

УДК 622.28.04:622.268.2

Солодянкин А.В., д.т.н., проф., Прокудин А.З., ст. научн. сотр.,  
Солодянкина О.А., научн. сотр., Букин Я.А., студ. гр. 184-16-1 ФБ, кафедра  
строительства, геотехники и геомеханики,  
*НТУ «Днепровская политехника», г. Днепр, Украина*

## **КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ КРЕПИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ШАХТ, ПРОВОДИМЫХ В СЛОЖНЫХ ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

**Введение.** Несмотря на возрастание роли возобновляемых источников энергии, уголь в Украине еще долго будет сохранять свое доминирующее значение. Главными факторами здесь являются развитая база горнодобывающей отрасли и огромные запасы угля, которых будет достаточно еще на сотни лет.

Лидером по добыче газовых марок угля в Украине является ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь» (Западный Донбасс). Дальнейшее развитие горных работ в Западном Донбассе связано, в первую очередь, с увеличением глубины разработки, что ставит вопрос об устойчивости капитальных выработок и снижении затрат на их поддержание в ряд особо актуальных.

Долгое время надежным и достаточно экономичным для обеспечения устойчивости капитальных выработок в сложных условиях шахт Западного Донбасса считалась крепь с тампонажем закрепного пространства [1]. Однако сейчас при строительстве таких выработок эффективность тампонажа существенно снизилась, что обусловлено целым рядом причин. Для повышения устойчивости капитальных выработок в современных условиях эксплуатации шахт Западного Донбасса необходимо определение рациональных параметров технологии возведения и дальнейшее совершенствование конструкции комбинированной крепи с тампонажем закрепного пространства.

**Комплексные исследования параметров конструкции и технологии возведения комбинированной крепи.** Комплекс шахтных исследований включал визуальное обследование выработок и инструментальные измерения на реперных станциях [2, 3]. Объектами исследований выбраны протяженные выработки шахты им. Героев космоса ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь». По результатам исследований установлен факт повышения интенсивности деформаций вокруг выработок, проводимых в условиях действующего горизонта, что привело для шахты имени Героев космоса за последние 30 лет к росту интенсификации и величины смещений контура выработок в 1,32 раза и уменьшило протяженность активного периода деформирования приконтурных пород в 2...2,5 раза. Зона активных смещений пород массива находится в

пределах 15-20 м от забоя выработки. Тампонаж на этом этапе уже выполняется с опозданием и его эффективность низкая [4].

Деформации и поломка железобетонной затяжки приводят уже на стадии проведения выработок к необходимости выполнения ремонтных работ. Пучение пород почвы заметно уже на расстоянии 60...70 м от забоя выработки, и на расстоянии около 200 м проводится их подрывка [3].

Установлено, что смещение контура выработок, проводимых в слабых породах шахты, имеют экспоненциальную зависимость от расстояния до забоя:

$$U_1 = a \cdot (1 - e^{bL}), \quad (1)$$

где  $U$  – смещение пород почвы,  $L$  – расстояние до забоя;  $a$ ,  $b$  – коэффициенты аппроксимации.

Учитывая сложные условия эксплуатации выработок, перспективным направлением считалось использование анкерной крепи, внедрение которой на шахтах Западного Донбасса (кроме шахты имени Героев космоса) началось с 2006 года. Опыт применения этой крепи положительный, однако обследование выработок выявило ряд недостатков: низкое качество установки анкеров; недостаточная их несущая способность; «обыгрывание» из-за постепенного снижения прочности пород.

Причиной интенсификации деформационных процессов вокруг выработок, на наш взгляд, является комплекс факторов горнотехнических (увеличение площади сечения выработок) и геомеханических (повышение техногенного воздействия отработанных и действующих лав, в частности от повышения скорости подвигания очистных забоев, степени изрезанности массива и т.п.) [5].

Среди горнотехнических факторов в наибольшей степени изменилась площадь поперечного сечения выработки от значения  $S_{св} = 12,7 \text{ м}^2$  в 1980-е годы [6] до  $S_{св} = 17,7 \text{ м}^2$  на современном этапе [7]. На основе известных рекомендаций (Фисенко Г.Л., Рева В.М.) получено значение коэффициента  $k_s = 1,175$ , что позволяет учесть влияние площади сечения выработки на величину смещения ее контура, но не в полной мере объясняет установленную разницу смещений.

Определить степень влияния каждого из геомеханических факторов в смещении контура выработки трудно. Целесообразным является учет степени интенсификации посредством коэффициента интенсивности деформаций  $k_i$ , который необходимо добавить к известному комплексному показателю условий разработки  $\theta$ :

$$\theta = \frac{R_c k_c}{\gamma H} k_i, \quad (2)$$

где  $R_c$  – предел прочности пород на сжатие;  $k_c$  – коэффициент структурного ослабления;  $\gamma$  – объемный вес пород;  $H$  – глубина разработки.

Для условий Западного Донбасса получено значение  $k_i = 0,66$ , что позволяет оценить современное геотехническое состояние породного массива через техногенную нарушенность и суммарное влияние горных работ на выработки эксплуатационного горизонта. Показатель условий разработки для шахты им. Героев космоса на современном этапе равен  $\theta = 0,41$  (рассчитанный без учета  $k_i$   $\theta = 0,62$  [8]), что доказывает степень сложности условий работы комплекса выработок и позволяет более обоснованно подойти к выбору эффективных решений для обеспечения надежной и безопасной их эксплуатации [9].

С учетом особенностей деформирования массива пород вокруг выработок в условиях шахт Западного Донбасса была разработана численная модель с применением программы «Phase-2» компании Rocscience [10]. Численные исследования выявили закономерности деформирования приконтурных пород в зависимости от параметров крепи с тампонажем и анкерами.

