

УДК 330.44 + 622.267.6

Доценко О. Г.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, dotcenkoo@mail.ru)

## ЗАТРАТЫ НА ПОДДЕРЖАНИЕ КАК ПАРАМЕТР РАЗМЕЩЕНИЯ ВЫРАБОТОК В ОБРУШЕННЫХ И УПЛОТНЯЮЩИХСЯ ПОРОДАХ

*В статье поставлена цель определить затраты на поддержание подготовительной выработки в обрушенных и уплотняющихся породах. Установлено, что затраты на поддержание колеблются в пределах 14–53 тыс. руб./м в зависимости от времени ее проведения относительно очистных работ и от залегающих в непосредственной и основной кровле пород.*

**Ключевые слова:** затраты на поддержание выработок, обрушенные и уплотняющиеся породы, ожидаемые смещения, плотность установки крепи.

**Актуальность и анализ состояния вопроса.** Проблема повышения устойчивости горных выработок не утрачивает своей актуальности на протяжении многих десятилетий и даже обостряется с переходом на более глубокие горизонты. Увеличение глубины разработки сопровождается более интенсивными проявлениями горного давления: деформируется крепь, вспучивается почва, уменьшается поперечное сечение выработки, и она перестает выполнять свои функции. Нарушается работа подземного транспорта и режим вентиляции, повышается опасность выполнения производственных процессов. Нарушение ритмичности работы отражается на технико-экономических показателях работы предприятия косвенно: из-за падения объемов добычи растет вес условно-постоянных затрат в структуре себестоимости.

На этапе проектирования горных выработок предусматривают ее проведение завышенным сечением, с увеличением плотности установки крепи, что приводит к перерасходу крепежных и трудовых ресурсов, но не обеспечивает устойчивости. В процессе эксплуатации горные выработки приводят в рабочее состояние оперативными техническими мероприятиями, относящимися к поддержанию: частичный ремонт крепи, подрывка почвы, перекрепление, возведение дополнительной крепи, упрочнение вмещающих пород и т. д. Затраты на реализацию перечисленных ме-

роприятий сопоставимы с затратами на проведение выработок [1]. Учитывая, что треть всех выработок (это 15–20 км на средней по размерам шахте) ежегодно перекрепляется [2], то в себестоимости 1 т угля прямые затраты на поддержание выработок занимают до 45 % [3].

Важно обеспечить выработке нормальное, желательно безремонтное, состояние еще на стадии проектирования, когда решаются вопросы выбора способа охраны от воздействия проявлений горного давления. Традиционные способы, успешно применяемые на неглубоких шахтах, несостоятельны на «больших» глубинах. Одним из возможных путей решения рассматриваемой проблемы является применение при разработке угольных пластов технологических схем, предусматривающих размещение выработок в породах выработанного пространства.

Данный способ охраны широко применялся в 60–70-х годах XX века на донецких шахтах производственных объединений «Торезантрацит» и «Шахтерскуголь». В настоящий момент успешно используется на шахтах СП «Свердловантрацит», «Ровенькиантрацит», «Краснодонуголь» применительно к подготавливающим горным выработкам — магистральным вентиляционным и откаточным штрекам, фланговым вентиляционным сбойкам, а также наклонным выработкам при панельном способе подготовки — бремсбергам, уклонам и ходкам. Проведенные по окончании процесса активных смещений

подработанного массива в достаточно уплотненном массиве перечисленные выработки сохраняют хорошее эксплуатационное состояние и не требуют ремонта.

В отличие от подготавливающих, проведение подготовительных выработок осуществляется вслед за очистным забоем, когда оседающий подработанный массив давит выработку и обуславливает возникновение сложностей в ее поддержании. При этом с ростом отставания проходческого забоя от лавы отмечается улучшение состояния выработок.

**Цель работы** — определить изменение затрат на поддержание подготовительной выработки в обрушенных и уплотняющихся породах с увеличением отставания проходческих работ от очистных.

**Результаты работы.** В действующих методиках и стандартах рекомендации по установлению параметров крепления выработок, проводимых в такой специфической среде, как обрушенные породы, часто базируются на недостаточном представлении о возможном поведении вмещающих пород и механизме проявления горного давления на сооружаемый объект. По этой причине на практике проведение выработок вслед за лавой предусматривается редко.

