

В.Ю. Халимендик

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАМНЫХ КРЕПЕЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ УКРАИНЫ

Выполнен анализ проблем и путей их решения в области эффективного поддержания подготовительных выработок угольных предприятий Украины. Даны варианты решения отдельных геотехнологических задач.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РАМНОГО КРІПЛЕННЯ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ УКРАЇНИ

Виконано аналіз проблем і шляхів їх вирішення у сфері ефективного підтримання підготовчих виробок вугільних підприємств України. Надано варіанти вирішення окремих геотехнологічних завдань.

INCREASING OF APPLICATION EFFECTIVENESS OF FRAME SUPPORTS ON COAL MINES OF UKRAINE

The analysis of problems and approaches to their solving in area of effective preparatory mine workings maintenance on mining enterprises of Ukraine is executed. Variants of solving of particular geotechnical challenges are given.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КРЕПЛЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА

Несмотря на значительные достижения отечественной науки и промышленности в области совершенствования способов крепления подготовительных выработок их среднестатистическое состояние оставляет желать лучшего. В настоящее время объем крепления подготовительных выработок арочной рамной податливой крепью на шахтах Украины составляет не менее 80% [1]. При этом состояние большей части выработок остается неудовлетворительным. Более 30% участков горных выработок после односторонней отработки полезного ископаемого находятся в неудовлетворительном состоянии, требуют ремонта или перекрепления. При наличии слабых вмещающих пород повторное ис-

пользование таких выработок в качестве вентиляционных достаточно затруднено. Особенно важным остается вопрос удержания выработок при отработке выемочного столба прямым ходом.

Применение традиционных методов крепления и технологических приемов в Донбассе в условиях больших глубин неэффективно [2]. К арсеналу таких методов относятся:

- крепление выработок арочной крепью типоразмерного ряда КМП-А3 (АП);
- применение охранных целиков;
- применение бутовых полос;
- установка анкеров неглубокого залегания совместно с рамной крепью.

На сегодняшний день, очевидно, что такие методы в условиях Донбасса не только неэффективны, но и экономически нецелесообразны. Рассмотрим причины сложившихся неудач.

Арочная крепь КМП-А3 (АП) является наиболее распространенным техническим решением крепления горных выработок и хорошо работает при условии равномерного проявления горного давления. Это достигается когда боковое горное давление составляет 70% от вертикального (рис. 1). При таком соотношении нагрузок изгибающие моменты в раме минимальны.

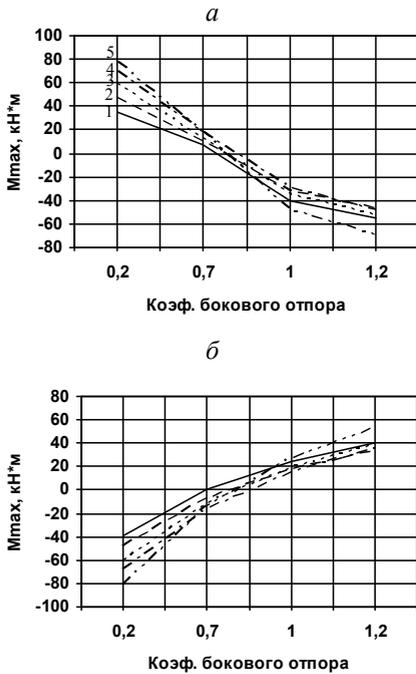


Рис. 1. Динамика изменения максимальных изгибающих моментов M_{max} крепи КМП-А3 сечением в свету в стойках (а) и в верхняке (б): 1 – 9,2 м²; 2 – 11,2 м²; 3 – 13,8 м²; 4 – 15,5 м²; 5 – 18,3 м²

При отработке пласта угля в зоне влияния очистных работ коэффициент бокового отпора уменьшается, поскольку увеличивается вертикальная составляющая горного давления. В этих условиях часто возникает прогиб верхняка крепи и крепь преждевременно теряет несущую способность (рис. 2, а).

Охранные целики малоэффективны при этом потери угля и высокая трудоемкость

работ делают их экономически нерациональными. В качестве примера приведем наблюдения за состоянием 13-го восточного конвейерного штрека шахты «Свято-Андреевская» (г. Ждановка Донецкой области). При отработке угля с вынимаемой мощностью 1,1 м и оставляемыми охранными целиками 5 м вертикальная конвергенция выработки была примерно равна вынимаемой мощности пласта 1,0 – 1,1 м (рис. 2, б). При этом, по расчетам нормативного источника [3], при бесцеликовой охране расчетная нагрузка увеличивается незначительно (см. табл.).

