

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАМКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АРОЧНОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КРЕПИ

Ю.М. Халимендик, А.С. Барышников, В.Ю. Халимендик, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина

Л.Н. Захарова, Институт физики горных процессов НАН Украины, Украина

Выполнен анализ работы замков податливости рамных арочных крепей из профиля СВП. Показано, что основным недостатком работы замков податливости является перекосящий момент стяжных скоб и недостаточное усилие затягивания болтовых соединений. Определены основные направления усовершенствования работы замковых соединений, которые должны повысить коэффициент использования несущей способности арочной металлической крепи.

Крепление большинства горных выработок угольных шахт производится с использованием стальной арочной податливой крепи из СВП [1]. Наиболее важными параметрами крепи, кроме геометрических, считают несущую способность и податливость [2,3].

Задача податливой крепи состоит в том, чтобы в результате взаимного сдвига профилей уменьшить свои размеры с одновременным сохранением несущей способности. Возможность взаимного перемещения элементов крепи обеспечивается узлами податливости замковых соединений, которые должны сохранять постоянную несущую способность, что достигается за счет сил трения. Величина последних зависит от усилия затягивания болтовых соединений элементов узла податливости и характера протекания процесса фрикционного трения. Установление характеристики крепи или узлов податливости является необходимой инженерной задачей, которая решается при стендовых испытаниях [2]. По результатам стендовых испытаний определяется несущая способность крепи, то есть предельная вертикальная нагрузка в жестком режиме и сопротивление крепи, то есть среднее арифметическое пиковых значений нагрузки в податливом режиме [2].

Эти показатели используются при определении коэффициента использования несущей способности, который составляет до 0,5 [1], что указывает на низкую эффективность использования спецпрофиля. При стендовых испытаниях процесс взаимного перемещения элементов арочной податливой крепи фиксируется лишь уменьшением высоты рамы, что не позволяет исследовать изменчивость линейных параметров замковых соединений узлов податливости во времени под воздействием нагрузки.

В статье анализируются причины неэффективности использования металлической податливой крепи с целью обоснования направлений совершенствования замковых соединений арочной металлической крепи.

В настоящее время на угольных шахтах Украины наибольшее распространение получили замковые болтовые соединения с прямой планкой – АПЗ-030, замок АПЗ-070 с общей планкой профиля проката ПЗС20, замки с огибающими планками ОЗШ1.22.000 с укороченными скобами [4], носящими название на производстве «ЗПК», замки со штампованной фигурной планкой ЗШ-000 и замки ЗПКм с огибающей планкой и упирающейся в утолщения спецпрофиля ООО «Донбасскрепь» [5]. Для уменьшения эффекта прогиба прямой планки замка АПЗ-030 предложен замок узла податливости со скобой-стабилизатором [6].

Все шесть основных замковых соединений включают в себя соединительные скобы, применение которых имеет ряд недостатков.

1. Натяжение в болтовых соединениях скоб производится произвольно. Например, по техническим условиям монтажа крепи момент прекращения закручивания гаек определяется визуально – «при появлении прогиба планки». Оценку такого способа можно произвести по формуле [3]:

$$P_H = \frac{[\sigma_T] \cdot W_n}{l_n},$$

где $[\sigma_T]$ – минимальный предел текучести стали, W_n – момент сопротивления планки, l_n – длина консоли планки.

По оценкам авторов [3] при сжатии профилей силой P_H в пределах до 50 кН, обеспечивается начальное сопротивление податливости одного замкового соединения до 60 кН. Такое начальное сопротивление обеспечивает несущую способность крепи около 120-150 кН, что в 3-4 раза меньше отпора крепи в жестком режиме.

Учитывая бесконтрольность натяжения болтовых соединений и высокий уровень случайных факторов при производстве работ, этот недостаток можно отнести ко всем типам замковых соединений.

2. При перемещении профилей в узлах податливости возникает сила трения:

$$T = \mu \cdot S,$$

где μ – коэффициент трения, S – действующая сила натяжения.

