

УДК 622.28.043.2

В. Я. Кириченко, д-р техн. наук
(Западно-Донбасский НПЦ «Геомеханика»)

М. В. Шишов, магистр
(ООО «ДТЭК»)

НАПРАВЛЕНИЕ СОЗДАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПОДАТЛИВЫХ КРЕПЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

В. Я. Кириченко, д-р техн. наук
(Західно-Донбаський НВЦ «Геомеханіка»)

М. В. Шишов, магістр
(ТОВ «ДТЕК»)

НАПРЯМОК СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ З'ЄДНУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ПОДАТЛИВОГО КРІПЛЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

V. Ya. Kirichenko, D. Sc. (Tech.)
(Western Donbass SPC "Geomechanics")

M. V. Shishov, M. Sc (Tech)
(LTD «DTEC»)

CREATION OF EFFECTIVE CONNECTIVE ELEMENTS FOR YIELDING SUPPORTS IN THE MINE TUNNELS

Аннотация. Проанализированы отечественные и зарубежные конструкции замковых соединений металлорамных крепей. Показано, что их основные недостатки связаны с несоответствием требованиям по рабочему сопротивлению и податливости. Определены технические условия, обеспечивающие стабильность основных параметров их рабочих характеристик. Выполнена классификация технических решений по созданию замковых соединений для металлокрепей. Определены направления совершенствования замковых соединений для повышения эффективности работы крепей горных выработок и основные этапы выполнения данных работ. Предложено новое техническое решение – замок струбцинного типа «ЗСГ», который обеспечивает оптимальные условия работы системы «крепь – массив». Основное отличие замка «ЗСГ» состоит в наличии специальной планки – стабилизатора. Данное замковое соединение прошло стендовые и рекомендовано к шахтным испытаниям. Техническое решение защищено патентом Украины.

Ключевые слова. Металлорамные крепи, замковые соединения, анализ конструкций, направления совершенствования, замок струбцинного типа.

Устойчивость горных выработок достигается обоснованным выбором типа крепи и конструкции соединительных элементов, как средства обеспечения её работоспособности. Необходимость создания новых средств крепления выработок с существенным повышением стабильности параметров и рабочих характеристик диктуется объективными требованиями практики ресурсосбережения и сложностью горно-геологических условий эксплуатации. Известно, что на угольных шахтах Украины ежегодно проходят около 1500 км вскрывающих и подготовительных выработок, для крепления которых применяются, в основном (90-95 %), рамные крепи из спецпрофиля СВП.

При этом расходуется свыше 7 млн. штук соединительных элементов. Тем не менее, наблюдается разрушение и деформация крепей в 37-53 % обследованных выработок, а объем полностью перекрепляемых – достигает 12-25 % от всех поддерживаемых [1].

В связи с этим, нами выполнен анализ существующих и наиболее применяемых в практике конструкций соединительных элементов для разработки направлений по повышению эффективности работы металлорамных крепей в сложных геологических условиях.

Горнотехнические предпосылки этой задачи следующие. С увеличением глубины разработки и ухудшением горно-геологических условий возникла необходимость повышения несущей способности штрековых крепей в 1,8-2,5 раза, что повлекло значительный расход металла – 750-1200 кг/пог. м. Необходимость увеличения сечений горных выработок по факторам горного давления и вентиляции повлекла переход на более тяжелые типы спецпрофилей. В ряде проспектов рекомендуется применение арочной податливой крепи из спецпрофиля типа СВП-33 для крепления выработок с площадью сечения более 14 м². Важно подчеркнуть, что при росте сечения выработок уменьшается отношение их высоты к ширине (с 0,844 до 0,683). В этом случае использование малоэффективных соединительных элементов и более тяжелых типов спецпрофиля не компенсирует рост сил горного давления, прямо пропорциональных ширине выработки [2].

Таким образом, решение двуединой задачи обеспечения грузонесущей способности и податливости крепи в значительной мере определяется режимом работы замковых узлов крепи, зависящим от эффективности работы соединительных элементов (СЭ). СЭ крепи должны быть технологичны в изготовлении, надежны в работе, исключать зазоры между элементами профиля, его раскрытие, кручение и разрыв, резкое проскальзывание элементов крепи с внезапной потерей устойчивости выработки. Т. е. должны обеспечить постоянную податливость охранной конструкции выработки. С горно-геомеханической точки зрения это означает, что:

- СЭ должны обеспечить «уход» крепи от нагрузок на предельных режимах использования механических свойств материала и спецпрофиля;

