

В.Я. Кириченко, В.А. Щедрин

## ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ОВОИДНОЙ КРЕПИ ДЛЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

*Изложен опыт и тенденции развития средств крепления подготовительных выработок с учетом эксплуатационных и геомеханических требований комбинированных систем. Определены оптимальные параметры, формы и деформационно-силовые характеристики рамных крепей. Дано обоснование конструктивных особенностей овоидного типа крепи и результаты опытно-промышленного применения на глубоких шахтах Украины.*

---

### ОБГРУНТУВАННЯ І ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ОВОЇДНОГО КРІПЛЕННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК

*Викладено досвід і тенденції розвитку засобів кріплення підготовчих виробок з урахуванням експлуатаційних і геомеханічних вимог комбінованих систем. Визначено оптимальні параметри, форми та деформаційно-силові характеристики рамних кріплень. Надано обґрунтування конструктивних особливостей овоїдного типу кріплення і результати дослідно-промислового застосування на глибоких шахтах України.*

---

### JUSTIFICATION AND SELECTION OF OVOID SUPPORT PARAMETERS FOR DEVELOPMENT WORKINGS

*The experience and tendencies of development of the means of supporting of development workings taking into account the operational and geomechanical requirements of combined systems are stated. The optimum parameters of shape and deformation-strength characteristics of the frame supports are determined. The justification of design features of ovoid support types and results of experimental-industrial application on deep mine of Ukraine is given.*

---

### СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

Современные требования диктуют существенное повышение концентрации и интенсификации горных работ по подготовке и отработке угольных пластов для снижения себестоимости добычи. На больших глубинах разработки основная доля затрат (свыше 45%) приходится на проведение и поддержание подготовительных выработок.

Необходимость роста нагрузки на очистной забой (более 2 – 3 тыс. т/сут) требует кардинального решения проблемы обеспечения устойчивости выемочных штреков на заданный период эксплуатации, особенно в зоне влияния очистных работ. При этом повышенные эксплуатационные требования к выемочным штрекам (увеличение площади сечения для размещения высокопроизводительного оборудования, средств доставки материалов и транспортировки угля, а также обеспечение проветривания очистных забоев) объективно вхо-

дят в противоречие с геомеханическими требованиями поведения вмещающего углелопородного массива, устойчивость которого снижается с ростом площади сечения, особенно в сложных горно-геологических условиях [1].

Таким образом, обоснование типа конструкции и выбор параметров крепи требует имплементации многофакторного учета технологических, эксплуатационных и геомеханических требований, с учетом необходимости снижения металлоемкости крепления и общих затрат на проведение и поддержание подготовительных выработок за весь период эксплуатации.

Практика ведущих горнодобывающих стран (включая отечественную) однозначно свидетельствует о том, что эта многоплановая проблема в непрерывно усложняющихся геомеханических условиях может быть успешно решена только на базе комплексного ряда технических и технологических задач, охватывающих все звенья производственной цепочки (от очистного забоя до поверхности) и их полной увязки в единый процесс поточного производства. Важнейшим условием при этом является требование максимальной концентрации горных работ, что на практике означает повышение интенсивности извлечения полезного ископаемого и рост нагрузки как на предприятие в целом, так и на каждый действующий очистной забой, при общем уменьшении их количества. Например, на угольных шахтах зарубежных стран (Германия, Польша, как наиболее близкие горно-геологические аналоги Донбасского бассейна) суточная нагрузка на лаву составляет более 5,0 тыс. т товарного угля, что считается экономически привлекательным. В то же время такой уровень нагрузки на шахтах Украины является скорее исключением, а средний уровень в сопоставимых условиях не превышает 1,8 – 2,0 тыс. т рядового угля. Можно утверждать, что причиной такого положения является не качество очистных угледобывающих комплексов (имеющих примерно одинаковый потенциал), а различия применяемых

технических средств крепления выработок и технологий очистной выемки.

