

В.Я. Кириченко, А.В. Вивчаренко

## КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОРЕСУРСНЫХ ЗАМКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАМНЫХ КРЕПЕЙ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

*Представлен ретроспективный анализ отечественных и зарубежных конструкций замковых соединений металлорамных крепей. Определены критерии их работоспособности, требования и направления совершенствования для повышения устойчивости крепей горных выработок. Даны характеристики нового замкового соединения крепи струбцинного типа «ЗСГ».*

---

### КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ВИСОКОРЕСУРСНИХ ЗАМКОВИХ З'ЄДНАНЬ РАМНИХ КРІПЛЕНЬ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

*Надано ретроспективний аналіз вітчизняних і зарубіжних уонструкцій замкових з'єднань металорамних кріплень. Визначено критерії їх працездатності, вимоги і напрями удосконалення для підвищення стійкості кріплень гірничих виробок. Надано характеристики нового замкового кріплення струбцинного типу «ЗСГ».*

---

### CREATION CONCEPTION OF HIGH-RESOURCE INTERLOCKS OF FRAME SUPPORTS OF MINE WORKINGS

*Retrospective analysis of native and foreign constructions of interlocks of metal frame supports is represented. Criteria of its working capacity, demands and directions of improvement for increasing steadiness of mine workings supports are determined. Characteristics of new support interlock of G-cramp type "SZG" are given.*

---

#### ВВЕДЕНИЕ

На шахтах Украины с каждым годом увеличивается глубина ведения горных работ (среднее значение которой достигло 720 м, а максимальное – 1600 м), где весьма интенсивно проявляется горное давление на крепь выработок. При этом существенно усложняются условия поддержания подготовительных выработок, испытывающих негативное влияние очистных работ. Так ежегодно средняя протяженность ремонтируемых выработок достигает 43 – 57%, а полностью перекрепляемых – 12 – 25% от объема поддерживаемых [1], что

существенно снижает эффективность угледобычи шахт и безопасность ведения горных работ.

Обеспечение эксплуатационной устойчивости горных выработок достигается обоснованным выбором типа и конструкции крепи и соединительных элементов, как средством обеспечения ее работоспособности. Необходимость создания новых средств крепления выработок с существенным повышением деформационно-силовых параметров диктуется объективной сложностью горно-геологических условий эксплуатации и экономическими требованиями ресурсосбережения подготовки и отработки запасов угля.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЗАМКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Многообразие используемых в настоящее время конструкций замковых соединений металлорамной крепи свидетельствуют как о сложности проблемы, так и существующей неоднозначности подходов к оценке и роли параметров рабочей характеристики.

Оценивая общее состояние проблемы создания и практического применения рамных податливых крепей и замковых соединений определяющими факторами являются:

1. Учет того, что для конструкции собственно крепежной рамы уже найдены оптимальные, отвечающие условиям применения конструктивные решения [2], в части разработки замковых соединений, рассматриваемых в качестве важнейшего средства обеспечения силовых и кинематических параметров рабочей характеристики податливых крепей.

2. Многообразие используемых в настоящее время известных и новых конструкций замковых соединений свидетельствуют о сложности проблемы, что является следствием неоднозначности оценки роли параметров рабочей характеристики при решении общей задачи обеспечения устойчивости подготовительных выработок.

В этой связи необходимо констатировать необоснованное смещение приоритетов значимости отдельных параметров, как технических, так и стоимостных, замыкающихся обычно на затратах производства, но не на конечном экономическом результате.

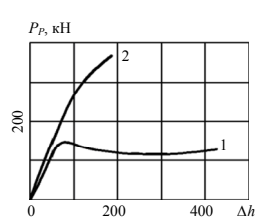
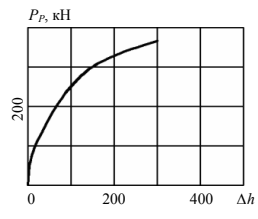
Рассматривая основные технико-экономические характеристики наиболее распространенных типов замковых соединений (табл. 1), необходимо иметь в виду также ретроспективный аспект проблемы [3].

