

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОХРАНЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОТ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ «КОМСОМОЛЬСКАЯ» ГП «АНТРАЦИТ»**

*А.Е. Григорьев, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина*

Представлены результаты натурных наблюдений за состоянием подготовительного штрека шахты «Комсомольская», охраняемом различными видами целиков. Рассчитаны капитальные и эксплуатационные затраты для каждого из вариантов охраны штрека. Выполнен анализ результатов наблюдений и расчета сметной стоимости, а также определен наиболее эффективный способ обеспечения устойчивости выработки.

Несмотря на многообразие существующих систем охраны подземных горных выработок, надежность и качество, внедрение новых комбинированных систем крепления, проблема длительной устойчивости подземных объектов по-прежнему весьма актуальна. Особого внимания требуют охранные мероприятия, направленные на сохранение устойчивости подготовительных выработок угольных шахт при столбовой системе разработки, к особенностям которой следует отнести сложность самой геомеханической системы, вмещающей лаву и две подготовительные выработки, наличие подработанных и надработанных полей, а также особо сложные горно-геологические условия глубоких горизонтов.

Одним из элементов охранных систем, препятствующих проявлению горного давления в подготовительных выработках, а также позволяющих их повторное использование, в подавляющем большинстве случаев является естественный или искусственный целик, оставляемый или возводимый параллельно охраняемой выработке. Различные конструкции искусственных целиков, как, впрочем, и естественных, в той или иной мере обеспечивают сохранность выработки. Опыт показывает, что совершенно исключить влияние повышенного горного давления при наличии целиков все равно удастся достаточно редко, однако сохранить выработку для отработки следующей лавы часто оказывается возможным. При этом эффективность различных вариантов охранных конструкций при условии качественного исполнения проходческих работ, должного учета влияющих горно-геологических и горнотехнических факторов на стадии проектирования, а также соблюдения технологии выемки и восстановления выработки в период добычных работ оказывается достаточно высокой. Объемы ремонтных работ в охраняемых выработках при различных вариантах охранных целиков количественно разнятся несущественно, однако затраты на возведение самих искусственных конструкций или потери в случае оставления естественных целиков отличаются в разы, о чем, например, свидетельствуют результаты натурных исследований, выполненных на шахте «Комсомольская» ГП «Антрацит».

Оценка конечного результата исследований в области технических и технологических инноваций обычно выполняется путем сравнения стоимости реализации нового решения с ценой существующего ранее, за исключением тех случаев, когда независимо от величин затрат конечной целью является повышение безопасности работ. В идеальном случае оптимум экономической эффективности полученного результата в соответствии с подходом Парето достигается тогда, когда изменение любого частного показателя, характеризующего систему, не может быть улучшено без ухудшения других, например, удельной стоимости. Однако на практике, при оптимизации параметров геомеханических систем достижение любого состояния из множества Парето практически невозможно, виной чему сложность таких систем, большое количество внутренних и внешних факторов, анализ и степень влияния которых трудно поддается расчету даже методами теории вероятности.

Поэтому на практике для оценки полезности используется простейший подход, а именно – сравнение удельной стоимости нескольких, чаще всего двух-трех, вариантов: проектного и

обоснованного результатами исследований. Применительно к задачам, решаемым в работе, сравниваемыми вариантами охранных конструкций являются:

1. Проектный. Естественный угольный целик шириной 5 м, высотой соответствующий мощности угольного пласта  $m_y=1,25$  м.

2. Охранная полоса из органной крепи и «Техкарда». Искусственная охранная конструкция из 2-х продольных и 1-го поперечного ряда (шаг установки 0,8 м) деревянных стоек диаметром 200 мм, пространство между которыми закладывается мешками из смеси «Техкард». Общая ширина целика составляет 2,4 м, из которых 2,0 м – ширина сборной полосы из «Техкарда».

3. Сплошная охранная полоса из шпального бруса шириной 1600 мм с порядной перевязкой.

Вмещающие породы, кроме угольного пласта с коэффициентом крепост по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f = 4...6$ , представлены алевролитами и песчаниками с коэффициентом крепости до  $f=10$ .

