

## ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ КОНСТРУКЦИИ КРЕПИ ТИПА АСН-А

*А.В. Смирнов, ООО «ДТЭК Энерго», Украина*

Приведен анализ результатов экономической оценки внедрения комбинированной рамно-анкерной крепи типа АСН-А в горногеологических условиях шахты им. ГЕРОЕВ КОСМОСА ЧАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ». Определены оптимальные с точки зрения затрат параметры крепи. Установлена функциональная зависимость показателя устойчивости выработки от величины затрат на возведение крепи.

Практическая ценность результатов исследований зачастую определяется их экономической эффективностью, оценка которой в простейшем случае выполняется путем расчета разности стоимости исходного и предложенного решения. В случаях же, когда имеет место некоторое множество сравниваемых результатов, одним из способов нахождения наиболее эффективного варианта является метод одномерного поиска оптимума некоторой функции, позволяющей найти наиболее приемлемое сочетание стоимости и долговременной эксплуатационной устойчивости объекта, который в исследуемом случае является капитальная протяженная выработка. Такой функцией в первом приближении является:

$$\omega = f(E), \quad (1)$$

где  $\omega$  – показатель устойчивости выработки,  $E$  – суммарные затраты на крепление и ремонт горной выработки.

Показатель устойчивости  $\omega$ , определяемый в [1] как отношение длины участков выработки, не требующих ремонта крепи, к полной ее длине, несмотря на кажущуюся простоту, достаточно полно характеризует состояние выработки в целом:

$$\omega = \frac{L - L_k}{L}, \quad (2)$$

где  $L$  и  $L_k$  – соответственно полная длина выработки и длина участков с крепью, не соответствующей требованиям ПБ.

Здесь при  $\omega=0$  выработка полностью неустойчива, при  $\omega=1$  – полностью устойчива.

Суммарные затраты на крепление и поддержание выработки  $E$  в формуле (1) рассчитываются в первом приближении следующим образом:

$$E = K + P, \quad (3)$$

где,  $K$  и  $P$  – затраты на крепление (капитальные) и ремонт (эксплуатационные) выработки соответственно. Затраты, связанные с проведением выработки, при любом варианте крепи считаются одинаковыми.

Для определения капитальных затрат на крепление и эксплуатационных на ремонт было обустроено 9 наблюдательных участков в пределах второго западного магистрального откаточного штрека (2 ЗМОШ) горизонта 370 м на шахте им. ГЕРОЕВ КОСМОСА ЧАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ». На контрольном участке (поз. 1 табл. 1) длиной 100 м крепь выработки соответствовала базовому паспорту крепления выработки и представляла собой рамы КШПУ-М17,7 из профиля СВП № 33 с шагом установки 0,5 м и железобетонной затяжкой.

На других участках (поз 2...9) варьировались системы усиления крепи и сечение профиля СВП. Так, например, на участке №2 общей длиной 40 м плотность установки рам КШПУ-М 17,7 (СВП №33) уменьшилась по сравнению с контрольным участком с 2 р/м до 1,5 р/м с дополнительным усилением крепи путем тампонажа закрепного пространства. На участке № 3 длиной 35 м был использован профиль № 27 с шагом установки рам 0,5 м, а в качестве затяжки применялась решетчатая сетка с последующим нанесением набрызгбетонного

покрытия. Аналогичная система крепи использовалась и на 4-ом участке длиной 35 м, но шаг крепи составил 0,75 м.

На участках 5...9 в качестве усиления крепи использовались анкера, устанавливаемые в кровлю в межрамном пространстве в количестве 5 штук, а в качестве затяжки – решетчатая сетка с последующим нанесением набрызгбетона двумя слоями общей толщиной 250 мм. На участке № 5 длиной 50 м шаг установки крепи из профиля СВП № 27 составил 1 м. Участки № 6 и № 7 были закреплены крепью КШПУ из профиля СВП № 22 плотностью установки 1,5 р/м и 1,0 р/м соответственно. На участках № 8 и № 9, длиной 40 м каждый, использовался профиль СВП №19, а шаг установки крепи составлял 0,75 и 1,0 м соответственно.

Наблюдение выполнялось маркшейдерской службой шахты в период с 2012 по 2015 года. Результаты измерений заносятся в соответствующие журналы, где фиксировались величина подъема почвы и опускания кровли, разрушение элементов крепи, искривление рельсового пути, а также разрушение затяжки (для участков № 1 и № 2) и набрызгбетонного слоя (участки № 3...9).