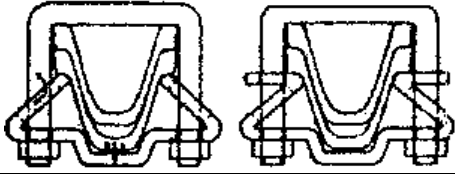
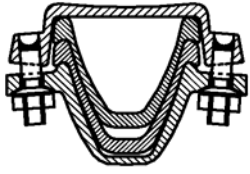
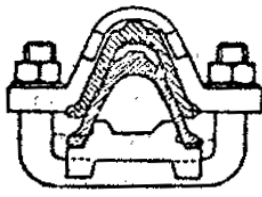
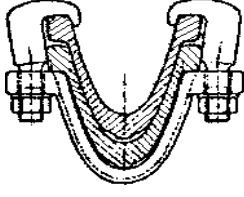
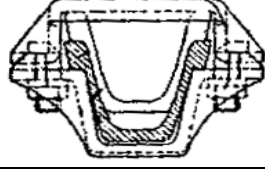
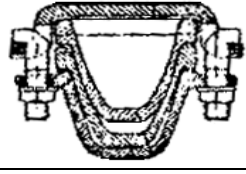
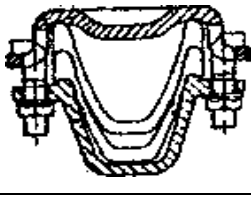
- СЭ не должны создавать критически жёсткие характеристики работы узла податливости крепи, при которых имело бы место накопление потенциальной энергии в системе «крепь - породный массив», что при переходе в запредельное состояние может привести к внезапному её высвобождению и катастрофическому разрушению горной выработки.

Ретроспективный анализ тенденций создания и применения СЭ штрековых податливых металлокрепей. показывает, что из многочисленных технических решений можно выделить два основных направления: болтовые и безболтовые замки податливости. Первая группа разработок отличается разнообразием, а вторая базируется на двух главных принципах создания СЭ – кулачковые и клиновые. Имеющиеся патенты содержат большое число разработок по совершенствованию СЭ типа «хомут» в части предотвращения отрыва гаек, раскрытия желоба профиля, повышения податливости планки, обеспечения совместной работы двух-трех замков узла податливости. Технические решения направлены на обеспечение коэффициента надёжности крепи (запаса прочности), характеризующегося отношением величины предельной несущей способности к сопротивлению арки в по-

датливом режиме, равном 1,5-1,6 (при отпоре крепи 40-60 кН/м² и плотности установки одна рама на погонный метр выработки).

Наиболее перспективные, на наш взгляд, решения по СЭ приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Патентные решения по СЭ

Страна, номер патента, МКИ	Конструктивная схема	Новизна технического решения
ФРГ, 1173414, E21D 11/22		Исключается перекося в работе элементов крепи за счет применения фигурной планки с боковыми опорами, отогнутыми под 45°, взаимодействующими с фланцами спецпрофиля,
ФРГ, 2724891, E21D 11/22		Для применения тяжелых профилей и повышения грузонесущей способности верхняя планка имеет угол наклона от профиля 95-105°, что обеспечивает её прижатие к фланцу сегмента. Нижний элемент охватывает профиль под ребрами.
ФРГ, 2740064, E21D 11/22		Для повышения несущей способности СЭ содержит опорно-стопорные части и распорно-тормозной блок, а для повышения трения на внутренней поверхности башмака навариваются валики.
ФРГ, 2800049, E21D 11/22		Для увеличения несущей способности крепи используется крюкообразный болт разного диаметра, что обеспечивает, за счет разницы в диаметрах, повышение усилий зажатия элементов крепи.
ФРГ, 2840560, E21D 11/22		СЭ исключает перекося замка податливости и изгиб болтов, что обеспечивает жёсткую связь между башмаками; контролируется усилие затягивания гаек элемента.
ФРГ, 2850350, E21D 11/22		Конфигурацией верхней и нижней охватывающих профиль планок, а также головки натяжных болтов обеспечивается высокий уровень сжатия элементов крепи.
ФРГ, 3245599, E21D 11/22		Обеспечивается устойчивый режим работы крепи во времени за счёт жесткости соединения элементов замка как одного блока

Анализ патентной литературы, проведенный по СССР, ФРГ, Франции, Англии и США, показал, что в США крепление выработок на угольных шахтах осуществляется преимущественно анкерными крепями и сварными арками. В Англии

большинство разработок относится к жестким двутавровым крепям. Приоритет в создании новых конструкций СЭ принадлежит ФРГ. Резюмируя результаты патентного поиска, можно заключить, что:

- во многих технических решениях стремятся, используя соединительную планку, придать ей податливость с целью снижения нагрузок на резьбовое соединение или выполнить ее жёсткой, чтобы препятствовать раскрытию желоба спецпрофиля;
- для совместного смещения концов крепи и соединительных элементов применяют стопорные (опорно-стопорные) элементы на крепи и скобы выполняются в виде отдельных замков из крюкообразных болтов;
- соединительные элементы выполняют из двух фигурных скобок разной толщины и разной направленностью осей отверстий, пробитых в них для болтов, что позволяет при затягивании болтов повысить прижатие элементов крепи;
- для увеличения грузонесущей способности и исключения перекоса замков и изгиба болтов при работе крепи в режиме податливости создают жёсткую связь между фигурными скобками замка и между самими замками;
- считают предпочтительным для предотвращения раскрытия желоба спецпрофиля применение фигурных как фланцев крепи, так и взаимодействующих с ними выступов нижней фигурной планки замка;
- технические решения отличаются разнообразием по взаимодействию верхней и нижней фигурных планок (башмаков), при которых обеспечивается устойчивый податливый режим работы крепи во времени.