Коэффициент трения стали о сталь равен $\mu=0.16$, а его угол трения составит примерно 10° , соответственно. Отсюда следует, что в начальной фазе смещения элементов спецпрофиля в узле податливости скоба может отклониться на угол около 10° (рис. 1).



Рис. 1. Перекос скоб в замковом соединении ЗПКм

Величина первоначального смещения профилей d зависит от расстояния между болтовым узлом и изгибом скобы l , и угла α (рис. 2).

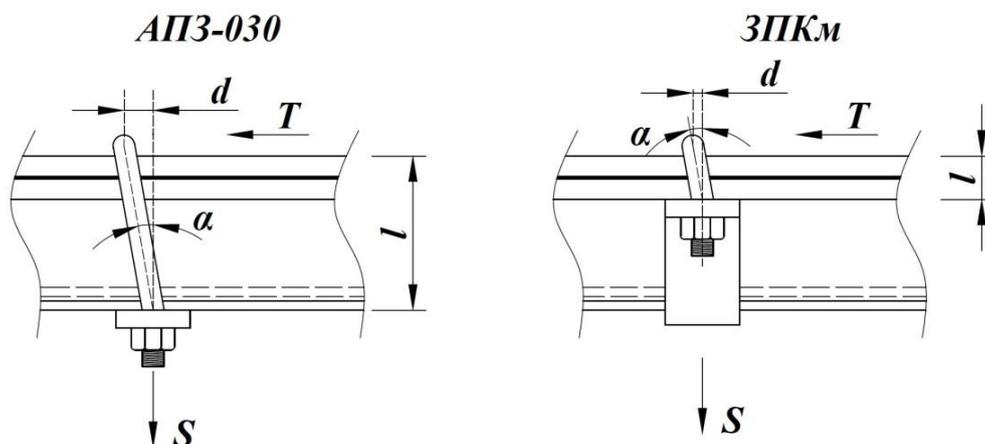


Рис. 2. Одиночная скоба соединения двух профилей арочной крепи

В последующем происходит «срыв» – резкое смещение скобы. В этом случае происходит образование фрикционной искры, которая может приводить к воспламенению метановоздушной смеси [8] (рис. 3).

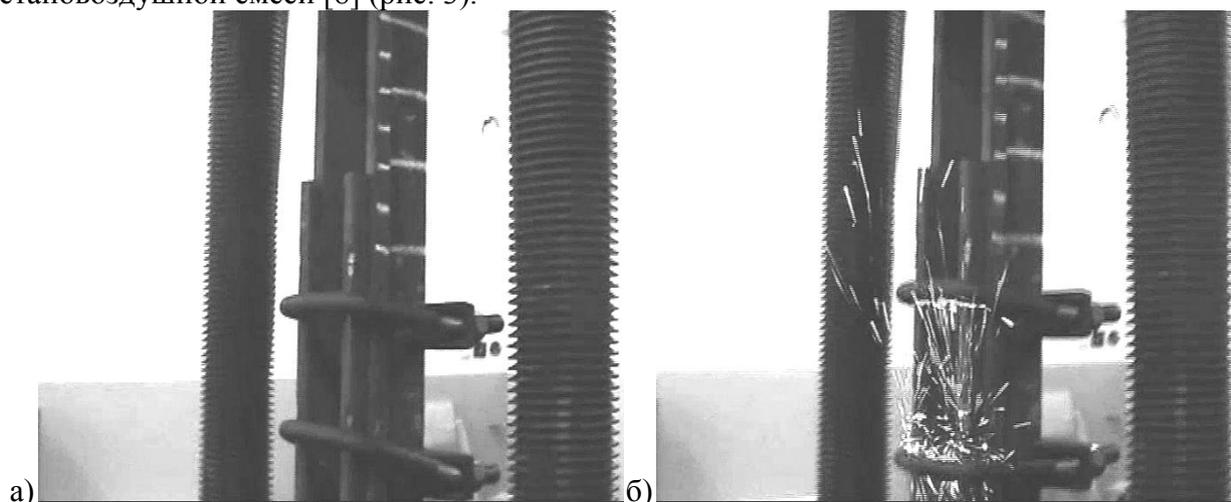


Рис. 3. Перекус нижней скобы (а) и искрообразование при ее резком срыве (б). Испытания на прессе ПГ-100А лаборатории строительных конструкций ГВУЗ «НГУ» [8]

