

УДК 622.28.04.44

**В.Я. Кириченко, А.В. Кириченко**

## **РАМНЫЕ КРЕПИ ДЛЯ ШИРОКОГО СПЕКТРА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СОВРЕМЕННЫХ ШАХТ**

*Предложены новые конструкции рамных крепей, отвечающих конкретным горно-геологическим условиям эксплуатации, для обеспечения безопасности и повышения экономики шахт.*

*Ключевые слова: крепи горных выработок, горно-геологические условия, устойчивость горных выработок, технико-экономические показатели.*

**О**течественный и мировой опыт свидетельствует, что перспектива поддержания выработок на глубине 800—1400 м будет связана исключительно с комбинированными охранными системами, главным элементом которых является арочная металлокрепь. Учитывая это, а также то, что 90 % протяженности горных выработок угольных шахт поддерживается рамными металлокрепями, Западно-Донбасским научно-производственным центром «Геомеханика» (г. Павлоград, Днепропетровской области) разработана и реализуется за счет самофинансирования программа «Штрековая металлокрепь». Главным приоритетом Центра является разработка и производство крепей высокой грузонесущей способности нарастающего сопротивления, применение которых прогнозно оценивается на рисунке [1].

Ключевой задачей развития подземного комплекса угольных шахт является долговременное поддержание разветвленной сети горных выработок в эксплуатационном состоянии. Три главные доминанты определили актуальность задачи обоснования параметров и организации выпуска крепей нового технического уровня:

1) несоответствие многих известных конструкций металлокрепей широкому спектру горно-геологических условий поддержания горных выработок;

2) проявление новых форм горного давления на глубинах 800—1300 м, при которых несущая способность применяемых крепей не обеспечивает надлежащее противодействие перемещающимся породам в выработку, что вызывает их запредельные деформации;

3) геосистемный характер работы металлических крепей из спецпрофиля и продолжительный срок эксплуатации выработок обуславливают необходимость учета геомеханики взаимодействия системы «крепь — массив пород» при обосновании деформационно-силовых характеристик крепей.

В связи с этим, новые крепи горных выработок должны учитывать такие обязательные факторы [2]:

- надежность по деформационно-силовым характеристикам (податливость, несущая способность);
- качество изготовления и качество применения;
- долговечность, обеспечивающая безопасность;
- экономичность.



**Этапы применения шпекреповых крепей в различных комбинациях**

Соблюдение всех этих условий позволило ЗДНПЦ «Геомеханика» создать шпекреповые металлокрепии, которые обеспечивают снижение общего и удельного расхода металла, повышение устойчивости выработок за счет большей несущей способности крепей и надлежащего качества их работы с массивом пород, увеличение доли повторного используемых выработок и уменьшение частоты несчастных случаев от обрушения пород и завалов выработок.

Учитывая, что промышленная безопасность становится важнейшей составляющей национальной безопасности любой страны, Центр в основу своей деятельности поставил задачу

совместного решения вопросов технической и геомеханической безопасности при креплении и поддержании горных выработок.

Техническая безопасность обеспечивается уже на стадии качественного изготовления крепей на современных производственных линиях методом гидравлического прессования. Геомеханическая безопасность достигается гармоничной совместной работой крепей с породными массивами за счет рационального выбора их геометрических и деформационно-силовых характеристик. За счет этого достигается эффективность управления горным давлением и экономичность крепления выработки.

к сложным горно-геологическим условиям: интенсивное горное давление, большое опускание кровли и пучение пород почвы, существенные асимметричные нагрузки, значительные зоны разрушения пород вблизи выработок. К особым качествам крепей следует отнести: обоснованное отношение геометрических размеров элементов крепи, нетрадиционное их соединение, воспринимающее разнонаправленные нагрузки, обеспечивающие высокую устойчивость крепи; форма крепей, создающая условия для формирования консолидированной металлопородной грузонесущей охранной конструкции.

Рассмотрим технические характеристики крепей, разработанных и выпускаемых Центром «Геомеханика» (таблица).

Во всех случаях, когда принято решение о применении крепи с открытой почвой, крепь КШПУ-М обеспечит самое экономичное и безопасное поддержание горных выработок. Крепь отличается рациональным отношением радиусов стойки и верхняка, при котором обеспечивается самозагираание крепи, уменьшенной длиной и радиусом верхняка с целью повышения отпора крепи опускающимся породам кровли, удлиненной прямолинейной частью стоек крепи, что в совокупности позволяет компенсировать пучение до 800—1000 мм и вовлечь в работу приконтурный массив путем формирования вокруг выработки консолидированной металлопородной охранной конструкции высокой грузонесущей способности.