В связи с этим необходимо подчеркнуть, что одной из определяющих особенностей является постоянное изменение

горно-геологических условий эксплуатации. Используя известный критерий ( $\theta = \gamma H / R$ ) можно, с некоторой долей условности, представить геомеханическую ситуацию следующим образом.

При малых глубинах разработки ( $\theta$  до 0,3) одиночная выработка в массиве (например, конвейерный штрек в условиях столбовой системы разработки), как известно, является практически устойчивой, а роль рамной податливой крепи сводится к предотвращению случайных осложнений в местах геологических дислокаций. Приконтурная зона дезинтегрированных под действием возникающих напряжений пород практически не формируется.

Предъявляемые к замковым соединениям технические требования в этом случае минимальны, а используемые средства представляют собой простейшие зажимные устройства, допускающие некоторое относительное (и ограниченное) проскальзывание сопрягаемых сегментов. По существу, такое устройство (скоба, прямая планка и гайки, пример – АПЗ.030) замковым соединением не является, так как не имеет четкой рабочей характеристики «нагрузка – податливость». В силу этого, приводимые обычно в нормативных и справочных документах значения рабочего сопротивления весьма условны, а их использование при определении практической плотности крепления, как правило, ведет к многочисленным ошибкам, особенно в тех случаях, когда условия применения ухудшаются (влияние очистной выемки, местных зон аномальных напряжений геологического происхождения и т.п.). Например, в случае отсутствия четко фиксируемого рабочего сопротивления, двойное или даже тройное увеличение плотности крепления вовсе не означает соответствующего увеличения рабочего сопротивления крепления, что приводит к грубым инженерным ошибкам с самыми негативными последствиями.

Группа	Характерные особенности	Тип, год начала применения	Масса замок / узел, кг	$P_p$ узла, кН	$P_p$ , %	Тип рабочей характеристики узлов податливости
«0»	1. Прямая планка с передачей усилия через днище СВП. 2. Блокировка самозатяжки отсутствует. 3. Компенсация выбора прокатных и гибочных допусков не требуется.	АПЗ.030 1948	4,2/8,4	0 – 100	0 – 100	Неустойчивая рабочая характеристика
«I»	1. Усиленная прямая планка спецпрокат ПЗС-20, передача усилия через днище СВП. 2. Блокировка самозатяжки – частичная (1), во втором случае – отсутствует. 3. Компенсация допусков не требуется.	(1) АПЗ.070 (ЗСД) 1976  (2) ЗШ.000 2000	11,8/11,8  5,7/11,4	70 – 110  до 300	до 40	
«II»	1. Фигурная облегчающая планка с уменьшенным изгибающим моментом и передачей усилий как на днище, так и на полки спецпрофиля. 2. Частичная блокировка усилий самозатяжки. 3. Компенсация допусков не предусмотрена.	Замки семейства ЗПК 1976	5,2 – 5,8/ 10,4 – 11,6	до 350	28 – 36	

На практике недостаточность такого технического решения (по замковым соединениям и крепи в целом) отмечена даже при малых глубинах разработки в условиях использования сплошной системы разработки с охраной выработки целиками и в зонах опережающего давления при столбовой системе с обратным порядком отработки.

На больших глубинах разработки (при значениях критерия  $\theta \geq 0,5$ ) геомеханические особенности поддержания выработок

и роль крепи в условиях формирующейся системы «крепь – вмещающая часть массива» всесторонне не исследованы.

Основной акцент при совершенствовании замковых соединений – увеличение их прочностных характеристик в направлении распределения усилий, возникающих при установке и дальнейшей эксплуатации крепи.

Сравнительные характеристики наиболее применяемых замковых соединений существенно различаются по величине и

динамике сопротивления узла податливости (рис. 1).