Таким образом, проблема создания высокоэффективных устройств соединения элементов податливой штрековой металлокрепи далека от решения, при этом на практике в шахтах применяется весьма ограниченное число типов СЭ. Полагаем, что прогресс в креплении горных выработок с использованием эффективных технических решений может быть обеспечен совокупной разработкой таких задач: обоснованием рациональных геометрии спецпрофиля и крепи, соответствующей геомеханике условий применения, созданием СЭ с характеристиками жёстко-податливых компенсаторов, регламент по установке которых в шахте должен быть обеспечен конструктивными требованиями заводского изготовления. Поэтому, как сам поиск, решений, так и их реализация в существенных для отрасли объемах, представляет собой достаточно сложный многофакторный процесс, исключаяющий перенос известных зарубежных решений (замок G660 и его аналоги в Германии и Польше) в отечественную практику методом прямого заимствования и требующий учета её особенностей.

Оценку замковых соединений крепи целесообразно производить по критериям реализации деформационно-силовых параметров крепи: рабочего сопротивления (P_p) и конструктивной податливости (K_p), зависящих от типа крепёжной рамы и конструкции узла податливости, а также массы (m) замка и узла. Имеющееся многообразие отечественных замковых соединений условно можно подразделить на три основные группы (табл. 2).

Таблица 2 – Сравнительные характеристики конструкций замковых соединений

Группа	Характерные особенности	Тип, г. в.	m замка/ узла, кг	P_p узла, кН	K_p , %	Характеристика податливости
0	Прямая несущая планка с передачей усилия через днище спецпрофиля. Блокировка самозатяжки отсутствует. Компенсация выбора прокатных и гибочных допусков не требуется.	АПЗ.0 30, 1948	4,2/8,4	0-100	0-100	Устойчивая рабочая характеристика отсутствует
I	Усиленная прямая планка спецпрокат ПЗС-20 или горячая штамповка, передача усилия через днище спецпрофиля. Блокировка самозатяжки – частичная, во втором случае – отсутствует. Компенсация допусков не требуется.	АПЗ.0 70 (ЗСД), 1976 ЗШ.00 0, 2000	11,8/11,8 5,7/11,4	70-110 до 300	40, не более	
II	Фигурная полностью облегающая планка с уменьшенным изгибающим моментом и передачей усилий, как на днище, так и на полки спецпрофиля. Частичная блокировка усилий самозатяжки. Компенсация допусков не предусмотрена.	Замки семейства ЗПК, 1976	5,2-5,8/10,4-11,6	440-480	28-36	
III	Частично разгруженная зажимная планка, наличие усилителей стабилизаторов, передача усилий в основном через полки спецпрофиля. Частичная блокировка самозатяжки, в опытных полках. Полная компенсация влияния прокатных и гибочных допусков. В опытных образцах – полностью разгруженная, полуохватывающая планка.	АПЗ.0 30М (М4, М6 и др.) ЗКМ, ЗКМД 2005	7,2-7,4/14,4-14,8	440-460	26-30 12-18	

Замковые соединения старых типов (условно группа «0»), состоящие из скобы, прямой планки и гаек, не обеспечивают устойчивой характеристики

крепи, выходят из употребления и не имеют перспективы. Детальный анализ таких соединений приведен в работе [1].

Группа I включает в себя замковые соединения, при создании которых предприняты попытки устранить принципиальные недостатки соединений группы «0»: слабость зажимной планки (обычно полоса 18 x 60 мм), сильная потяжка скобы при взаимном проскальзывании сегментов, заканчивающаяся обычно отрывом резьбовой части вместе с гайкой. Результатом таких деформаций зачастую является выход крепи в аварийный режим работы. Поэтому основные усилия при разработках были направлены, в первую очередь, на повышение прочности зажимной планки.

Поиски в указанном направлении завершились разработкой замкового соединения АПЗ.070 (ЗСД), предложенного ДонУГИ, в конструкции которого для зажимной планки использован прокатный профиль ПЗС-20, предполагающий блокирование перекоса и дополнительной потяжки основной зажимной скобы путем второй откосной скобы, сблокированной с основной специальной деталью. Предполагалась установка в узел податливости одного такого соединения, что для циркульных крепей старых типов (АПЗ и др.) считалось вполне достаточным. Однако, в процессе эксплуатации выявились недостатки принципиального характера: значительный вес (10-14 кг), недостаточный уровень рабочего сопротивления (менее 200 кН/раму), зажим нахлестки сегментов в одной точке, приводящий к образованию пластического шарнира и утрате рабочей характеристики с необратимыми повреждениями верхней части стоек крепи (отрыв днища). В ряде случаев, когда требовалось достижение больших значений рабочего сопротивления, в главных узлах податливости устанавливалось два замковых соединения указанного типа.