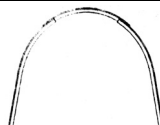

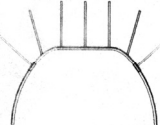

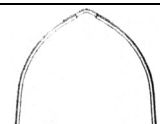
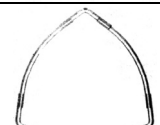


Крепи КЦЛ позволяют значительно упростить процессы поддержания горных выработок на сопряжениях штрек – лава. Они обеспечивают качественно новый уровень поддержания выемочных штреков до подхода

лавы и при снятии стоек крепи для обеспечения передвижения забойного конвейера. Наличие циркульно-линейного верхняка обеспечивает повышение его сцепления с породами кровли и отпор крепи. КЦЛ имеет улучшенные характеристики статической несущей способности и повышенную восприимчивость к возможным динамическим нагрузкам со стороны кровли. Крепь облегчит операции по ее усилению применением индивидуальных или анкерных крепей. В совокупности это обеспечивает сохранение контура и уменьшение потери сечения выработок, что повышает возможность их повторного использования.

Новая крепь КЦЛО позволяет производить комбинированное крепление горной выработки рамной и анкерной крепью. Крепь КЦЛО представляет собой раму с плоско-изогнутым верхняком и наклонными радиально-изогнутыми стойками. Разработано 16 типоразмеров крепи КЦЛО, в том числе 11 типоразмеров – трехэлементная и 5 типоразмеров – четырехэлементная. Формируемый при этом контур выработки – плоская кровля с наклонно-овоидными боками, позволяет при такой конструкции крепи более рационально и эффективно возводить анкерные системы в кровле, что создает принципиально новую комбинированную рамно-анкерную крепь.

В сложных горно-геологических условиях отказы серийных конструкций крепи приобретают массовый характер, удельный вес травматизма от обрушений пород и завалов выработок достигает 37—43 % .Доказано, что рамные крепи в тяжелых геомеханических условиях должны иметь рабочее сопротивление до 400 кН на раму и конструктивную податливость до 1000 мм.

**Технические характеристики металлокрепей разработчика и производителя  
ЗДНЦ «Геомеханика»**

Тип крепи	Форма крепи	Технические характеристики			
		Сечение в свету, м <sup>2</sup>	Рабочее сопротивление, кН/арку	Предельная несущая способность, кН/арку	Масса спешпрофиля рамы, кг
<b>КШПУ-М</b> (крепь шатровая, податливая удлиненная)		6,5—20,3	230—477	403—780	174—436
<b>КЦЛ</b> (крепь циркулярно-линейная)		6,3—14,4	250—300	350—670	165—369
<b>КЦЛО</b> (крепь циркулярно-линейная, овоидная)		7,0—19,1	220—290	600—875	176—420
<b>КМП</b> (крепь овоидная): А3Р2 (3-х звенная) А4Р2 (4-х звенная) А5Р2 (5-ти звенная)		6,6—13,3	497—783	570—990	216—352
		15,9—18,0	450—610	630—870	326—436
		17,1—22,3	387—533	586—799	390—482
<b>КВТ - 2</b> (крепь выпукло-треугольная)		6,4—17,5	258—450	389—750	192—399
<b>КВТ</b> (крепь выпукло-треугольная замкнутая)		7,5—17,2	311—452	467—679	318—662
<b>КМК</b> (крепь кольцевая): 4-х звенная, 5-ти звенная		7,9—24,5	280-330	465-675	265—536
		23,7—24,5	270-300	470-571	541—670
<b>КПП - 3</b> (крепь полигональная податливая): 3-х звенная, 4-ти звенная		10,2—11,5	140—160	415—585	212—271
		14,7	160—190	500—660	325—401

Данным требованиям не отвечают известные конструкции крепей. Центром «Геомеханика» разработана крепь металлическая податливая (КМП) двухрадиусная, трехэлементная АЗР2, четырехэлементная А4Р2 и пятиэлементная А5Р2. Новая крепь имеет форму овоида максимально приближенного к эллипсу. Данная форма крепи является наиболее устойчивой при воздействии на нее всестороннего давления, оказываемого породным массивом. Разработанная конструкция крепи позволила практически без изменения веса комплекта увеличить несущую способность верхняка в 2,7 раза за счет увеличения кривизны и уменьшения пролета. Повышена конструктивная податливость до 1000 мм за счет сопрягаемости сегментов крепи с одинаковой длиной и уменьшенной кривизной. Конструкция крепи исключает провалы верхняка синклиальной структуры, свойственные практике крепления выработок с обычной крепью.