Выполненные исследования позволили установить, что устойчивость капитальных выработок, проводимых в слабых породах, обеспечивается применением комбинированной крепи на базе металлической арочной установкой в забое не менее 5 анкеров для стабилизации деформационных процессов и своевременным проведением тампонажа закрепного пространства с созданием несущего слоя толщиной 150-250 мм, что позволяет в 1,5-2 раза снизить смещение почвы и в 2 раза увеличить шаг рамной крепи. Применение тампонажа с формированием прочного тампонажного слоя является обязательным, что сохраняет естественную прочность приконтурных пород [11-13].

Для дальнейшего совершенствования крепи вместо железобетонной затяжки, которая имеет низкую прочность, высокую стоимость и трудоемкость установки, и, по сути, выполняет функции опалубки, может быть использован более технологичный и менее дорогой материал – профнастил (рис. 1).

Предложенные конструкции крепи и технология ее возведения внедрены при строительстве капитальных выработок на шахте имени Героев космоса и показали свою высокую эффективность.

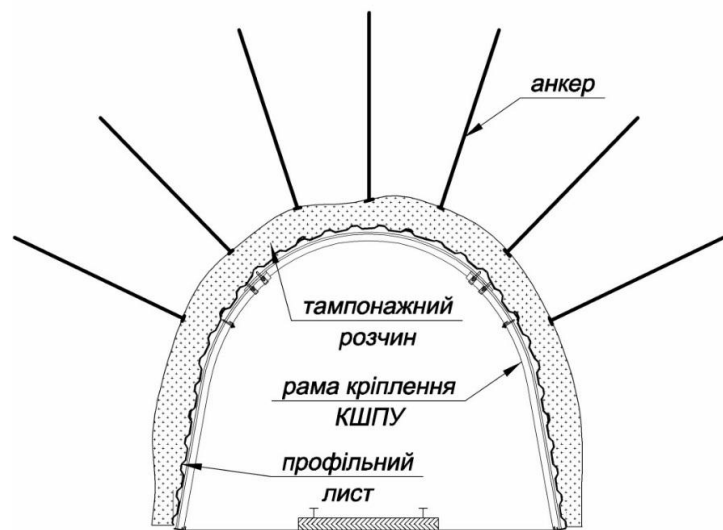


Рис. 1. Общий вид конструкции комбинированной крепи с профнастилом

**Выводы.** Переход от крепи с обратным сводом, которую обычно использовали в сложных условиях, на предложенную комбинированную, позволил снизить стоимость проведения 1 м капитальной выработки на 6153 грн./м. Ожидаемый экономический эффект от использования профнастила вместо железобетонной затяжки – 98 грн./м.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Солодянкин А.В., Выгодин М.А., Коробченко В.В., Прокудин А.З. Тампонаж закрепного пространства как эффективное средство создания системы “крепь – массив” // Форум гірників: матеріали міжнар. конф., 1-4 жовт. 2014 р., Дніпропетровськ. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – Т.2. – С. 112-120.
2. Солодянкин А.В., Прокудин А.З., Выгодин М.А., Коробченко В.В. Совершенствование технологии тампонажа закрепного пространства в сложных горно - геологических условиях шахт Западного Донбасса // Розробка родовищ. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 171-178.
3. Солодянкин А.В., Выгодин М.А., Прокудин А.З. Шахтные исследования процессов при проведении выработок в условиях шахты Героев космоса // Розробка родовищ. – 2015. – С. 349-354.
4. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Смирнов А.В. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт: Монография. – Дніпро: ЛізуновПрес, 2015. – 256 с.
5. Шашенко О.М., Солодянкин О.В., Мартовицкий А.В. Управління стійкістю протяжних виробок глибоких шахт. – Дніпро: ЛізуновПрес, 2012. – 384 с.
6. Выгодин М.А., Евтушенко В.В. Применение металлоанкерных крепей на шахтах Западного Донбасса // Уголь Украины. – 1989. – № 8. – С.36-38.
7. Солодянкин А.В., Выгодин М.А., Коробченко В.В., Прокудин А.З. О повышении устойчивости капитальных горных выработок шахт Западного Донбасса // Уголь Украины. – 2015. – №12. – С. 27-32.
8. Солодянкин А.В., Мартовицкий А.В., Смирнов А.В. Оценка геомеханических условий и состояния протяженных горных выработок шахт ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» // Инженерный вестник Дона, – 2015. – №2, ч.2.
9. Солодянкин А.В., Прокудин А.З., Григорьев А.Е., Солодянкина О.А. Оценка геотехнических факторов, влияющих на активизацию деформационных процессов в массиве пород в окрестности выработок // Форум гірників-2019: Матеріали міжнародної конференції. – Дніпро: НТУ ДП. – 2019. – С. 100-108.
10. Шашенко А.Н., Кравченко К.В., Прокудин А.З. Методика решения задачи об устойчивости выработки с комбинированной крепью АСН-А // Вісник КНУ. – 2015. – Вип. 39. – С. 24-29.
11. Исследование влияния параметров упрочненного слоя закрепного пространства выработок на смещения контура / А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин // Сучасні ресурсо-енергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2018. – №2 – С. 99-109.

12. Инновационные технологии тампонажа закрепного пространства в сложных геологических условиях шахт Западного Донбасса / С.А. Воронин, А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, А.З. Прокудин. – Днепр: “Литограф”, 2015. – 76 с.

13. Прокудин А.З. Обоснование рациональных параметров технологии тампонажа закрепного пространства / А.В. Солодянкин, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин, А.М. Выгодин // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2016. – №1(38). – С. 22-29.