В конструкции замка ЗШ основное внимание сосредоточено на повышении прочности зажимной планки и фиксации замкового соединения по месту установки, для чего на планке, изготавливаемой методом горячей штамповки, предусмотрены специальные выступы, которые при изгибе планки сжимают стенки спецпрофиля, однако средств, предотвращающих выход скобы из плоскости установки не предусмотрено (в замках ЗСД – дополнительная удерживающая скоба)

Технические решения II группы, включающие замковые соединения типа ЗПК: ЗПК-М, ДК, ЗПС и их аналоги [3], направлены на достижение двух основных целей: снижение величины моментов, стремящихся вывести зажимную скобу из плоскости затяжки при взаимном проскальзывании сегментов, и снижение изгибающих моментов, действующих на зажимную планку. В обоих случаях снижение величины моментов достигается изменением (уменьшением) плеча, в то время как прилагаемые усилия остаются теми же, что и в соединениях нулевой группы (например, АПЗ.030). Отличительными признаками замков такого типа, являются полностью охватывающая планка и укороченная зажимная скоба (в ряде случаев – усиленная).

Однако результаты многолетней практики их применения нельзя считать однозначно положительными. Характеристика таких замковых соединений во всех вариантах является довольно круто нарастающей и, следовательно, крепь при просадке более 300-400 мм может переходить в жёсткий режим работы с необратимыми деформациями. Эти замки требуют высокой точности изготовления, в связи с чем для изгиба планки необходимо использование горячих процессов, причем в ее охватывающей части металл используется нерационально.

Прообраз зарубежного аналога замков ЗПК также имеет замки с огибающей планкой [4], однако существенно отличается по ряду признаков. Замок имеет пологонарастающую характеристику и рабочее сопротивление узла 200-220 кН на профиле ТН58, при высоком уровне стабильности параметра (разброс $\pm 28\%$). В замке такого типа скоба заменена планкой с двумя спецболтами и усиленными гайками.

Отечественная попытка создания аналога на основе нового спецпрофиля КГВ и двух планочных – ВПШ и НПШ, предпринятая ДонУГИ [3], потерпела неудачу главным образом из-за слабости производственной базы. Дальнейшее развитие этого направления за рубежом пошло по пути отказа от планки и скоб, а запатентованные решения представляют чистые трубки, сжимающие полки спецпрофиля. Результаты практической реализации таких соединений возможны только при наличии соответствующего профиля с принудительным зацеплением по полкам.

Переходя к анализу технических решений III группы замковых соединений, направленных на повышение рабочего сопротивления при одновременной его стабилизации на всем интервале конструктивной податливости, следует заметить, что основные направления и приёмы достижения цели исследованы и детально отображены в отечественных и зарубежных публикациях [5].

То обстоятельство, что в отечественной практике нет универсального замкового соединения, отвечающего всем требованиям, объясняется, в основном, двумя моментами. Во-первых, роль и значимость параметров рабочей характеристики податливых крепей оцениваются не вполне однозначно, что является отражением положений старого концептуального подхода. Во-вторых, как свидетельствует зарубежная практика, проблема достаточно сложна и рассчитывать на успех возможно только путем внедрения комплексных решений, затрагивающих многочисленные сопряжённые проблемы (наличие современных типов и номенклатуры прокатных профилей, использование новых способов изготовления сегментов крепи, поверхностного упрочнения поверхностей трения, более прочные марки стали и т. д.). В то же время необходимо заметить, что возможность реализации зарубежных решений ограничивается состоянием отечественной базы производства и рядом других моментов, включая челове-

ский фактор. При этом, разумеется, не последним по значимости моментом является обеспечение приемлемых стоимостных параметров.

Известно, что величина и стабильность параметров рабочей характеристики крепи определяется следующими условиями:

- геометрической неизменяемостью конструкции замка в целом, как зажимного устройства;
- постоянством положения плоскости замкового соединения относительно продольной оси сопрягаемых сегментов (минимизация эффекта самозатяжки);
- учетом прокатных и гибочных допусков при изготовлении крепи (качество изготовления);
- способами и схемами передачи сжимающих образующие сегменты усилий;
- материалами и технологическими приемами изготовления крепи и элементов замкового соединения.

С точки зрения комплексного содержания средств и приемов повышения работоспособности крепи, наибольший интерес представляют технические решения, условно отнесенные к группе III (табл.2), которые предполагают:

- передачу главного зажимного усилия непосредственно через полки спец-профилей сопрягаемых элементов;
- использование полуоггибающей планки, которая участвует в непосредственной передаче главного зажимного усилия и не связана с проблемой выбора прокатных и гибочных допусков;
- введение в состав конструкции в качестве промежуточного элемента стабилизаторов, предназначенных для выравнивания сжимающих усилий;
- введение специальных элементов связки между замковыми соединениями в составе узла податливости, выполняющих также роль стабилизатора;
- использование усиленной зажимной скобы.