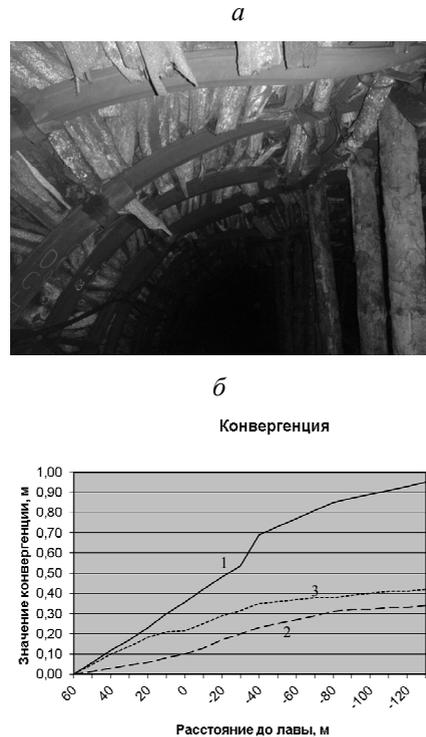


Рис. 2. Фактическая деформация 13-го восточного конвейера на шахте «Свято-Андреевская» (крепь АП-5 из СВП-27 с замковыми соединениями ЗПКм, шаг крепления 0,8 м, с усилением деревянной стойкой), охраняемого с помощью оставляемых целиков шириной 5 м: а – внешний вид; б – измеренные значения конвергенции; 1 – вертикальная конвергенция; 2 – горизонтальная конвергенция; 3 – пучение

Размеры оставляемого целика, м	Расчетная нагрузка на 1 п.м, кПа	Расчетный шаг крепления, м
бесцеликовая охрана	1030	0,37
5	1040	0,37
10	832	0,46
15	780	0,49

Применение бутовых полос для охраны штреков показало свою низкую эффективность [4]. Причина этому очевидна – при сжатии разрушенного массива наблюдается его усадка, достигающая около 50%, что приводит к увеличению размеров зоны разрушения вокруг охраняемой горной выработки.

Установка анкеров неглубокого заложения в забоях подготовительных выработок зачастую используется для уменьшения плотности установки рамной крепи. Применение рамно-анкерного крепления с неглубоким заложением анкеров показало свою эффективность только при незначительных нарушениях слоистой структуры непосредственной кровли при достаточном прочных породах [2]. Несмотря на стремительно развиваемую материальную базу в области химического анкерования, анкера неглубокого заложения не решают всех задач поддержания подготовительных выработок. Причиной этому является развитие свода обрушения значительно больше высоты анкерования. При этом вертикально установленные анкера смещаются в выработку вместе с деформируемыми породами.

Неэффективная в подготовительных выработках крепь КМП (АП) была заменена так называемыми «крепями нового технического уровня» [5], например КШПУ, суть которых сводится к измененной форме крепи с целью увеличения ее сопротивления вертикальным нагрузкам.

Другим техническим решением, помимо оптимизации формы крепи, является усиление наиболее нагруженных зон крепи. Решение этой проблемы находило свое отражение в применении различного вида

усиливающих вкладышей спецпрофиля, составных верхняков, стяжек верхняков, элементов различной жесткости. Логика таких решений сводится к одному из принципов эффективного использования материала металлоконструкции: нагрузить материал конструкции как можно больше и более равномерно, что способствует эффективному использованию всех участков (звеньев) конструкции в сопротивлении внешней нагрузке.

С целью создания крепи, эффективно сопротивляющейся повышенным проявлениям горного давления со стороны кровли, было принято решение об усилении верхняка крепи путем замены верхнего элемента на составной, имеющий соединительный узел с увеличенной зоной нахлеста элементов. Моделирование методом конечных элементов (МКЭ) показало, что в результате сдвоенный участок верхняка позволяет значительно увеличить предельную несущую способность рамы на изгиб (примерно на 30 – 50% в зависимости от схемы нагружения и параметров крепи) [4].