Каждый из вариантов требует соответствующих расходов материальных и трудовых ресурсов, которые классифицируются как капитальные затраты и расходуются в период строительства выработки. Учитывая, что охрана выработки помимо 3-х различных видов указанных выше конструкций, осуществляется рамно-анкерной крепью АП-13,8 с шагом установки 0,75 м, 6-ю стальными анкерами длиной 2,4 м и 1-м канатным в межрамном пространстве длиной 6,0 м, общую сумму капитальных затрат следует определять с учетом стоимости элементов конструкции крепи выработки и затрат на ее установку.

Помимо начальных затрат в процессе эксплуатации возникают расходы, называемые эксплуатационными, включающие, прежде всего, стоимость ремонтных работ.

В процессе проведения натуральных исследований в условиях шахты «Комсомольская» кроме проектного варианта были реализованы оба способа защиты 9-ого конвейерного штрека. Для выполнения наблюдений обустроивались замерные участки с замерными станциями, на которых осуществлялось наблюдение за вертикальной конвергенцией, а также фиксировались объемы работ по подрывке пород почвы и ремонту крепи.

Наблюдения выполнялись в течение всего срока отработки лавы и завершились через месяц после завершения очистных работ. Результаты наблюдений и объемы ремонтных работ, (табл. 1) свидетельствуют о том, что все выбранные способы охраны в той или иной степени удовлетворяют требованиям сохранения сечения и лишь в незначительной степени усложняют эксплуатацию штрека.

Таблица 1. Объемы работ по ремонту 9-го конвейерного штрека на участках с различными охранными конструкциями

№ п/п	Объемы работ	Конструкция охранного объекта		
		Угольный целик, ПК 69...70, ПК 64...66	Органная крепь и «Техкард» ПК 44...46, ПК 40...41	Шпальный брус ПК 23...24, ПК 20...21
1	Среднее значение вертикальной конвергенции, $\delta_g$ , мм	560	710	590
2	Мощность слоя подрывки пород почвы, $m_n$ , м	0,4	0,6	0,4
3	Объем перекрепления, %	40	40	40
4	Перестилка рельсового пути, $L_n$ , м	-	100	-

Подрывка почвы выполнялась, прежде всего, для обеспечения передвижения электропоезда, а в случае с искусственной охранной полосой – для обеспечения технологических операций по обслуживанию очистного комплекса.

Следует отметить, что под перекреплением наблюдаемых участков следует понимать замену стоек со стороны лавы, деформированных в процессе «наката» лавы, и, частично, верхняков.

Учитывая величину поднятия почвы в результате пучения при охране выработки органной крепью и сборной полосой из «Техкарда» при выполнении работ по подрывке почвы осуществлялась перестилка рельсового пути.

Сведения о фактически выполненных объемах ремонтных работ в каждом из вариантов, а также данные о креплении выработки в период ее проходки согласно паспорту позволяют рассчитать сумму капитальных и эксплуатационных затрат. Для расчета трудоемкости выполнения работ и расхода материалов на шахте актуализированы соответствующие внутренние нормы. Кроме того, поставка материалов осуществляется по индивидуальным договорам с ценами, несколько отличающимися от усредненных. Поэтому более объективным представляется выполнение расчета стоимости крепления и ремонта выработки в соответствии с предписаниями нормативных источников [1, 2]. Такой подход неоднократно использовался при определении экономического эффекта от внедрения обоснованных технических решений [3, 4], а главным его достоинством является получение усредненных для украинских шахт величин затрат, что позволяет масштабировать результаты расчета на предприятия всей угледобывающей отрасли.

Для определения стоимостных показателей крепления и ремонта 9-го конвейерного штрека для 3 вариантов охранных систем с помощью программного комплекса «Строительные технологии-СМЕТА» (© «Computer Logic Group») были сформированы 6 локальных смет. В сметах на крепление предусмотрены работы на возведение рамной арочной крепи, затяжку металлической сеткой, установку стальных анкеров из арматурного проката и канатных анкеров, а также возведение искусственных охранных конструкций. В сметах по ремонту выработки нашли отражение работы по подрывке пород почвы, замене стальных рамных крепей и затяжке, а также для варианта с органной крепью и «Техкардом» предусмотрена перестилка рельсового пути. Выполнение работ по подрывке почвы предусматривается отбойными молотками и вручную, несмотря на высокую крепость пород (до  $f=10$ ), что становится возможным благодаря специфике разрушения приконтурного породного массива, расслаивающегося на тонкие (толщиной до 5 см) плиты площадью до 1 м<sup>2</sup>.