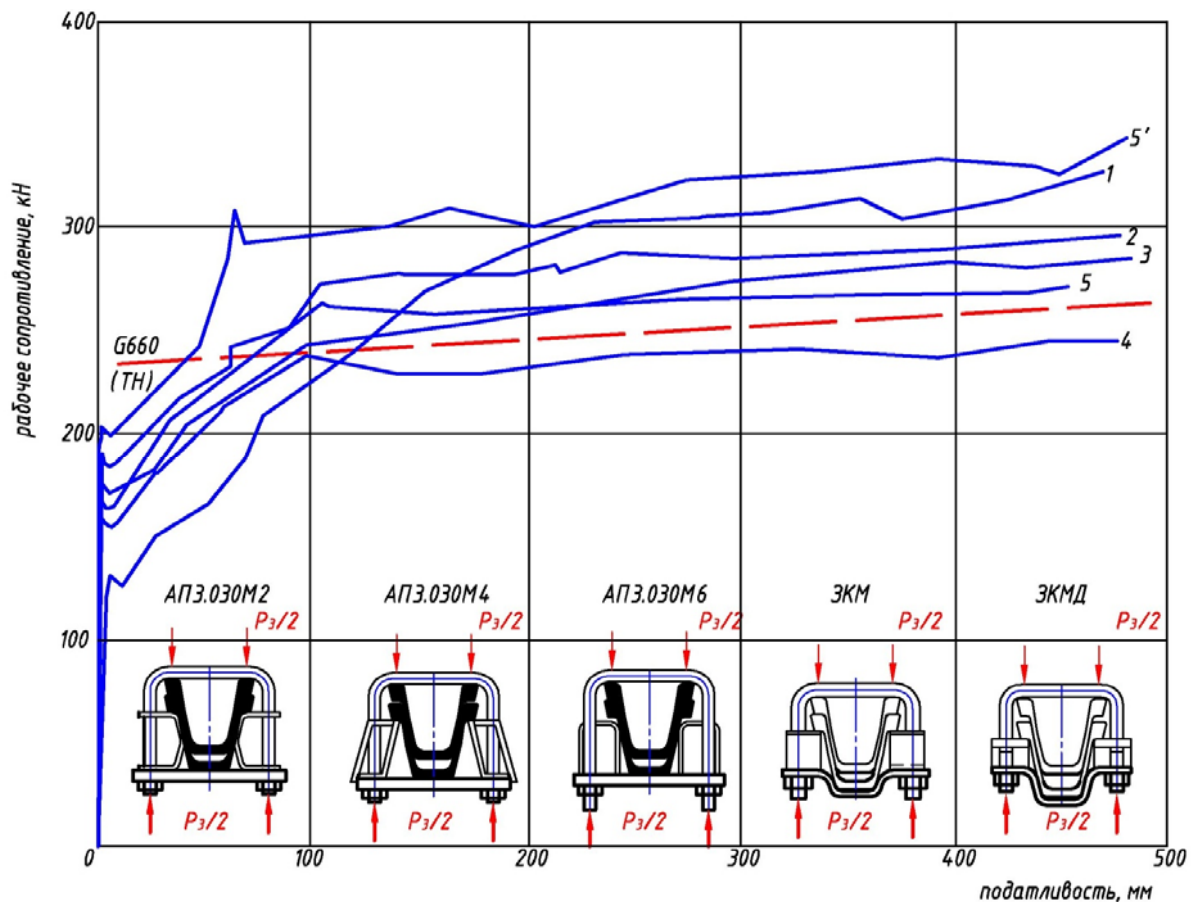
Основным достоинством технических решений III группы является возможность получения достаточно высокого и стабильного рабочего сопротивления при минимизации разброса значений, а также благоприятного общего типа рабочей характеристики, близкой к характеристике постоянного сопротивления (рис. 1).

Включение в конструкцию замка дополнительных усилителей (стабилизаторов) с целью решения проблем прочности зажимной планки, с рациональной передачей усилий и выбора допусков, было предложено ЗДНПЦ «Геомеханика» [6] и реализовано в замках типа ЗКМ и АПЗ.030М4 .

Помимо этих замковых соединений, необходимо упомянуть ряд конструкций, возникших в процессе разработки основной идеи, с различной полнотой реализации. Например, замок со стабилизатором «пружинного» типа. Производственная проверка его выявила определённые недостатки в конструктивных решениях. Например, замок М4 (М6) не полностью обеспечивает требование к типу рабочей характеристики, к тому же масса замка довольно значительна (до

7,4 кг). Замок со стабилизатором «пружинного» типа, изготовленный из обычной стали, легко и необратимо деформируется в случаях, когда узел податливости крепи оказывается под воздействием изгибающего момента, что в целом типично для большинства случаев нагружения крепей.