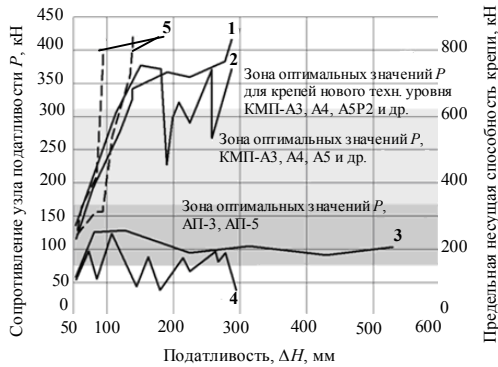


Рис. 1. Обобщенная характеристика узлов податливости ЗПК-м, ЗПК, АПЗ.070, АПЗ.030, ЗШ.000: 1 – ЗПК-м («Донбасскрепь»), СВП-33; 2 – ЗПК («Маяк»), СВП-33; 3 – АПЗ.070, СВП-33; 4 – АПЗ.030, СВП-33; 5 – ЗШ.000 («Донбасскрепь»), СВП-33 Ст5пс

Таким образом, можно выделить два основных направления усовершенствования крепи:

- прямое увеличение прочности составляющих элементов (зажимной скобы и планки);
- увеличение прочности составляющих элементов крепи в сочетании с изменением конструктивного исполнения элементов.

Необходимо отметить, что первое направление оказалось недостаточно эффективным. Так, например, замена скоб из круга диаметром 20 мм на скобу из круга диаметром 24 мм и планки 60×16 на планку 60×18 не дала существенного результата. Это объясняется тем, что схема передачи усилий осталась без изменений при установке соединений, и при податливости узла – эффект самозатяжки замка.

В этом отношении показательна попытка создания замкового соединения в рамках первого направления (см. табл. 1): замковое соединение ЗШ.000 (производства НПО «Донбасскрепь»). В составе замка

использована равнопрочная скоба из круга диаметром 25+ с резьбой М27 и геометрическими размерами, аналогичными скобе замка АПЗ.030, и специальная планка с двумя выступами, препятствующими изгибу. Схема передачи усилия зажима (через донце спецпрофиля) оставлена без изменений, в то же время выступы на концевых участках планки, призванные предотвратить ее изгиб. Поэтому рабочая характеристика узла податливости представляет собой крутонарастающую функцию, и уже при податливости до 60 – 100 мм величина рабочего сопротивления достигает величины предельной несущей способности крепежной рамы, переходящей в жесткий режим с последующей необратимой деформацией сегментов крепи. По данным производственной проверки выявилась недостаточная прочность средней части планки, находящейся в сложном напряженном состоянии (растяжение + изгиб) и ее разрушение (особенно в зонах повышенного горного давления). Кроме того, конструкция замкового соединения не учитывала опасности дополнительного нежелательного зажима нахлестки сопрягаемых элементов крепи в процессе их взаимного проскальзывания вследствие возникающего перекоса плоскости установки замка по принципу шарнирного параллелограмма или качающейся серьги, а плечо увода оставлено таким же, как и в обычных образцах первых зажимных устройств (АПЗ.030).

Эти особенности рассматриваемой конструкции негативно сказались как на типе рабочей характеристики, так и на эксплуатационной надежности крепи, а полученные данные позволяют считать конструкцию пригодной для узкого круга условий применения (горные выработки вне зоны влияния очистных работ).

Авторы изучили другие замковые соединения, предложенные в 70-е годы: замок АПЗ.070 (ЗСД) конструкции ДонУГИ и замок типа ЗПК конструкции НИИОГР и КуЗНИУИ. Оба типа замков обеспечивают улучшение состояния поддерживаемых

выработок и достаточно широко применяются по настоящее время на действующих угольных шахтах.

Замок типа ЗСД представляет собой ограниченно шарнирную блочную конструкцию, включающую планку из специального проката (ПЗС-20), обладающую повышенной прочностью на изгиб, и две скобы, заблокированных специальным хомутом, штампованным из листовой стали толщиной 3 – 4 мм. При постановке замок представляет собой прямоугольный треугольник, в котором больший катет образует основная зажимная скоба, плоскость которой перпендикулярна продольной оси сопрягаемых сегментов крепи. Вторая скоба – гипотенуза – устанавливается под углом к продольной оси сегмента (обе скобы замыкаются на общей планке). При этом откосная скоба блокирует самозатяжку замка в процессе проседания и увеличивает общее зажимное усилие.

Поскольку имелось в виду использование замка в составе применяемых крепей циркульного типа (АПЗ, АП5 и т.п.), то величина рабочего сопротивления узла была сознательно ограничена величиной 90 – 120 кН, а основное внимание было сосредоточено на достижении гарантированной стабильной податливости, считавшейся приоритетным параметром.