В результате проведения лабораторных исследований, физического моделирования процесса уплотнения обрушенных пород и обработки данных нивелировки подработанных участков железных дорог [4, 5] была разработана методика определения модуля деформации обрушенных пород, комплексно учитывающая их литологический и фракционный составы и изменяющееся во времени давление на почву извлеченного пласта, также были изучены прочностные свойства пород различной степени раздробленности.

Использование полученных деформационных и прочностных свойств пород выработанного пространства позволило обосновать параметры поддержания выработок в уплотняющемся массиве. Данные параметры определяются величиной ожидаемых

смещений пород на контуре поперечного сечения. Величины ожидаемых смещений ( $U$ , мм) получены численным моделированием, в котором учитывалось изменение во времени деформационных и прочностных свойств обрушенных пород (рис. 1).

Величина смещений зависит от двух факторов:

- времени, прошедшего с момента обрушения кровли;
- от типа пород, слагающих свод обрушения, их физических, прочностных и деформационных характеристик.

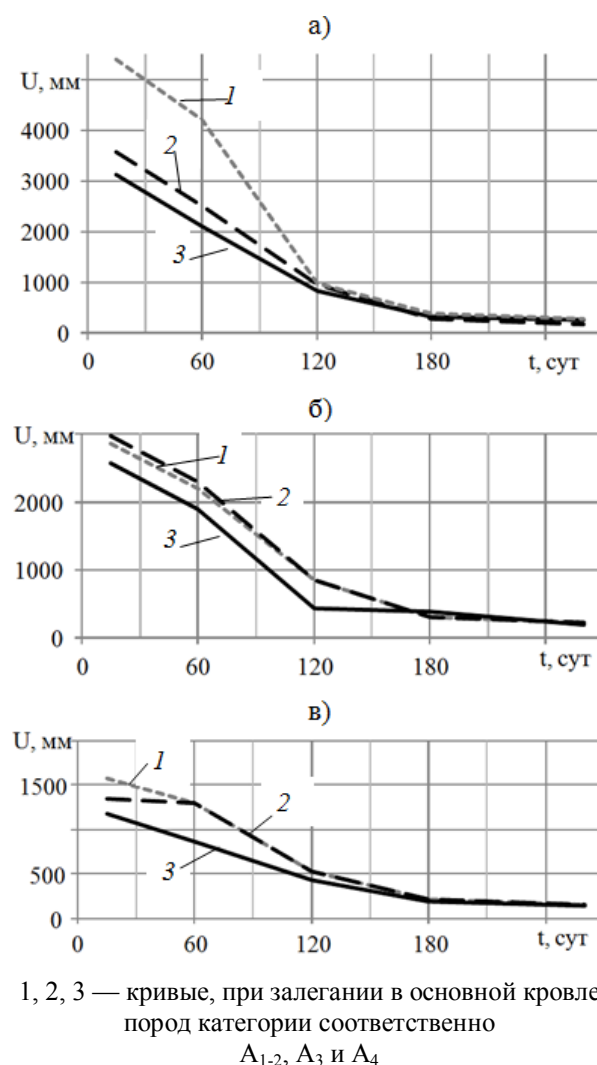


Рисунок 1 Ожидаемые смещения в кровле выработки, проводимой в выработанном пространстве через  $t$  сут. после прохода лавы при категории непосредственной кровли пласта а)  $B_{1-2}$ , б)  $B_3$  и в)  $B_{4-5}$

Характер изменения ожидаемых смещений — S-образный.

Максимальные прогнозные смещений ожидаются при проведении выработки с отставанием от очистного забоя до 60 дней. В этот период величина смещений составит 3000–6000 мм при залегании в непосредственной кровле пород категории  $B_{1-2}$  по устойчивости (рис. 1, а), 2570–2970 мм при залегании пород категории  $B_3$  (рис. 1, б) или 1184–1577 мм при залегании пород категории  $B_4$  (рис. 1, в). В этот период происходит переупаковка пород мелкодробленого слоя.

К середине процесса активных сдвижений (120 день) возможности переупаковки в основном исчерпываются. При отставании проходческих работ от очистных на 120 дней ожидаемые смещения будут не более 1000 мм независимо от литологического типа обрушенных пород, вмещающих горную выработку. По окончании процесса сдвижения массива ожидаемые смещения снизятся до 140–260 мм.