В связи с этим в ближайшее время следует ожидать появления технических решений, направленных на совершенствование конструкции замковых соединений с учётом проверенных принципов обеспечения их работоспособности.



- 1, 2, 3 – АПЗ.030М (М2, М4, М6), соответственно;
 4, 5 – экспериментальные ЗКМ и ЗКМД (во всех случаях – СВП-33)
 - - - - для случаев 1-4 (крепь КМП-А4К)
 - - - - оптимальная по условиям применения (крепь G-660, Германия)

Рисунок 1 - Влияние стабилизации характеристики крепи при введении в конструкцию элементов сглаживания (планка на изгиб не работает)

Однако следует подчеркнуть, что окончательно задача может быть решена только на основе комплексного подхода, предполагающего переход на новый тип прокатных профилей для изготовления рам податливой крепи. В этом случае обеспечение стабильности рабочей характеристики решается наиболее исчерпывающим образом.

Ретроспектива совершенствования замковых соединений следующая.

I этап. Использование усиленной зажимной планки, представленной специальным прокатным профилем или изготавливаемой методом литья, горячей штамповки, с передачей усилия зажима через днище спецпрофиля.

II этап. Использование огибающей жесткой планки и укороченной зажимной скобы (в ряде случаев усиленной) с целью уменьшения плеча усилия, вызывающего перекося плоскости замка при проседании (примерно на 40%); передача усилия зажима смешанная – частично через днище, частично по полкам сопрягаемых профилей.

III этап. Использование разгруженной облегченной полуоггибающей планки, функция которой сводится лишь к замыканию конструкции, в которую вводится дополнительный усиливающий элемент – стабилизатор. Его назначение: блокировка перекося плоскости замка при проседании узла, выбор прокатных и гибочных допусков (молковки спецпрофиля при гибке сегментов крепи), а также передача зажимного усилия непосредственно через полки сопрягаемых профилей. В целом этап III представляет переходную группу к конструкциям чисто струбцинного типа.

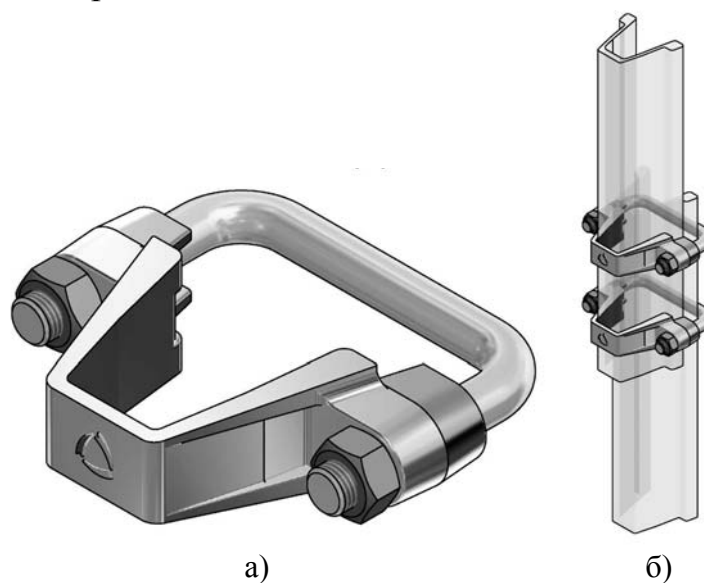
В развитии указанных требований и направлений нами создан и предлагается к промышленному использованию новый соединительный замок «ЗСГ» [8], который представляет собой соединительный элемент струбцинного типа, где сжатие спецпрофиля осуществляется практически только по полкам и позволяет реализовать их принудительное сцепление по принципу «трение в желобе».

В основе стоит техническая задача эффективного блокирования перекося плоскости крепёжной скобы и фигурной планки относительно продольной оси поперечного сечения внутреннего и внешнего соединяемых звеньев; надёжной фиксации усовершенствованным упором фланцев внутреннего звена в заданном положении при работе под нагрузкой в податливом режиме; плавной и эффективной работы замка в узлах податливости и повышения уровня рабочего сопротивления крепи.

Совершенствование замка узла податливости металлорамной податливой крепи направлено на повышение жёсткости, прочности и надёжности, а также на обеспечение стабилизации параметров рабочего сопротивления в интервале конструктивной податливости при которой отклонения величины рабочего сопротивления от проектной величины не превышают допустимые $\pm 12-15\%$.