По результатам наблюдения отмечено, что на всех участках в той или иной мере проявилось пучение и на каждом из них имело место разрушение элементов крепи. Общие объемы подрывки и перекрепления в пересчете на 100 погонных метров выработки представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики крепи, объемы ремонтных работ, суммарные затраты на крепление и ремонт, и показатели устойчивости для наблюдательных участков 2 ЗМОШ шахты им. ГЕРОЕВ КОСМОСА ЧАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

№ участка	№ профиля СВП	Шаг установки рам крепи	Тип затяжки / элементы усиления крепи	Длина участков перекрепления (на 100 м), $L_k$ , м	Длина участков подрывки (на 100 м), $L_l$ , м	Средняя высота подрывки, м	Сметная стоимость крепления, К, млн. грн./100 п.м.	Сметная стоимость ремонтных работ, Р, млн. грн./100 п.м.	Суммарная сметная стоимость, Е, млн. грн./100 п.м.	Показатель устойчивости $\omega$
1	33	2	ж/б / нет	24	100	0,95	1,713	0,954	2,667	0,38
2	33	2	ж/б / тампонаж	6	82	0,77	2,278	0,417	2,696	0,56
3	27	2	сетка / набрызг-бетон	6	68	0,5	2,236	0,247	2,584	0,63
4	27	1,5		20	58	0,77	2,033	0,472	2,505	0,61
5	27	1,0	сетка / 5 анкеров, набрызг-бетон	18	46	0,53	1,874	0,288	2,162	0,68
6	22	1,5		22	48	0,67	2,047	0,394	2,442	0,65
7	22	1,0		27	69	0,77	1,755	0,473	2,228	0,52
8	19	1,5		38	54	0,75	1,938	0,501	2,438	0,54
9	19	1,0		39	63	0,8	1,682	0,670	2,352	0,49

Фактические затраты зависят от горно-геологических и горнотехнических условий строительства и эксплуатации выработки. Более того, ввиду различных подходов к определению трудоемкости работ, которые часто регламентируются внутренним распорядком на шахте, в одних и тех же условиях итоговые стоимостные параметры могут различаться. Отличающимися являются также комплексы оборудования даже для одних и

тех же способов проходки, крепления и ремонта, разряды привлекаемых специалистов и нормы дополнительных расходов. Поэтому для расчета затрат уместнее использовать усредненные стоимостные показатели ресурсных элементных сметных норм [2], являющиеся нормативными для составления инвесторской документации шахт.

Для расчета сметной стоимости крепления и ремонта для каждого из вариантов крепей наблюдательных участков (см. табл. 1) на основании действующих с 01.01.2016 г. нормативных документов [3] с использования лицензированного и рекомендуемого Министерством регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины программного комплекса «Строительные технологии-СМЕТА» сформированы локальные сметы. Для каждого из вариантов с использованием (2) был рассчитан и коэффициент устойчивости  $\omega$  (см. табл. 1), а также сформирован график функции (1) (рис. 1).

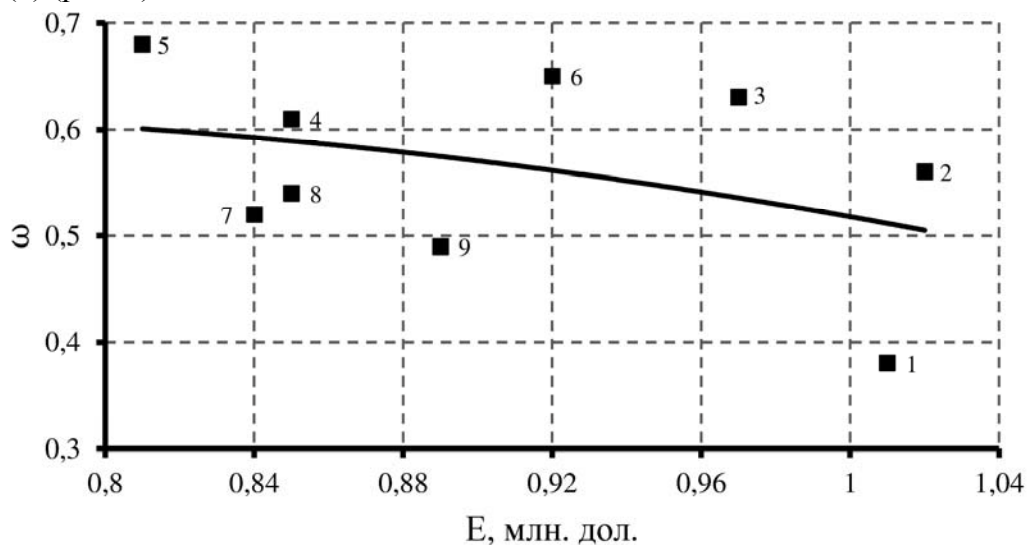


Рис. 1. Зависимость показателя устойчивости  $\omega$  от суммарных затрат на крепление и поддержание наблюдательных участков 23МОШ шахте им. ГЕРОЕВ КОСМОСА ЧАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ» (1...9 – варианты крепи участков (табл. 1))

Полученная зависимость суммарных затрат от показателя устойчивости описывается квадратичной функцией вида:

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (4)$$

где  $a = -2,57$ ,  $b = 1,08$ ,  $c = -5,32$  - коэффициенты аппроксимации.