Расчет нагрузки выполнялся по нормативной методике [6]

$$P = \frac{2}{3} \cdot B \cdot \gamma \cdot h_c, \text{ кН/м}, \quad (1)$$

где  $B$  — ширина выработки в свету, м;  $\gamma$  — объемный вес пород,  $\text{кН/м}^3$ ;  $h_c$  — высота расслоения пород, м, определяемая по формуле

$$h_c = \frac{U_{кр}}{\alpha}, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $U_{кр}$  — ожидаемые смещения в кровле выработки, м;  $\alpha$  — эмпирический параметр, определяемый по таблице 4.1 [6] и равный 0,5 для выработок, проводимых в обрушенных породах.

Требуемое количество рам на 1 м выработки определяется отношением веса расслоившихся пород на 1 м выработки  $P$  к сопротивлению крепи  $N_s$

$$n = \frac{P}{N_s}, \text{ рам/м}. \quad (3)$$

Обычно подготовительные выработки на шахтах Донбасса имеют поперечное сечение

в свету от 11 до 14 м<sup>2</sup>. При размещении выработок в слабых породах применяется арочная форма, а крепи — КМП-А3 или КМП-А5, выполненные из спецпрофиля СВП-22. Сопротивление крепи в податливом режиме зависит от вида соединения узлов и колеблется в пределах от 120 кН/м до 215 кН/м.

В таблице 1 представлены результаты расчета плотности установки крепи для рассматриваемых выработок. Нормативная плотность установки крепи находится в пределах от 1 до 3 рам/м. При получении расчетной плотности свыше 3 рам/м удержание выработки в рабочем состоянии будем считать нерешаемой задачей. Принимая ближайшее типовое значение плотности установки крепи, в таблице 1 исключались из дальнейшего рассмотрения такие варианты сочетания непосредственной и основной кровель, при которых удержание выработки будет невозможным. Указанные варианты отмечены серым цветом. Полученные результаты показали, что в первой половине активного периода оседаний подработанного массива нельзя обеспечить выработке безремонтное поддержание. Смещения пород кровли превысят податливость крепи и произойдет чрезмерная потеря поперечного сечения подземного сооружения. В случае применения трехзвенной крепи, обеспечение устойчивости будет невозможно в течение 180 дней после прохода лавы, что на 60 дней больше, чем при использовании пятизвенной. Для возврата выработки в эксплуатационное состояние потребуются ремонтные работы, возможно неоднократно. Параметры крепления выработок дифференцируются в зависимости от характеристики обрушенных пород кровли и времени проведения с момента их обрушения.

При определении стоимости поддержания выработки, пройденной по обрушенным и уплотняющимся породам, учтем затраты на ее крепление. Прочие расходы считаем одинаковыми во всех рассматриваемых случаях. Затраты на крепление выработки включают стоимость рам крепи и расходы на оплату труда, связанные с их возведением.

**ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ**

Таблица 1

Принимаемая плотность установки крепи выработок, проводимых в обрушенных породах

Категория пород кровли по устойчивости по обрушаемости	15 дней			60 дней			120 дней			180 дней			260 дней		
	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>
	При установке крепи КМП-А5 с планками ЗПК (N <sub>s</sub> =215 кН/м)														
A <sub>1-2</sub>	–	2,25	1,25	–	1,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A <sub>3</sub>	1,25	2,25	1	2	1,75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
A <sub>4-5</sub>	2,5	2	1	1,5	1,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	При установке крепи КМП-А3 с прямыми планками (N <sub>s</sub> =120 кН/м)														
A <sub>1-2</sub>	–	–	2,25	–	3	1,75	1,5	1,25	1	1	1	1	1	1	1
A <sub>3</sub>	–	–	2	–	3	1,75	1,5	1,25	1	1	1	1	1	1	1
A <sub>4-5</sub>	–	–	1,5	2,75	2,5	1,25	1,25	1	1	1	1	1	1	1	1

Как было указано выше, возможно применение арочных металлических крепей, как пятизвенных КМП-А5, так и в отдельных случаях трехзвенной КМП-А3.