При «срыве» происходит также мгновенное проскальзывание элементов крепи с уменьшением величины T до нуля. Поэтому рабочая характеристика крепи описывается пикообразными значениями сопротивления крепи (рис. 4).

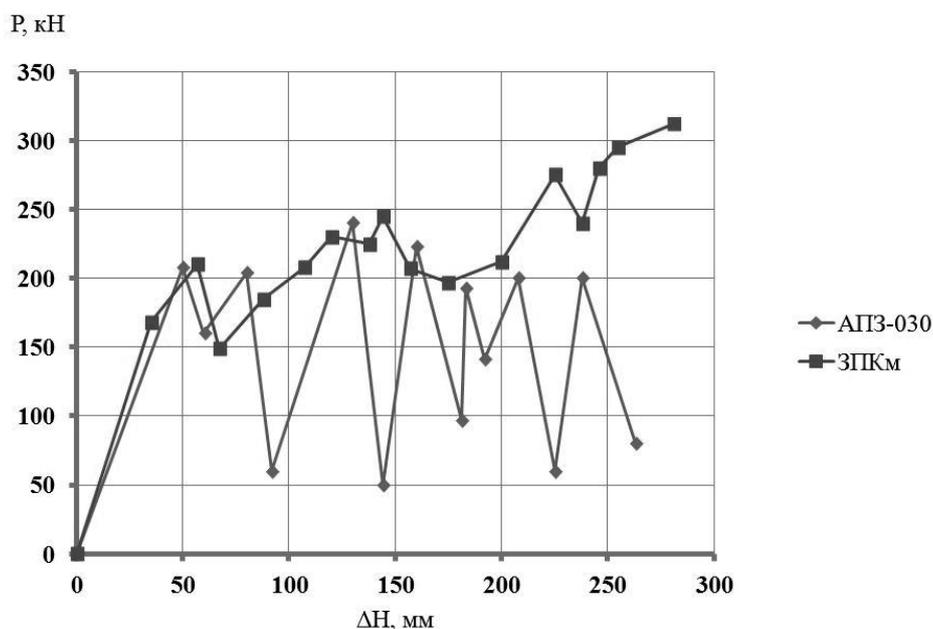


Рис. 4. Рабочая характеристика крепи с разными замковыми соединениями. P – нагрузка на крепь, ΔH – уменьшение высоты рамы

Частые срывы (ниспадающие ветви графика, см. рис. 4) снижают качественную рабочую характеристику. Для усреднения получаемых значений производится усреднение максимальных пиковых значений методами математической статистики [4]. Такая оценка скачкообразной характеристики крепи явно носит необъективный, т.е. завышенный характер.

Амплитуда пиков (т.е. разница между максимальным и минимальным значением нагрузки при «срыве») уменьшается при уменьшении величины l (см. рис. 2). При использовании замкового соединения ЗПКм этот размер уменьшен до величины двух утолщений реборд спецпрофиля. Рабочая характеристика резко изменилась в связи с отсутствием частых провалов (см. рис. 4).

В замке АПЗ-070 за счет наклона одной из заблокированных скоб устраняется перекося и естественно уменьшается скачкообразный характер рабочей характеристики (рис. 5) [9].