Таким образом, впервые в отечественной практике замковое соединение изначально создавалось под конкретный вид крепи с определенным параметром предельной несущей способности, что в целом себя оправдало на небольших глубинах разработки. В сложных горно-геологических условиях применение низких силовых показателей замков ЗСД оказались недостаточными, а предложенное ДонУГИ увеличение количества замков в узле (до двух) – выявилось нецелесообразным. Кроме того существенный недостаток – большой вес (более 11 кг), создает определенную сложность и трудоемкость установки. Поэтому данное решение не является перспективным.

К аналогичному выводу авторы пришли, рассматривая широкую практику соз-

дания и применения замковых соединений, в конструкцию которых (с замком АПЗ.030) вводятся специальные дополнительные элементы (так называемые усилители-стабилизаторы), препятствующие изгибу планки и передающие усилия зажима через днище спецпрофиля. Смещение скобы по оси приводят к нежелательной самозатяжке замка. Практика широкого промышленного применения замков со съёмными стабилизаторами (М2 – конструкции ЗДНПЦ «Геомеханика», М4 и М5 – конструкции ДонЭРМ, ЗКМ и др.) показала чувствительность конструкции к систематическим ошибкам как при изготовлении, так и при установке. В целом, данная группа замков позволила получить новое направление для разработки перспективной конструкции, отвечающей требованиям устойчивости подготовительных выработок в тяжелых горно-геологических условиях.

## ОПЫТ СОЗДАНИЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАМКОВ ТИПА ЗПК

Проанализирован опыт создания и широкой промышленной эксплуатации замка типа ЗПК и его модификаций – ЗПК-м, ДК и ЗМПК, в которых недостатки упомянутых выше конструкций устранялись на основе уменьшений действия изгибающих моментов без существенного усложнения общей компоновки и увеличения массы замка.

Конструкция замков типа ЗПК включает укороченную скобу и изогнутую планку, полностью охватывающую спецпрофиль сегмента крепи от днища до нижней части полок. Повышение прочности скобы в ранних конструкциях достигалось использованием круглой стали увеличенного диаметра (при профиле СВПЗ3 – диаметром до 30 мм с нарезной резьбой М30, а в более поздних модификациях – увеличенного диаметра 25+ мм с накатанной резьбой М27). Плечо усилия изгиба зажимной планки тем самым было уменьшено практически в 2 раза, а материал оставлен

прежним (полоса  $60 \times 16$  или  $60 \times 18$ ), но масса планки увеличилась на 30%. Предполагалось, что использование укороченной скобы и уменьшение плеча смещения скобы на самозатяжку будет достаточным для блокировки. Данное техническое решение обеспечивает возможность повышения параметра рабочего сопротивления в требуемых для тяжелых условий пределах (до 250 – 300 кН/р).

Требуемая величина конструктивной податливости позволяет установить причины существующей неустойчивости рабочей характеристики при податливости более 200 мм. Очевидными причинами являются:

- самозатяжка замкового соединения – это следствие укороченной скобы, в то время как дополнительные меры по принудительной блокировке смещения скобы из плоскости замка не предусматриваются, а в вариантах ЗПК и ЗПК-М сферическая нижняя плоскость консолей планки даже способствует натяжению соединения;

- схема передачи общего усилия затяжки замкового соединения одновременно через три точки (донышко сегмента и его полки), предусмотренная конструкцией планки, создает неопределенность величины передаваемого усилия в каждой точке передачи и требует жесткой увязки допусков, имеющих место при изготовлении прокатного профиля СВП и гибочных допусков по габариту при изгибе сегментов крепи.

Такая увязка, как показывает практика изготовления замков указанного типа, представляет собой весьма сложную многофакторную задачу, решение которой возможно лишь теоретически, а на практике приводит к ненадежной разнонаправленной работе узлов податливости, выражающейся в переходе в жесткий режим, или в недостижении требуемого уровня рабочего сопротивления.