Указанные крепи для выработок сечением до 14 м<sup>2</sup> выполняются из спецпрофиля СВП-22, общая масса арки 0,3 т. Для соединения звеньев крепи применяются различные замки. Прямые планки и скобы с резьбой имеют наиболее простое конструктивное исполнение и будут дешевле, чем фигурные планки ЗПК. Учитывая, что в большинстве случаев для крепления выработок, проводимых в выработанном пространстве, требуются крепи с высокой конструктивной податливостью, чаще будут востребованы фигурные планки ЗПК, имеющие более высокую стоимость. К дальнейшему расчету примем стоимость трехзвенной крепи КМП-А3 равной 13300 руб., а КМП-А5 — 15500 руб.

Расходы на оплату труда проходчикам, занятым на креплении выработки, определяются трудоемкостью выполняемых работ (нормой времени) и размером тарифных ставок. Тарифная ставка работника (проходчика) определяется из выражения

$$TC = TC_1 \cdot TK, \text{ руб/ч}, \quad (4)$$

где  $TC_1$  — часовая тарифная ставка первого разряда работ, руб/ч;  $TK$  — тарифный коэффициент, для пятого разряда подземных работ равен  $TK = 5$ .

$$TC_1 = \frac{3П_{\min}}{t}, \text{ руб/ч}, \quad (5)$$

где  $3П_{\min}$  — минимальная заработная плата, установленная в государстве законодательно, руб. По состоянию на 1 января 2020 года в ЛНР она равна 6065 руб.;  $t$  — среднемесячная продолжительность рабочего месяца, ч.

$$TC_1 = 6065/166 = 36,54 \text{ руб/ч};$$

$$TC = 36,54 \cdot 5 = 182,7 \text{ руб/ч}.$$

Размер заработной платы из расчета на установку одной рамы крепи определяется из выражения

$$3П = t_{вр} \cdot TC, \text{ руб.}, \quad (6)$$

где  $t_{вр}$  — норма времени на установку одной рамы крепи (табл. 2).

На установку рамы трехзвенной арочной крепи затрачивается 4 ч/раму, а на установку пятизвенной — 4,22 ч/раму. Соответственно следует заплатить рабочим за установку одной рамы:

- трехзвенной крепи — 730 руб/раму;
- пятизвенной крепи — 770 руб/раму.

С учетом отчислений в фонды социального страхования (31 % от зарплаты), размер оплаты труда за установку рамы составит:

- трехзвенной крепи — 960 руб/раму;
- пятизвенной крепи — 1010 руб/раму.

**ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ**

Таблица 2

Норма времени на установку одной рамы крепи [7]

Наименование операций	Норма времени на установку крепи, мин/раму	
	КМП-А3	КМП-А5
Основные операции (установка рам крепи: подготовка лунок, элементов крепи, установление боковых звеньев, присоединение стяжек, навеска верхняка, соединение элементов крепи, забивка клиньев и распорок)	98,75	103,95
Вспомогательные операции:	141,84	149,31
– подноска крепежных материалов	47,53	50,03
– выравнивание боков и кровли выработки	16,8	17,68
– затягивание боков и кровли выработки	51,52	54,23
– установка и разборка помостов	8,62	9,07
– уборка временной крепи	12,37	13,02
– проверка правильности установки крепи	5	5,26
Итого норма времени, мин/раму (ч/раму)	240,59 (4)	253,25 (4,22)

При установке одной рамы на метр расходы на крепление составят:

- при установке трехзвенной крепи 14250 руб/м;
- при установке пятизвенной крепи 16500 руб/м.

При учете плотности установки крепи, требуемой в каждом конкретном случае, в таблице 3 рассчитаны затраты на поддержание 1 м выработки. Серым цветом в таблице 3 отмечены случаи, когда требуется перекрепление, стоимость которого достигает 1/3 затрат на ее проведение [1].

Таблица 3

Затраты на крепление выработок, проводимых в обрушенных и уплотняющихся породах, руб/м

Категория пород кровли по устойчивости по обрушаемости	15 дней			60 дней			120 дней			180 дней			260 дней		
	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>	Б <sub>1-2</sub>	Б <sub>3</sub>	Б <sub>4-5</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
При установке пятизвенной крепи КМП-А5 с планками ЗПК															
A <sub>1-2</sub>	-	47678	26488	-	37083	21190	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500
A <sub>3</sub>	47678	47678	21190	42380	37083	21190	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500
A <sub>4-5</sub>	52975	42380	21190	31785	31785	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500	16500
При установке трехзвенной крепи КМП-А3 с прямыми планками															
A <sub>1-2</sub>	-	-	41126	-	54834	31987	27417	22848	18278	14250	14250	14250	14250	14250	14250