Применяя одновременно ряд технических решений: составной сдвоенный верхняк; расположение прямолинейных участков стоек под углом к вертикали; размещение податливых замковых соединений под углом 50 – 60° к вертикали, что обеспечивает эффективную работу крепи при преобладающих вертикальных смещениях; увеличение нахлеста элементов податливого узла с целью увеличения сопротивления узла возросшим нагрузкам; равнорадиусные элементы, что повышает стабильность работы податливого узла, инженерам ООО «Донбасскрепь» удалось создать четырех-

звенную рамную крепь КА-ДК с повышенными рабочими характеристиками (рис. 3).

Предварительное моделирование МКЭ с учетом пластических деформаций показало, что такой подход увеличивает предельную несущую способность рамы в части ее сопротивления изгибающим моментам более чем на 70% по сравнению с крепью КМП-АЗ. Так, например, при сечении выработки в свету $10,3 \text{ м}^2$, спецпрофиле СВП-19 несущая расчетная предельная способность рамы по фактору изгиба ее элементов составит 460 – 550 кН в зависимости от величины проскальзывания элементов в узлах податливости. Испытания на стенде в ДонУГИ такой крепи сечением $12,2 \text{ м}^2$ из СВП-22 с замками ЗПКм показали достигнутую максимальную нагрузку 371 кН/раму.

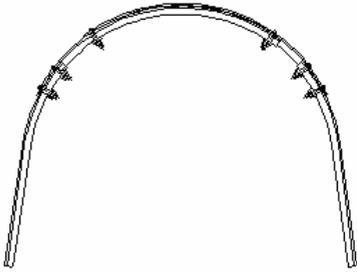


Рис 3. Крепь КА-ДК с удвоенным верхняком «шатрового типа»

Известно, что вертикальная конвергенция горных выработок определяется суммой процессов, происходящих в системе крепь-массив [6,7]:

- пучение (поднятие слоев горных пород почвы);
- внедрение стоек арочной крепи в почву;
- смещение элементов крепи в замках;
- пластические и упругие деформации элементов крепи.

При уменьшении второго и третьего процесса происходит уменьшение свода обрушения, а это приводит к уменьшению

опорного давления в бортах выработки и уменьшению пучения почвы в горной выработке [8].

СНиП [9] предусматривает для стальной арочной крепи в породах почвы с расчетной прочностью менее 15 МПа (153 кг/см^2) применение дополнительных элементов крепи, исключающих вдавливание стоек крепи в почву. Однако в связи с ростом нагрузок на рамные крепи современного уровня, особенно в зоне влияния очистных работ, возникает необходимость увеличить область применения опорных конструкций.

Часто породы почвы шахт Донбасса имеют низкую крепость ($100 - 300 \text{ кг/см}^2$). В условиях их пучения, проведения выработок вприсечку и в зонах влияния очистных работ прочность пород, установленную в лабораторных условиях, необходимо уменьшить не менее чем в 2 раза.

Таким образом, проведение выработок при слабых породах почвы должно производиться при наличии мероприятий, препятствующих вдавливанию стоек арочной металлической крепи в почву горной выработки.

Исследования, проведенные сотрудниками НГУ Украины и ОАО «Павлоградуголь» [10 – 13] показали, что величина внедрения стоек крепи в почву достигает 0,4 м. При перекреплении панельных выработок, часто из-за большого внедрения стоек в почву (до 1,5 м) их приходится оставлять в массиве, срезая верхнюю часть.

В условиях шахты «Юбилейная» ПАО «Павлоградуголь» длительное время производилось наваривание отрезков спецпрофиля на торец стоек и усиление сопротивления замковых соединений крепи. Это позволило увеличить шаг установки крепи с 0,5 до 0,8 – 1,0 м. Однако технология наваривания отрезков металла на торец профиля имеет ряд недостатков: большая трудоемкость работ по подготовке крепи, сложность пакетной транспортировки стоек крепи, сложность извлечения стоек при погашении выработок.

Сотрудниками ООО «Донбасскрепь» разработан новый вариант опорного баш-

мака для металлической крепи из СВП (рис. 4). Изделие изготавливается из отрезка листового металлопроката и имеет плоскую основу 1 в форме равнобокой трапеции, на которую опирается часть торца профиля, средний упор 2, который опирается на внутреннюю поверхность дна 4 профиля (рис. 2), и боковые симметричные упоры 3, которые опираются на внешние фланговые поверхности 5 и на фланцы 6 профиля.