Что касается оптимальной величины первого образующего параметра работоспособности, а именно – величины рабочего сопротивления ( $P_p$ ), то, естественно,

для различных крепей его значение определяется конкретной величиной предельной несущей способности и коэффициентом запаса, гарантирующим податливую конструкцию от выхода в жесткий режим работы с последующей необратимой пластической деформацией.

Снижение величины разброса значений рабочего сопротивления замка (узла податливости) приобретает особую значимость, так как по смыслу идентична общему повышению величины среднего рабочего сопротивления крепления при общем повышении надежности. В перспективе удовлетворительное решение этой задачи позволит снизить нормативный коэффициент запаса (в настоящее время он составляет величину 1,5 – 1,7) до 1,3 – 1,35 с существенным экономическим эффектом.

Приведенные соображения по перечисленным направлениям совершенствования замковых соединений позволяют сделать предварительную оценку их перспективности в условиях непрерывно усложняющихся горно-геологических условиях применения и выдвигаемым требованиям параметрам рабочей характеристики крепи.

Направление прямого увеличения прочности отдельных элементов замковых соединений – скобы и планки (замки ЗСД и ЗШ.000) может быть в целом оценено как этапное, однако недостаточное в силу того, что типы рабочих характеристик и значения образующих параметров не отвечают предъявляемым требованиям.

## НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗАМКОВ

Необходимыми направлениями совершенствования конструкции замков указанного типа являются: введение в общую схему замка элементов полной или частичной блокировки эффекта самозатяжки и полное снятие проблемы геометрических допусков, и их взаимоувязки на различных стадиях производства и промышленного применения.

В Германии и Польше указанное направление завершилось созданием замковых соединений типа G660, широко применяемых на зарубежных шахтах в разнообразных (в т.ч. и самых тяжелых) условиях эксплуатации, с большим технико-экономическим эффектом. Учитывая то обстоятельство, что в условиях Рурского каменноугольного бассейна (горно-геологический аналог Донбасса) большие глубины разработки – 1000 м и более – были достигнуты уже в 50-х – 60-х гг. XX века, опыт создания новых замковых соединений («Туссен – Хайнтсман») заслуживает особого рассмотрения.

Во-первых, более раннее (по сравнению с отечественной наукой и практикой) осознание приоритетной значимости основных параметров и рабочей характеристики, наряду с широким опытом разработки узлов податливости фрикционных стоек для очистных забоев (в отечественной практике – крайне незначительный) с самого начала позволил сформулировать конечную задачу и избежать тупиковых технических решений. Относительно типа рабочей характеристики (постоянного или полого-нарастающего) с самого начала не возникла полемика: наиболее отвечающей задачам была признана характеристика полого-нарастающего типа, как наиболее надежная, обеспечивающая достижение максимальной работоспособности крепи.

Следует отметить общепринятое мнение:

– весьма пологое нарастание силового параметра (получаемое обычно при стеновых испытаниях) не представляет серьезной угрозы выхода на жесткую характеристику, так как длительно действующие усилия в реальных условиях эксплуатации сглаживаются ползучестью стали в элементах замкового соединения;

– проблема допусков решается созданием специального прокатного планочного профиля, обеспечивающего одновременную и благоприятную схему передачи усилий только путем сжатия сопрягаемых спецпрофилей по полкам, а нижняя замы-

кающая часть планки при этом в передаче зажимного усилия непосредственно не участвует, чем ликвидируется отмеченная выше неопределенность, способствующая повышению разброса значений силового параметра характеристики;

– особое значение с самого начала было уделено решению проблемы блокировки самозатяжки замка, одновременно с повышением общей прочности конструкции: зажимная скоба заменена верхней фигурной планкой, выполняющей роль блокиратора, и двумя болтами повышенной прочности. Такое решение, с учетом нижней основной планки, изготавливаемой из спецпроката, является отчасти вынужденным, но подчеркивает именно приоритетность фактора рабочей характеристики.

Для немецкой практики характерным является большая масса (9,2 кг). Это привело к использованию высококачественных сталей ( $Mn, V$ ), которые способствовали снизить массу изделия и повысить стоимость. Однако считается вполне справедливым, что именно такой подход является правильным и в конечном результате применения крепи повышенной надежности в процессе эксплуатации многократно оправдывается снижением эксплуатационных затрат на поддержание и ремонт, а также создание предпосылок для увеличения нагузков на очистной забой. Длительный опыт применения решений, основанных на таком подходе, свидетельствует о том, что он оказался правильным как в техническом, так и в экономическом отношениях.