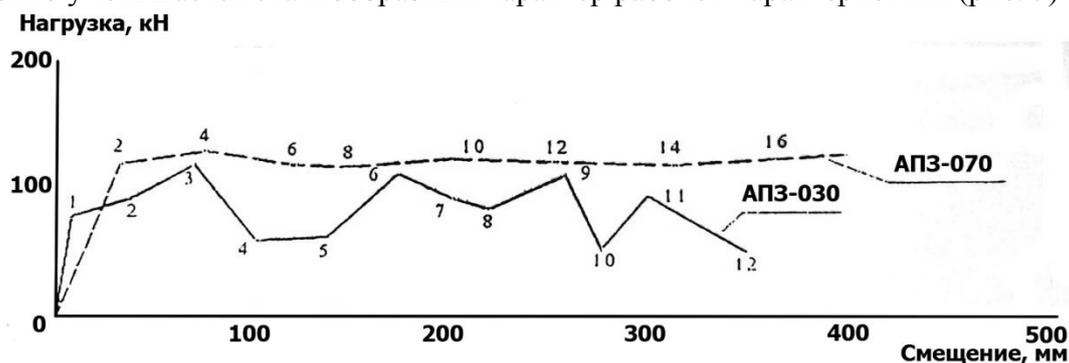


Рис. 5. Результаты стендовых испытаний крепи по данным ДонУГИ [9]

Однако такое техническое решение не привело к резкому увеличению несущей способности крепи. А ошибки при установке этого замка в виде отсутствия стабилизатора или неправильного расположения скоб приводят к резкому снижению рабочей характеристики.

Применение вставок в замковые соединения позволяло производить достаточное усилие сжатия элементов крепи, но не исключало перекося скоб [10].

Из приведенного анализа видно, что перекося скоб замковых соединений приводит к искажению рабочей характеристики крепи и созданию аварийной ситуации в виде наличия источника воспламенения газозадушной смеси. При исключении этого явления между элементами крепи происходит основной процесс в виде фрикционного трения, который характеризуется неглубоким взаимным внедрением контактирующих неровностей и образованием адгезионных связей между элементами крепи и периодическим срывом этих связей со звуковым сопровождением, но значительно меньшей амплитудой скачков (рис. 6).

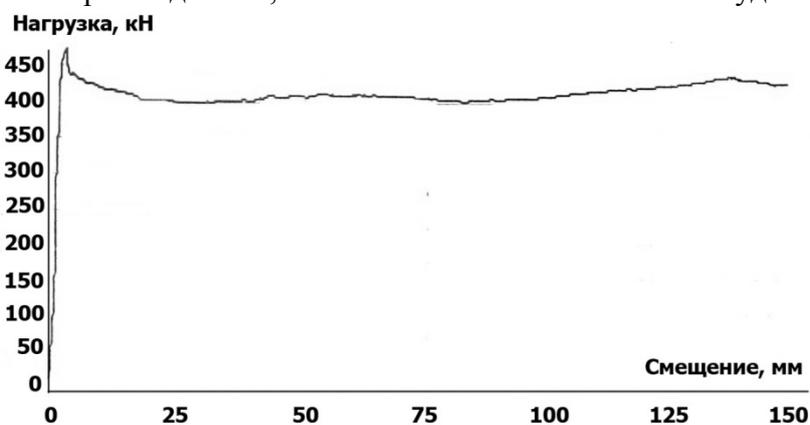


Рис. 6. Рабочая характеристика соединения из профиля V36 с двумя замками SKL36 завода «Kalmet» (Польша) [7]

Таким образом, для увеличения коэффициента использования несущей способности и исключения искрообразования в замковых соединениях необходимо в конструкции замкового соединения исключить перекося скоб с параллельным обеспечением сжатия элементов.

Для решения этой задачи необходимо применение двухохватных замковых соединений [7] или применение фиксирующей планки для скоб [8] с нормированным зажатием болтовых соединений. Последнее требует использования специальных ключей и соответствующей методики выполнения работ.

Зарубежные аналоги арочной крепи, например завода «Huta Labeg», позволяют поднять коэффициент использования металлокрепи до 70 % [7].

