05.15.11. – Днепропетровск, 1988. – 507 с.
4. Гурдус А.В. Изучение причин вспучивания горных пород каменноугольной формации Донбасса и меры борьбы с этим явлением. - Харьков: ГНТИЗ, 1933. - 85 с.