Крепи КВТ — это экономичные крепи для условий высокого горного давления при большом вертикальном смещении пород (КВТ-2) и при интенсивном пучении пород (КВТ). Крепи обеспечивают конкурентоспособность крепления за счет снижения удельного расхода металла. Главным своим преимуществом крепь имеет геомеханически обоснованную и практикой проверенную форму. Остроконечная форма крепи с большим отношением высоты к ширине обеспечивает высокий эффект арочности и формирование консолидированной грузонесущей породной оболочки вблизи и вокруг контура выработок.

Большая стрела свода в крепи КВТ-2 исключает образование критических изгибающих усилий в стойках и возможность появления экстремальных изгибающих моментов, вы-

зывающих деформацию крепи. Наличие единого ограниченно-податливого шарнира существенно повышает качество работы крепи с массивом и устойчивость стоек к боковым нагрузкам. Остроконечная форма крепи способствует обтеканию пород по контуру, их самозаклиниванию и консолидации.

КВТ успешно предотвращает широко распространенную форму проявления горного давления в выработках — пучение. Эта крепь альтернативная известным кольцевым крепям, которые в условиях высокого горного давления претерпевают большие деформации. Форма и параметры крепи создают надлежащие условия для совместной работы крепи с окружающим массивом, используя его несущую способность и обеспечивая статическое равновесие системы «крепь-массив» в течение всего срока эксплуатации горных выработок. Крепь обладает высокой несущей способностью за счет исполнения несущих конструктивных элементов цельными при отсутствии шарниров по контуру крепи. Нетрадиционно выполненное сочленение несущих элементов в узлах податливости с помощью прессованного из СВП башмака обеспечивает первоначально ограниченный режим податливости, а в последующем — комбинированный. Конструкция башмаков выполнена так, чтобы обеспечить самозапирание элементов крепи с переводом ее работы в жесткий режим. Установка почвенных элементов крепи не влияет на скорость проходки выработки. КВТ обеспечивает: компенсацию горного давления при меньших на нее нагрузках, своевременное включение в работу с необходимым первоначальным отпором, снижение асимметрии нагружения, уменьшение разрыхления и сохранение прочности пород

почвы. Надежное взаимодействие крепи с приконтурным массивом пород – главное условие ее высокой несущей способности, что достигается субоптимальной формой и параметрами, обеспечивающими гармонизацию в управлении горным давлением в выработках.

Крепи КМК предназначены для особо сложных условий поддержания горных выработок при больших смещениях пород по их контуру. Практикой доказано, что их применение создает равнопрочный контур горных выработок, сохраняя несущую способность породного массива. Многоэлементная кольцевая конструкция обеспечивает поглощение асимметричных нагрузок на крепь, исключает пучение, возможность вывалов и внезапную потерю устойчивости выработок, что в совокупности создает предпосылки для безремонтного поддержания выработок в сложных горно-геологических условиях.

Крепи КПП применимы в диапазоне горно-геологических условий, когда проходка выработок осуществляется под кровлю угольного пласта при сложении ее породами высокой прочности или требуется минимизировать присечку пород формируя плоскую кровлю. Конструкция крепи

состоит из прямолинейных элементов спецпрофиля, изогнутых под углом  $135^\circ$ . Такая форма крепи создает преимущества в части устойчивости под плоской кровлей и усиления ее анкерными крепями.

Консультациями с техническими службами шахт определена их заинтересованность в таких вопросах: выбор для конкретных горно-геологических условий наиболее эффективных конструкций и типоразмеров крепи, а также в организации подземного горно-геомеханического мониторинга за работой крепей. Исходя из этого, для достижения качественного результата применения крепей ЗДНПЦ «Геомеханика» организует семинары с участием ученых и практиков, что позволяет поставщику крепей и их потребителю достигать взаимоприемлемых решений.

Разработанные крепи – это воплощение научных знаний инженерных расчетов и достижений шахтерской практики. Их применение обеспечивает шахтам экономичность и безопасность крепления горных выработок. В условиях ограничения материальных и финансовых средств использование перечисленных крепей обеспечит ресурсосбережение, качество и надежность горных выработок.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рихтер А., Айгеман Э.А. Повышение производительности процесса крепления анкерами за счет использования анкеров с быстрым нарастанием сопротивления // Глюкауф. — 2009. — № 1/2. — С. 16—23.

2. Кириченко В.Я. Новые экономические крепи для условий повышенного горного давления // Геотехническая механика. — 2000. — № 20. — С. 98—101. **VIAS**

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кириченко В.Я. — кандидат технических наук, директор ЗДНПЦ «Геомеханика», Украина, Geomeh.krp@mail.ru

Кириченко А.В. — кандидат экономических наук, ассистент каф. прикладной экономики, (Украина, Национальный горный университет, anna\_vlad\_@mail.ru).