Поставленная задача решается, а результат достигается тем, что замок «ЗСГ» содержит планку-стабилизатор, состоящую из фигурной планки и двух упоров, которые соединены с наклонными боковыми стенками фигурной планки и имеют сквозные вертикальные отверстия, а также крепёжную скобу П-образной формы с резьбовыми концами, пропущенными через сквозные вертикальные отверстия упоров и снабженные гайками (рис. 2). В узлах податливости крепи планка-стабилизатор и крепёжная скоба охватывают по замкнутому периметру внутренние и внешние звенья, которые соединены между собой внахлестку, с возможностью относительного скольжения с сопротивлением под нагрузкой, имеют донышки, наклонные боковые стенки и фланцы и выполнены

под размеры шахтных спецпрофилей. В планке-стабилизаторе фигурная планка выполнена с вогнутой средней частью так, что она огибает доньшко и полностью охватывает наклонные боковые стенки внутреннего звена, а на торцевых поверхностях наклонных боковых стенок выполнены горизонтальные опорные выступления, для контакта с фланцами внутреннего звена крепления снизу. Упоры выполнены так, что их нижние части примыкают к наклонным боковым стенкам фигурной планки снаружи, а их верхние части выступают над торцевыми поверхностями наклонных боковых сверху, имеют опорные поверхности для контакта с фланцами внутреннего звена крепи снаружи, выполненные как одно целое с фигурной планкой и образуют штампованную моноконструкцию планки-стабилизатора.



а) общий вид б) узел соединения
Рисунок 2 - Замок «ЗСГ»

В связи с тем, что в планке-стабилизаторе фигурная планка полностью охватывает наклонные боковые стенки внутреннего звена, обеспечивается плотное её примыкание, вследствие чего достигается полная блокировка перекоса плоскости крепёжной скобы и фигурной планки относительно продольной оси поперечного сечения внутреннего и внешнего звеньев крепи. Это обеспечивает необходимое силовое затягивание звеньев крепи, противодействие боковому смещению, плавность работы узла податливости и стабильность рабочего сопротивления. Поскольку относительное скольжение внутреннего и внешнего звеньев в податливом режиме работы крепи происходит без рывков, рабочее сопротивление крепи приобретает прямолинейную характеристику, вследствие чего достигается стабильность рабочего сопротивления в интервале конструктивной податливости крепи.

Кроме приведенных выше главных отличий, соединительный элемент «ЗСГ» имеет и дополнительные отличия в разных модификациях его выполнения в зависимости от условий изготовления и эксплуатации. Так в замке «ЗСГ», по краям наклонных боковых стенок фигурной планки планки-стабилизатора

выполнены продольные внешние рёбра жёсткости, что повышает прочность и надёжность планки-стабилизатора и замка в целом.

Наклонные боковые стенки фигурной планки планки-стабилизатора выполнены так, что их ширина постепенно увеличивается снизу вверх от вогнутой средней части к месту соединения с упорами. За счёт этого увеличивается ширина контакта планки-стабилизатора с внутренним звеном, которое повышает надёжность блокировки перекоса плоскости крепёжной скобы и фигурной планки относительно продольной оси поперечного сечения соединяемых звеньев крепления. Это обеспечивает плавность работы узла податливости крепи и стабильность рабочего сопротивления.

Дополнительно в замке «ЗСГ» горизонтальные опорные выступы на торцевых поверхностях наклонных боковых стенок фигурной планки, предназначенные для контакта с фланцами внутреннего звена крепления снизу, имеют форму, которая отвечает форме контактных поверхностей соединения наклонных боковых стенок и поверхностей фланцев снизу внутреннего звена крепления. Это позволяет использовать замок «ЗСГ» для крепей, звенья которых изготовлены из разных шахтных спецпрофилей, например СВП или СПА.

Замковые соединения «ЗСГ» прошли стендовые исследования, которые показали высокое рабочее сопротивление (до 250-290 кН на узел) и устойчивую характеристику (разброс отклонения в среднем 8-15 %) на всем интервале конструктивной податливости и рекомендованы к шахтным испытаниям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвинский, Г. Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г. Г. Литвинский, Г. И. Гайко, Н. И. Кулдыркаев. - К.: Техніка, 1999. - 216 с.
2. Усаченко, Б. М. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса / Б. М. Усаченко, В. Я. Кириченко, А. В. Шмиголь. - М.: ЦНИЭИуголь, 1992. - 167 с.
3. Пат. 74742 України, Е21Д 11/22, 11/14. Замок вузла податливості металевого рамного податливого кріплення із шахтних спецпрофилів / В. Я. Кириченко, Г. Г. Сугаренко (Україна). - №20041008476; заявл. 18.10.04; опубл. 16.01.05; Бюл. № 1.
4. Eisenhutte Haintzmann GmbH. - Bochum: GmbH, 1996. - 4 s.
5. Пат. 56078 України, Е21Д 11/14, 11/22. Замок вузла податливості / Г. Г. Сугаренко, Н. А. Алиев, В. Я. Кириченко (Україна). - № 2002108533; заявл. 28.10.02; опубл. 15.11.04; Бюл. №11.
6. Пат. 78792 України, Е21Д 11/14, 11/22. Замок вузла податливості багатоланкового металевого рамного податливого кріплення «ЗСГ» / В. Я. Кириченко, А. В. Кириченко, Г. Г. Сугаренко [та ін.]. - № u201214778; заявл. 24.12.12; опубл. 25.03.13; Бюл. №6.