**ЭКОНОМИКА ПРЕДПРИЯТИЙ**

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
При установке трехзвенной крепи КМП-А3 с прямыми планками															
A <sub>3</sub>	-	-	36556	-	54834	31987	27417	22848	18278	14250	14250	14250	14250	14250	14250
A <sub>4-5</sub>	-	-	27417	54834	45695	22848	22848	18278	18278	14250	14250	14250	14250	14250	14250

**Выводы:**

– затраты на поддержание выработки в обрушенных и уплотняющихся породах зависят от времени ее проведения, от залегающих в непосредственной и основной кровле пород;

– проведение выработок в первой половине процесса активных сдвижений также возможно, но из-за недостаточной податливости применяемых крепей потеря их поперечного сечения будет предполагать проведение ремонтных работ, что повлечет удорожание поддержания объекта в эксплуатационном состоянии;

– достаточная устойчивость будет присуща выработкам, проведение которых начнется в середине процесса активных сдвижений.

При креплении крепью КМП-А5 обеспечивается безремонтное содержание. При креплении КМП-А3 безремонтное содержание при проведении со 120 по 180 день с момента обрушения невозможно, поскольку смещения на контуре выработки в этот период превысят конструктивную податливость крепи;

– затраты на поддержание выработки колеблются от 14 тыс. руб/м до 53 тыс. руб., максимальные затраты в три раза превышают минимальные;

– выбор параметров крепления и поддержания должен осуществляться исходя из экономической целесообразности и технологических потребностей, и для каждой производственной ситуации устанавливаться индивидуально.

**Библиографический список**

1. Доценко, О. Г. Анализ затрат на проведение и поддержание прилегающих к лаве выработок [Текст] / О. Г. Доценко // *Трансфер технологий: від ідеї до прибутку : І міжнародна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених.* — Днепропетровск : НГУ, 2010. — С. 25–27.
2. Литвинский, Г. Г. Закономерности формирования нагрузки на крепи горных выработок [Текст] / Г. Г. Литвинский // *Сборник научных трудов ДонГТУ.* — 2016. — Вып. 46. — С. 5–15.
3. Новиков, А. О. О предельных сроках применения способов охраны горных выработок [Текст] / А. О. Новиков, Д. Д. Выговский, И. Н. Шестопалов // *Сборник научных трудов ДонГТУ.* — 2018. — Вып. 55 — С. 5–10.
4. Бабиюк, Г. В. Моделирование процесса уплотнения обрушенных пород во времени [Текст] / Г. В. Бабиюк, О. Г. Доценко, М. С. Иванова // *Форум гірників : матеріали міжнар. конф. (3–6 жовтня).* — Днепропетровск : НГУ, 2012. — Т. 2. — С. 206–214.
5. Бабиюк, Г. В. Определение времени стабилизации горного давления на почву отработанного пласта [Текст] / Г. В. Бабиюк, О. Г. Доценко // *Науковий вісник Національного гірничого університету.* — 2013. — № 6. — С. 26–30.
6. СОУ 10.1001.85790.011:2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. Стандарт Мінвуглепрому України. — К., 2007. — С. 113.
7. Єдині норми виробітку на гірничопідготовчі роботи для вугільних шахт. — К. : Міністерство палива та енергетики України, 2004. — 302 с.

© Доценко О. Г.

*Рекомендована к печати к.э.н., доц. каф. ЭиУ ДонГТУ Белозерцевым О. В.,  
нач. управления экономики, рыночных отношений и собственности  
Администрации г. Алчевска ЛНР Гребеньковой С. П.*

*Статья поступила в редакцию 24.03.20.*

**Dotsenko O. G.** (*DonSTU, Alchevsk, LPR, dotcenkoo@mail.ru*)

**MAINTENANCE COSTS AS A LOCATING PARAMETER FOR WORKING IN CAVED AND COMPACTED ROCKS**

*The article aims to determine the cost of maintaining the preparatory working in caved and compacted rocks. It is found that the maintenance costs range from 14–53 thousand rubles/m depending on the time of its implementation relatively the second working and the rocks lying in the immediate and main roof.*

**Key words:** *maintenance costs of working, caved and compacted rocks, expected shifts, support density.*