Сравнивая технические решения в зарубежной и отечественной практике, следует отметить следующие существенные различия:

1. В зарубежной практике решение проблемы реализовано на основе теоретического осмысления геомеханических процессов при разработке месторождений на больших глубинах. Приоритетной остается податливая металлокрепь, как основная, обеспечивающая эксплуатационную ус-

тойчивость подготовительных выработок с заданной рабочей характеристикой крепи.

Такой подход позволил быстро освоить новый профиль, использовать высококачественные материалы (микролегированные стали), термических процессов и т.п., а при постановке крепи – специальные приемы компоновки узлов податливости, обеспечивающих постоянство участков активного зажима сопрягаемых сегментов.

2. В отечественной практике многочисленные попытки решения проблемы ограничивались упрочнением отдельных составляющих замка и частичной блокировкой самозатяжки. Соответственно, конечный технико-экономический эффект применения был незначительным.

Тем не менее, имеющиеся на сегодняшний день теоретические наработки и многочисленные экспериментальные проверки отдельных технических решений – группа замков со съёмными усилителями-стабилизаторами (М2, М4, ЗКМ, ЗПС и др.), а также учет зарубежного опыта решения проблемы позволяет сформулировать основные технические требования к перспективным замковым соединениям и предложить технические решения, учитывающие особенности отечественной практики и состояние производственной базы.

Таким образом конструкция замка должна обеспечивать стабильную величину рабочего сопротивления комплекта крепи на уровне 550 – 700 кН (применительно к крепям нового технического уровня) на всем интервале ее конструктивной податливости. При этом прочность образующих элементов замкового соединения должна быть гарантирована подбором соответствующих материалов и реализуемой схемой передачи зажимного усилия исключительно через полки сопрягаемых сегментов. Зажимная укороченная скоба на первом этапе может изготавливаться из круглой стали увеличенного диаметра (25+ мм – при накатанной резьбе М27 или из круглой стали 27 мм и нарезной резьбе М27); дальнейшее увеличение диаметра представляется нецелесообразным по ряду причин (изгибание

на критических радиусах).

Поэтому следует переходить к новым типам спецпроката (СПА) и микролегированным сталям (например, к возврату использования стали 20Г2АФпс и 20Г2АФсп), так как использование Ст5пс является, очевидно, сдерживающим фактором дальнейшего повышения зажимного усилия по причине недостаточной контактной прочности (массовые «задиры» по поверхностям трения и полное искажение рабочей характеристики).

В качестве альтернативного решения по нижней планке – стабилизатор, не требующий разработки и освоения типоразмерного ряда планочного спецпрофиля. Целесообразно использовать конструкцию, включающую прочный моноблок, который имеет элемент, блокирующий эффект самозатяжки замка. Моноблок может быть получен методом точного литья или горячей штамповки. Такое решение должно благоприятно отразиться на массе замка (6,0 кг) и быть вполне приемлемым по стоимостным показателям в условиях крупносерийного выпуска. Схема передачи усилий и решение проблемы увязки допусков при таком варианте обеспечивается «автоматически» заданием соответствующей конфигурации охватываемой части планки по образцу варианта с использованием специального проката (аналога G660).

## НОВОЕ ЗАМКОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ ЗСГ

Конструкция, соответствующая приведенным требованиям, в настоящее время реализована в модели замкового соединения ЗСГ, разработанного ЗДНПЦ «Геомеханика», прошла широкую стендовую проверку (НИИОМШС) и промышленные испытания (шахта «Комсомолец Донбасса», ГП «Торезантрацит», шахта «Южно-Донбасская №1» (рис. 2).

Новый замок «ЗСГ» 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». Замок «ЗСГ» содержит планку-стабилизатор, состоящую из фигурной планки и двух упоров, которые соединены с наклонными боковыми стенками планки и имеют сквозные вертикальные отверстия, а также крепежную скобу П-образной формы с резьбовыми концами, пропущенными через сквозные вертикальные отверстия упоров и снабженные гайками (рис. 3).