Анализируя полученную зависимость и результаты наблюдения можно сделать следующие выводы:

1. Устойчивость участков с анкерной крепью, как по показателю устойчивости, так и по стоимости крепления и ремонта выгодно отличаются от участков без анкеров.

2. Контрольный участок с паспортной крепью без усиления является наименее устойчивым и наряду с участком № 2 оказывается наиболее затратным.

3. Оптимальным является 5-й вариант: крепь КШПУ-М-17,7 из профиля № 27 с шагом установки 1,0 м при сетчатой затяжке с набрызгбетоном и 5 анкерами в кровле. Графически именно эта точка лежит ближе всего к математическому максимуму функции ( $\max = c - \frac{b^2}{4a} = -5,21$ ).

4. Аппроксимирующая кривая в пределах показателя устойчивости изменяется не более чем на 10 %. Однако затраты при этом сокращаются на 20180 тыс. дол. на 100 п.м. При сравнении полученных абсолютных значений показателя устойчивости и затрат для оптимального (участок № 5) и паспортного (участок № 1) вариантов крепи устойчивость выработки возросла в 1,79 раза.

5. При увеличении шага установки крепи при прочих равных условиях устойчивость выработки снижается, однако несколько уменьшаются и суммарные затраты.

Таким образом, полученный экономический эффект от внедрения крепи КШПУ-М 17,7 с дополнительным усилением 5 анкерами в кровле и набрызгбетоном составил 5,34 тыс. грн./п.м. или 201,8 тыс. дол./п.м. в ценах по состоянию на 01.01.2016 года, что безусловно заслуживает внимания с точки зрения эффективности предпринимаемых мер по сокращению себестоимости угольной продукции.

#### Список литературы

1. Шашенко А.Н. Устойчивость подземных выработок в неоднородном породном массиве: Дис... д-ра техн. наук: 05.15.04 / А.Н. Шашенко. – Днепропетровск, 1988. – 507 с.

2. ДБН Д.2.2-35-99. Сборник 35 Горнопроходческие работы: строительные нормы / НПФ «Инпроект», Управление реформирования ценообразования, методологии экспертизы и контроля стоимости строительства Госстроя Украины; – Действующий с 26-05-00. – К.: Госстрой Украины, 2000.

3. ДСТУ Б. Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва / НВФ «Инпроект» – Діючий з 01-01-14 2013. – К.: Мінрегіон України, 2013, 88с.

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПУСТЫХ ПОРОД УГОЛЬНЫХ ШАХТ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ ПРИ КРЕПЛЕНИИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК**

*А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев, М.А. Выгодин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»,  
С.А. Воронин, С.В. Мкртчян, ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», Украина*

В статье представлена ресурсосберегающая технология обеспечения устойчивости капитальных выработок шахт Западного Донбасса на основе подземной переработки пород. Приведены результаты исследований прочностных свойств тампонажных смесей и торкрет-бетонных составов. Даны рекомендации по рациональным составам твердеющих смесей с заменой части заполнителя измельченной породой. Приведены результаты внедрения предложенной технологии на шахте им. Героев космоса.

**Введение.** Хозяйственная деятельность человека существенно влияет на окружающую среду, ухудшает экологическую ситуацию промышленно развитых территорий. Наибольшее отрицательное влияние на окружающую среду (экологию) оказывают отрасли промышленности, связанные с добычей и переработкой полезных ископаемых.

Например, на территории Донбасса более 200 лет производится добыча угля подземным способом. При этом из шахт извлекается большое количество пустой породы, которая складывается в отвалы. Ежегодный объем породы, выдаваемый угольными шахтами Украины на поверхность, только по Донбассу, составлял 14,4 млн. т. Породных отвалов на территории региона более 1500. Каждый из них занимает площадь от 20000 до 100000 м<sup>2</sup>, имеет высоту 50...100 м и более, а общая площадь, занимаемая отвалами составляет 700 га.

Отвалы угольных шахт горят, пылят, иногда радиоактивны. Порода в отвалах разрушается, превращается в пыль и является одним из основных источников загрязнения атмосферы, поверхности почвы, грунтов, водоемов и подземных вод, ухудшения санитарного состояния городов и поселков. Кроме того, породные отвалы нарушают природный ландшафт земной поверхности, их склоны подвержены оползням и обвалам.

В то же время, одним из главных направлений повышения эффективности горных работ является совершенствование технологий проведения и поддержания протяженных горных выработок. Чрезвычайно актуальным этот вопрос является для шахт Западного Донбасса.

**Состояние вопроса.** Угледобывающий регион Западного Донбасса характеризуется очень