При этом возникают дополнительные две задачи своевременного нормирования обтяжки скоб и увеличения количества депланационных связей (до 9), противостоящих скручиванию профиля за счет продольной нагрузки.

Вывод. В настоящее время наметилась тенденция к повышению коэффициента использования металлокрепя из профиля СВП. Проведенный анализ работы замковых соединений показывает, что этого можно достигнуть за счет нормирования обтяжки болтовых соединений замков и исключения перекоса скоб.

Список литературы

1. СОУ 10.1.00185790.011:2007. Підготовчі вирібки на пологих пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони. – Мінвуглепром України. – К., 2007. – 113 с.
2. Компанец, В.Д. Оборудование и методика лабораторных испытаний металлических рамных податливых крепей / В.Д. Компанец, Ю.А. Шевелинда // Технология обработки тонких угольных пластов на шахтах Донбасса. Сб. научных статей. – Донецк: Дон УГИ. – 1988. – с. 130-136.
3. Литвинский Г.Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г.Г. Литвинский, Г.И. Гайко, Н.И. Кулдыркаев. – К.: Техника, 1999. – 216 с.
4. Сытник, А.А. Рамные крепи горных выработок: обзорная информация и справочные материалы [Текст] / А.А. Сытник, Ф.С. Зигель, В.Ф. Компанец, В.С. Поляковский. – Донецк: ЦБНТИ. – 1992. – 36 с.
5. Справочные материалы по продукции горнотехнического назначения, выпускаемой предприятием «Донбасскрепь» // Составитель Иванов И.Е. – Донецк. – 2013. – 20 с.
6. Алиев Н.А. Концептуальные основы повышения производительности и безопасности подземной разработки месторождений полезных ископаемых / Н. А. Алиев, В. А. Джангиров, М. И. Щадов, А. Б. Зудиков // Горный журнал. – №6. – 2009. – С. 5–10.
7. Wojtusik A., Ciałkowski B. Czynniki powodujące nadmierne wyłężenie strzemion w obudowie ŁP. Nowoczesne Technologie Górnicze materiały seminaryjne, Ustroń, 2006. – P. 7-16
8. Халимендик Ю.М. Безопасное использование замковых соединений арочной крепи / Ю.М. Халимендик, А.С. Барышников, В.Ю. Халимендик // Уголь Украины. – №1-2. – 2017. – С. 31-34.
9. Халимендик Ю.М. Оценка работоспособности металлической крепи / Ю.М. Халимендик, С.В. Бегичев, В.Ю. Халимендик // Науковий вісник НГАУ. – № 6. – 2002. – С. 48-50
10. Кириченко В.Я. Направление создания эффективных соединительных элементов для податливых крепей / В.Я. Кириченко, М.В. Шишов // Геотехнічна механіка. – №112. – 2013. – С.173-185.

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПОВТОРНОЙ ЛИКВИДАЦИИ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ ЗАКРЫТЫХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

П.Н. Должиков, А.Ю. Прокопов, Донской государственный технический университет, Россия

На основе аналитических и технологических исследований разработаны методика проектирования и технологическая схема повторной ликвидации наклонных выработок закрытых шахт способом тампонажа ресурсосберегающими безуглеводородными смесями. Технология позволяет обеспечить геомеханическую устойчивость породного массива.

По результатам системного мониторинга за состоянием ликвидированных вскрывающих выработок на территориях закрытых шахт установлены возникшие горно-экологические проблемы, причем широкорегионального масштаба.

Визуальное обследование этих выработок показывает, что их устьевые части обрушены, а на промышленных площадках в большом количестве имеются провалы и оседания земной поверхности. Основной причиной возникновения повреждения земной поверхности являются: неудовлетворительное, а зачастую аварийное, состояние вскрывающих наклонных стволов на момент их ликвидации, полное изменение фактического контура горных выработок, непредсказуемое, хаотичное пространственное положение пустотного канала выработок, наличие завалов, куполов обрушения, разрушения крепи, наличие зон «пережима» горных