Рис. 2. Внешний вид замкового соединения ЗСГ-27 на оvoidной креплении КМП-АЗР2-16,1 в конвейерном уклоне пласта L<sub>4</sub> блока №5 шахты «Комсомолец Донбасса»

Замки узлов податливости ЗСГ крепей горных выработок имеют 4 исполнения для применяемых шахтных профилей: СВП-22, СВП-27, СВП-33 (табл. 2).

Планка-стабилизатор, выполненная в виде единого моноблока, полностью охватывает наклонные боковые стенки спецпрофиля, обеспечивает плотное примыкание смежных звеньев крепи и необходимое их силовое затягивание, противодействует боковому смещению, что создает плавность работы узла податливости и стабильность рабочего сопротивления.

Наклонные боковые стенки планки-стабилизатора выполнены так, что их ши-

рина постепенно увеличивается снизу вверх от вогнутой средней части к месту соединения с упорами. За счет этого увеличивается ширина контакта, что повышает надежность блокировки перекоса плоскости скобы и фигурной планки относительно продольной оси поперечного сечения соединяемых звеньев крепи.

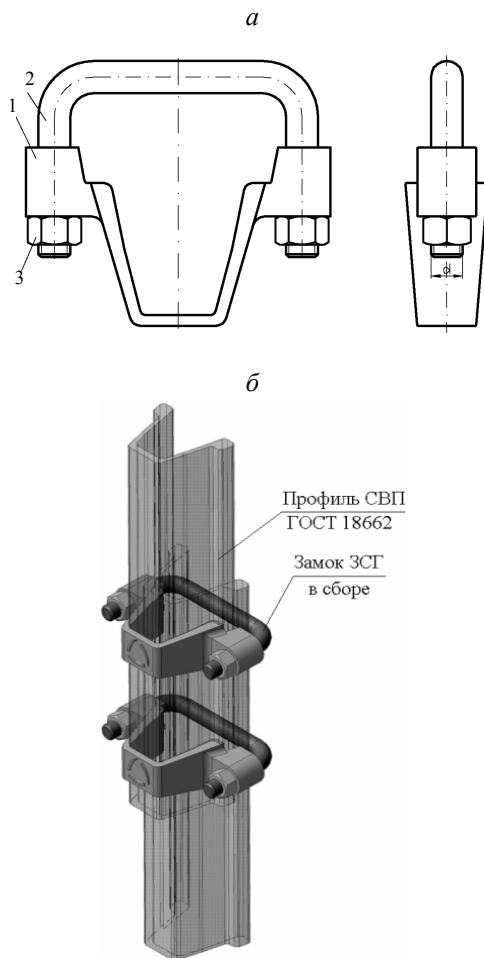


Рис. 3 Общий вид замка ЗСГ: а – замок ЗСГ в сборе (1 – планка-стабилизатор, 2 – скоба, 3 – гайка); б – общий вид узла податливости

Наименование основных параметров и размеров	Обозначение замка			
	ЗСГ-22	ЗСГ-27	ЗСГ-27-01	ЗСГ-33
Соответствие замка типоразмеру профиля по ГОСТ 18662-83	СВП-22	СВП-27		СВП-33
Диаметр резьбы $d$ , мм	M24	M27	M24	M27
Рабочее сопротивление узла податливости (2 замка), кН, не менее	280	340	320	360
Масса замка, кг	4,0	5,0	4,5	5,3

Замок ЗСГ характеризуется весьма стабильной характеристикой (отклонение не более 8 – 10%) и более высоким значением рабочего сопротивления (в 1,4 – 1,8 раза) по сравнению с известными отечественными аналогами (рис. 4).