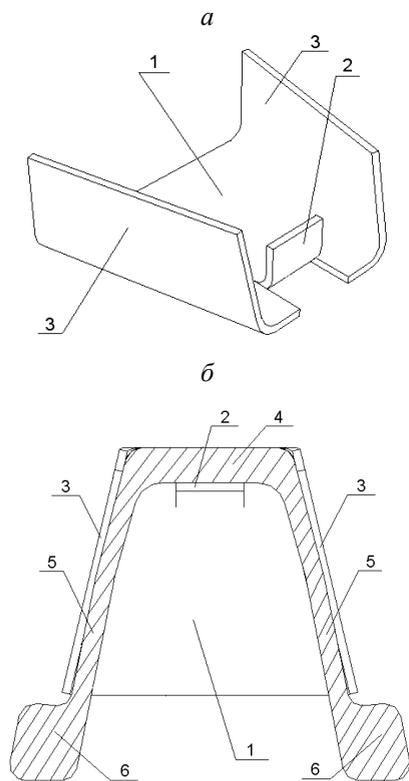


Рис. 4. Опорный башмак БО-ДК: а – внешний вид; б – способ крепления на стойке

Конструкция опорного башмака позволяет производить монтаж его на стойку металлокрепи непосредственно перед установкой стойки, что в свою очередь упрощает процесс установки крепи, снижая трудоемкость работ. При выемке горной массы комбайном предлагаемая опора не попадает

в зону работы рабочего органа комбайна.

Современная горная наука выработала целый ряд эффективных технологических приемов, заменяющих устаревшие технологии отработки полезного ископаемого с применением охранных целиков, прорывных штреков и бутовых полос [14]:

- применение жестких блоков типа БЖБТ, БДБТ;
- применение литых полос из быстротвердеющих материалов;
- усиление бровки штрека стойками разнообразной конструкции.

В настоящее время обоснованным является технологический прием применения жестких охранных сооружений при полном отказе от обеспечения податливости конструкции.

Анкерная крепь обычной конструкции ограниченной длины показала недостаточную эффективность в подготовительных выработках. Поэтому на предприятиях ООО «ДТЭК» и шахте «Красноармейская-Западная» широко применяется анкерно-рамный способ крепления подготовительных выработок с применением длинных гибких канатных анкеров, устанавливаемых в кровлю выработки с одновременным креплением анкерами обычной стержневой конструкции. Применение анкеров увеличенной длины 4 – 6 м вместе с мероприятиями по усилению крепления бровки штрека после прохода лавы позволяет передовым шахтам добиться эффективного поддержания выработок при их повторном использовании.

Одним из наиболее эффективных направлений обеспечения устойчивости горных выработок является вовлечение в работу крепи на начальном этапе разрушения приконтурного массива, что значительно уменьшает его расслоение. Кроме того весьма важно нагрузить крепь арочной формы наиболее равномерно по всему ее контуру. Для выполнения этих задач важным условием является обеспечение плотного контакта крепи с выработанным пространством. Удовлетворить это условие возможно либо поджатием крепи к пород-

ному контуру либо заполнением закрепного пространства. При этом определяющим параметром, влияющим на эффективность применяемых мероприятий или влияющим на степень расслоения пород, является величина переборов породы при проведении выработки.

Для подготовительных выработок установлена величина зазора между крепью и породным контуром 200 мм [15]. Реальные переборы породы составляют 250 – 300 мм сверх проектных размеров [16]. Наибольшие из них, как правило, образуются над верхняком крепи. Увеличение закрепного пространства от 100 до 400 мм может приводить к росту смещений пород в 5 раз [17]. В то же время качественное заполнение закрепного пространства уменьшает смещения пород на контуре выработки в 2 – 3 раза.

Одним из наиболее дешевых методов является расклинка рам деревянными элементами, забиваемыми между рамой и массивом в нескольких точках. Такая расклинка высоконагруженных рам современных крепей может приводить к деформациям спецпрофиля в местах воздействия сосредоточенных сил [18]. Уже более 20

лет назад при установке крепежных рам на шахтах Рурского бассейна исключена их расклинка к породному контуру, признанная мероприятием, нарушающим нормальный режим работы при ее податливости. В Германии около 90% штреков проводилось с заполнением закрепного пространства твердеющими смесями [14].