REFERENCES

1. Litvinsky, G.G, Gaiko G.I. and Kuldyrkaev, N.I. (1999), *Stalnye ramnye krepri gornyrh vyrabotok* [Steel frame of mine support], Technika, Kiev, Ukraine.
2. Usachenko, B.M., Kirichenko, V.Ya. and Shmigol, A.V. (1992), *Okhrana podgotovitelnykh vyrabotok glunokirh gorizontov sharht Zapadnogo Donbassa* [Protection of development workings deep horizons of the Western Donbass mines], Tsnieiugol, Moskva, Russia.
3. Kirichenko, V.Ya. and Sugarenko G.G. (2004), *Zamok vuzla podatlivosty metalevogo ramnogo podatlivogo kriplennya iz sharhtnirh spetsprofiliv* [Lock of knot of pliability of the metallic frame pliable fastening from the mine special profile], Donetsk, Ukraine, Pat. 74742.
4. "Eisenhutte Haintzmann GmbH", (1996), Bochum: GmbH, 4 s.
5. Sugarenko, G.G., Aliyev, N.A. and Kirichenko, V.Ya. (2002), *Zamok vuzla podatlivosty* [Lock of knot of pliability], Donetsk, Ukraine, Pat. 56078.

6. Kirichenko, V.Ya., Kirichenko A.V. and Sugarenko G.G. (2012), *Zamok vuzla podatlivosti bagatolankovogo metalevogo ramnogo podatlivogo kriplennya «ZSG»* [Lock of knot of pliability of the iterative metallic frame pliable fastening «ZSG »], *Donetsk, Ukraine*, Pat. 78792.

Об авторах

Кириченко Владимир Яковлевич, доктор технических наук директор ООО «Западно-Донбасский научно-производственный центр «Геомеханика» (ЗДНПЦ «Геомеханика»), Павлоград, Украина, geomeh.krp@mail.ru.

Шишов Максим Валериевич, специалист отдела технологии, техники и развития горных работ департамента по техническому развитию Дирекции по добыче угля ООО «ДТЭК», Донецк, Украина, shishovmv@dtek.com

About the authors

Kirichenko Vladimir Yakovlevich, D. Sc. (Tech.) Director of "Western Donbass Research and Production Center" Geomechanics "(ZDNPTS "Geomechanics"), Pavlograd, Ukraine, geomeh.krp@mail.ru.

Shishoff Maxim Valeriyovich, Specialist of technology, engineering and mining development department of the Directorate of Technical Development of coal mining, LTD «DTEC», Donetsk, Ukraine, shishovmv@dtek.com.

Анотація. Проаналізовано вітчизняні та зарубіжні конструкції замкових з'єднань металорамних кріплень. Показано, що основні негативи пов'язані з невідповідністю вимогам стосовно робочого опору та податливості. Визначено технічні умови, що забезпечують стабільність основних параметрів їх робочих характеристик. Виконано класифікацію технічних рішень по створенню замкових з'єднань для металопрофілів. Визначено напрямки вдосконалення замкових з'єднань для підвищення ефективності роботи кріплень гірничих виробок і основні етапи виконання даних робіт. Запропоновано нове технічне рішення – замок струбцинного типу «ЗСГ», який забезпечує оптимальні умови роботи системи «кріплення - масив». Основна відмінність замка «ЗСГ» полягає в наявності спеціальної планки - стабілізатора. Дане замкове з'єднання пройшло стендові та рекомендовано до шахтних випробувань. Технічне рішення захищено патентом України.

Ключові слова. Металорамне кріплення, замкові з'єднання, аналіз конструкцій, напрямки вдосконалення, замок струбцинного типу.

Abstract. Domestic and foreign designs of interlocks for the steel frame supports are analyzed. It is shown that their main drawbacks are associated with their mismatch to the requirements on support work resistance and yielding. Technical conditions are defined that ensure stability of basic parameters of the support operating characteristics. Classification of technical solutions on creation of interlocks for the steel supports is presented. Trends of the interlocks improvement for increasing efficiency of the tunnel supports and basic stages of these works are described. A new technical solution – the "ZSG" interlock of the screw-clamp type is presented which provides optimal working conditions for the "support - massif" system. The "ZSG" interlock principally differs from any other by its special bar - stabilizer. This interlock was successfully tested by bench and is recommended for the tests in mine. The technical solution was patented in Ukraine.

Keywords: steel frame supports, interlocks, analysis of structures, areas for improvement, interlock of the screw-clamp type.

Статья поступила в редакцию 23.08. 2013

Рекомендована к публикации д-ром техн. наук С.И. Скипочкой