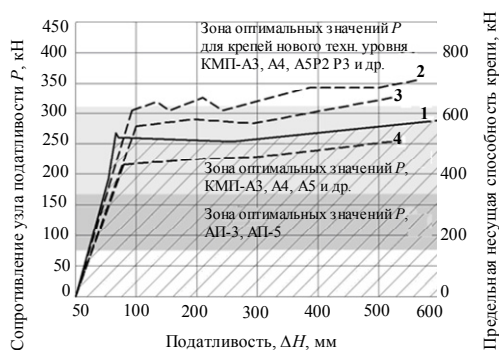


Рис.4. Обобщенная характеристика узла податливости замка ЗСГ: 1 – ЗСГ («Геомеханика»), СВП-33, Ст5пс, литая планка-стабилизатор, начальная затяжка – 20 кгм; 2, 3, 4 – то же, но затяжка 30, 35, 15 кгм

Предложенная конструкция замкового соединения в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к рабочей характеристике замка при любых значениях конструктивной податливости элементов крепи.

Установлена возможность реализации требуемых значений параметра рабочего сопротивления путем варьирования величины начального зажимного усилия для всех трех типоразмеров спецпрофиля СВП (22, 27, 33). Ограничивающим фактором может быть только контактная прочность

материала спецпрофиля, что означает наличие значительного резерва модификации в перспективе, в том числе после ввода легированных марок стали вместо Ст5пс или нового профиля СПА взамен СВП. Замок ЗСГ прост в обращении и имеет вполне приемлемую массу.

Низкая величина разброса значений параметра рабочего сопротивления (3 – 12%) заслуживает особого рассмотрения, так как затрагивает непосредственно важнейший технико-экономический аспект обоснованного выбора плотности установки крепи и, тем самым, все основные позиции калькуляционной себестоимости на всех стадиях эксплуатации выработки, включая ее погашение.

Повышение величины рабочего сопротивления имеет ограниченную предельную несущую способность с наименьшими значениями для типовых циркульных конструкций (до 450 кН/комплект). В это же время крепи нового технического уровня (овоидные Р2, Р3 и др.) имеют в сопоставимых сечениях предельную несущую способность до 700 кН/комплект, что является надежной и обязательной предпосылкой соответствующего повышения рабочего сопротивления и, тем самым, работоспособности.

Это позволяет сформулировать основной принцип применения замковых соединений для различных конструкций крепи:

– крепи с повышенным параметром предельной несущей способности должны комплектоваться замковыми соединениями, обеспечивающими реализацию повышенных значений рабочего сопротивления;

– комплектация относительно слабых (типовых) крепей замковыми соединениями, обеспечивающими высокое значение рабочего сопротивления, просто недопустима в силу весьма высокой вероятности перехода в жесткий режим крепи с необратимыми последствиями как техническими, так и экономическими.

## ВЫВОДЫ

Обоснованный выбор комплектации крепей замковыми соединениями позволяет в рамках области применения соответствующих конструкций обеспечить достижение максимально возможных значений параметра работоспособности и, тем самым,

эксплуатационную устойчивость выработок. Наиболее сбалансированными примерами являются:

– комплектация типовых крепей (АП) замковыми соединениями типа ЗСД или ЗПК (ЗПК-м);

– комплектация крепей нового технического уровня (НТУ) – КМП (Р2, Р3) замковыми соединениями ЗСГ с планкой-стабилизатором конструкции ЗДНПЦ «Геомеханика»;

– нежелательным является комплектация крепей НТУ замками типа АПЗ.030 в силу неустойчивости рабочей характеристики и незначительной величины сопротивления.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вивчаренко А.В. Стратегия развития угольной отрасли Украины / А.В. Вивчаренко // Школа подземной разработки: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2011. – С. 3 – 9.

2. Кириченко В.Я. Металлорамные штрековые крепи нового технического уровня / В.Я. Кириченко // Школа подземной разработки: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2010. – С. 241 – 266.

3. Кириченко В.Я. Направления совершенствования замковых соединений крепей подготовительных выработок / В.Я. Кириченко, Г.Г. Сугаренко, О.С. Золотько

// Школа подземной разработки: материалы междунар. науч.-практич. конф. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2012. – С. 172 – 180.

## ОБ АВТОРАХ

Кириченко Владимир Яковлевич – д.т.н., директор ЗДНПЦ «Геомеханика».

Вивчаренко Александр Васильевич – к.т.н., директор Департамента по вопросам функционирования и реформирования угольной промышленности Министерства энергетика и угольной промышленности Украины.