ВЫВОДЫ

Передовой опыт подсказывает, что наиболее технологическим способом обеспечения плотного прилегания крепи к выработанному пространству является нагнетание быстротвердеющих смесей в специальные рукава, укладываемые между крепью и массивом (рукава Bullflex). Однако эта технология в Украине не нашла применения по причине отсутствия материалов для рукавов, удовлетворяющих нормативные требования.

Приведенные технические решения повышения эффективности использования крепи освоены и серийно производятся ООО «Донбасскреп».



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров С.И. Обобщение опыта крепления и охраны подготовительных выработок / С.И. Егоров, Ю.М. Халимендик, Э.П. Курченко [и др.] // Уголь Украины. – 2002. – № 5. – С. 19 – 21.

2. Порядок применения технологического регламента поддержания повторно используемых выемочных штреков комбинированными охранными системами / А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, В.Н. Сергиенко [и др.] // Геотехническая механика: межв. сб. науч. тр. – Д., 2009. – Вып. 83 – С. 3 – 13.

3. ҚД 12.01.01.201-98 Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах / Руководящий нормативный документ Минуглепрома Украины; введ. 25.06.1998. – 143 с.

4. Новая податливая крепь с усиленным верхняком / М.И. Бугара, В.В. Вишневецкий, В.Ю. Халимендик [и др.] // Уголь Украины. – 2012. – С. 18 – 20.

5. Кияшко Ю.И. Минимизация производственных затрат на крепление горных выработок в тяжелых условиях эксплуатации / Ю.И. Кияшко, А.В. Кириченко // Геотехническая механика: межв. сб. науч. тр. – Д., 2009. – Вып. 83 – С. 105 – 113.

6. Якоби О. Практика управления горным давлением / О. Якоби. – М.: Недра, 1987. – 566 с.

7. Martin Junker Gebirgsbeherschung von Flözstrecken // Verlag Glückauf GmbH – Essen, 2006. – 656 s.

8. Баклашов И.В. Механика подземных сооружений и конструкции крепей / И.В. Баклашов, Б.А. Картозия. – М.: Недра, 1992. – 543 с.

9. СНиП Подземные горные выработки Ч. II / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 30 с.

10. Ковалевська І.А. Дослідження впливу геомеханічних параметрів вуглевміщуючого масиву слабких порід на здимання підшоши виробки / І.А. Ковалевська, О.Р. Мамайкін, В.В. Фомичов // Науковий вісник НГУ. – 2008. – № 7. – С. 32 – 35.

11. Колоколов О.В. О вертикальной конвергенции пород в выработках в условиях слабой почвы / О.В. Колоколов, А.В. Шмиголь, Ю.М. Халимендик // Уголь Украины. – 1986. – № 11. – С. 14 – 15.

12. Розрахунок величини вдавлювання стояків рамного кріплення у слабкі породи підшоши пластової виробки / І.А. Ковалевська, О.В. Вівчаренко, В.Г. Черватюк [и др.] // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 12. – С. 10 – 15.

13. Mataykin A. Methods of calculation of pressing value of frame supports props / A. Mataykin, V. Larko, L. Tokar // New Techiques and Technologies in Mining. – A Balketa book. – 2010. – P. 255 – 258.

14. Комбинированные охранные системы нарастающего сопротивления – безальтернативная технология поддержания выемочных штреков / Б.М. Усаченко, В.Н. Трипольский, А.А. Яйцов [и др.] // Геотехническая

механика: межв. сб. науч. тр. – Д., 2010. – Вып. 91. – С. 15 – 26.

15. СОУ 10.1.00185790.011:2007 Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони / Стандарт Мінвузлепрому України. – К.: 2007. – 116 с.

16. О механизации забутовочных работ при проведении горизонтальных горных выработок / И.Г. Великий, В.И. Черетянко, В.В. Черкасов [и др.] // Шахтное строительство. – 1979. – № 7. – С. 23 – 24.

17. Черняк И.Л. Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт / И.Л. Черняк, Ю.И. Бурчанов. – М.: Недра, 1984. – 304 с.

18. Грядущий Б.А. Факторы, обеспечивающие повышение интенсивности отработки запасов на глубоких шахтах / Б.А. Грядущий Б.А., Г.Г. Сузаренко, Н.А.Алиев [и др.] // Уголь Украины. – 2004. – № 2. – С. 10 – 13.

ОБ АВТОРАХ

Халимендик Владимир Юрьвич – инженер-конструктор ООО «Механик».