В связи с тем, что проходческие и ремонтные работы выполняются шахтой «Комсомольская» собственными силами без привлечения подрядных организаций, формирование договорных цен с дополнительными расходами не выполнялось, а в качестве итоговых суммарных затрат принята сметная стоимость каждой из локальных смет (табл. 2). Так как длина замерных участков для каждого из вариантов различна, объемы работ пересчитывались на 100 погонных метров.

Таблица 2. Итоговые стоимостные показатели крепления и ремонта 9-го конвейерного штрека на участках с различными охранными конструкциями

№ п/п	Вид работ	Стоимость работ, тыс. грн/100 п.м.		
		Угольный целик	Органная крепь и «Техкард»	Шпальный брус
1	Крепление	1 727,96	3 592,34	2 111,01
2	Ремонт	792,57	1 031,09	792,57
3	Стоимость нетоварного угля в целике (утерянный доход)	1 125	-	-
Итого		3 645,53	4 623,43	2 903,58
Итого на 1 п.м.		36,46	46,23	29,04

Для варианта с охранной угольной целиком в качестве утерянного дохода принята суммарная стоимость нетоварного антрацита в целике (исходя из минимальной на товарном рынке стоимости 1000 грн./т), которую в зависимости от подхода следует добавлять к затратам по первому варианту или удерживать для вариантов с искусственными целиками.

Таким образом, анализируя результаты наблюдений за состоянием 9-го конвейерного штрека и результаты расчета сметной стоимости на его крепление и ремонт, можно сделать следующие выводы:

- любая из рассмотренных конструкций охранной полосы, как естественный угольный целик, так и искусственные из составных элементов должным образом обеспечивают сохранность выработки для последующего повторного использования. При варианте с органичной крепью и полосой из «Техкарда» вертикальные смещения на контуре выработки, достигающие 700 мм при высоте выработки свыше 3,5 м в проходке, не являются критичными;

- наименее затратным вариантом оказывается охранный брус, что объясняется дешевизной самого материала полосы, существенно меньшей трудоемкостью ее возведения по сравнению с полосой из «Техкарда», а также отсутствием потерь угля в целике;

- экономический эффект от внедрения охранной полосы из шпального бруса по сравнению с проектным вариантом, предусматривающим оставление охранного целика, составляет 9,77 тыс. грн./п.м., а сравнение суммы капитальных и эксплуатационных затрат двух вариантов искусственных целиков позволяет оценить экономию при использовании шпального бруса в 17,19 тыс. грн/п.м.

Полученные результаты наблюдений и расчетов сметной стоимости свидетельствуют о возможности эффективного применения менее дорогостоящих, однако, не менее функциональных систем охраны выработок. Безусловно, приведенные результаты исследований выполнялись для конкретной шахты со свойственными ей горно-геологическими условиями, что, тем не менее, не исключает возможности, при соответствующем обосновании, внедрения таких охранных систем и на других предприятиях угледобывающей отрасли.

#### Список литературы

1. ДБН Д.2.2-35-99. Горнопроходческие работы: строительные нормы. Сборник 35. Киев: Управление реформирования ценообразования, методологии экспертизы и контроля стоимости строительства Госстроя Украины, 2000. 488 с.

2. ДСТУ Б. Д.1.1-1:2013. Правила визначення вартості будівництва. Київ: Мінрегіон України, 2013, 88с.

3. Grigoriev O. Assessment of economic efficiency AMS-A (anchor-meshwork-shotcreting) support structure in terms of coal mines / O. Grigoriev, R. Tereschuk, L. Tokar // Theoretical and practical solutions of mineral resources mining. New developments in mining engineering. – CRC Press/Balkema, 2015. – P. 85-89.

4. Григор'єв О.Є. Обґрунтування економічної ефективності використання рамно-анкерного кріплення підземних гірничих виробок / О.Є. Григор'єв, Р.М. Терещук, О.О. Шашенко // Форум гірників – 2014: матеріали міжнар. конф., 1-4 жовт. 2014 р., м. Дніпропетровськ. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – Т.2. С. 187-191.