На зарубежных шахтах и некоторых отечественных используется т.н. безнишевая технология, обеспечивающая, прежде всего, поточность процесса извлечения и существенное снижение себестоимости. Так, например, увеличение суточной нагрузки на лаву в 2 раза дает снижение себестоимости 1 т по лаве примерно на 40% и более, причем этот результат может иметь место для всего объема подготовленных к выемке запасов. В то же время использование безнишевой технологии на большинстве отечественных шахт встречает серьезные затруднения или оказывается вообще невозможным, т.к. состояние крепи подготовительной выработки на уровне «окна» лавы и на протяжении примыкающей зоны опережающего влияния очистной выемки не позволяет реализовывать главную предпосылку для использования безнишевой технологии, а именно, – вынос приводных головок забойного конвейера из лавы в пределы сечения примыкающей выработки. Тем самым проблема сводится к задаче обеспечения устойчивости крепи выработки (штрек, уклон, ходок) на уровне «окна» лавы, т.е. в точке пересыпа на штрековый конвейер. Таким образом, представляется возможным утверждать, что основной причиной низкой нагрузки на комплексно механизированный очистной забой на отечественных шахтах является нерешенность вопроса обеспечения необходимых габаритов сечения примыкающей к лаве подготовительной выработки вследствие необоснованного использования средств крепления старых типов, в принципе, предназначенных для других (более легких) условий применения, т.е. грубой инженерной ошибки. Анализ причин такого положения указывает на определенное отставание отечественной науки, известный консерватизм горнотехнического персонала и диктуемого обстановкой стремления снизить первичные затраты на крепление горных выработок, применяя крепи старых типов (АПЗ, АП5 и др.).

В то же время, как зарубежная, так и отечественная практика решения проблемы устойчивости подготовительных выработок на основе использования рамных податливых крепей с повышенными значениями силовых и кинематических параметров однозначно свидетельствуют о возможности ее успешного решения с полной реализацией основной задачи концентрации горных работ и получением крупного экономического эффекта по двум основным и взаимосвязанным позициям:

- снижение прямых и эксплуатационных затрат по статье «поддержание и ремонт»;

- снижение затрат на непосредственное извлечение подготовленных к выемке запасов (себестоимость по лаве).

Точное определение масштабов такого эффекта требует дополнительных исследований и может быть оценено лишь укрупненно в сотни миллион гривен, что не идет ни в какое сравнение со значением первичного незначительного удорожания новых технических средств крепления, т.к. изначально, при разработке последних, дополнительная стоимость минимизирована на основе использования новых инновационных технических решений.

Как зарубежный, так и отечественный опыт решения противоречия между высоким потенциалом очистной выемки и неудовлетворительным состоянием подготовительных выработок однозначно свидетельствуют о том, что ликвидация такого «узкого места» производственной цепочки возможна только на основе использования новых технических средств, охватывающих как конструкцию применяемых крепей, так и способы охраны выработок. Конечной целью, как отдельных частных решений, так и всего их комплекса в целом, является реализация повышенных (по сравнению с типовыми) значений силовых и кинематических характеристик новых конструкций крепей.

## ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Повышенный интерес к проблеме крепления и поддержания горных выработок объективно связан с возросшими требованиями к прочности и надежности применяемых конструкций крепей, особенно для больших глубин разработки, где имеют место интенсивные проявления горного давления.

На угольных шахтах для крепления горных выработок в основном (90%) применяются металлорамные крепи, изготовленные из профиля СВП в различных модификациях и вариантах конструктивного исполнения, это – арочные (преимущественно), кольцевые и трапециевидные (в небольших объемах). Для подготовительных выработок наиболее используемой остается арочная крепь АП-3 (разработанная ДонУГИ в 70-х годах, или в новом ее обозначении – КМП-А3). Как этап положительного совершенствования арочной формы крепи разработана и массово применяется (в основном на шахтах Западного Донбасса) шатровая крепь КШПУ, предназначенная для слабых ( $R_{сж} < 20$  МПа) и интенсивно пучащих пород почвы, а также ее модификация – крепь КЦЛ (с линейно-циркульным верхняком).

Следует отметить, что параллельно с развитием рамных крепей наметилась тенденция внедрения технологии рамно-анкерного крепления горных выработок (в основном на шахтах ООО «ДТЭК»), что убедительно свидетельствует о преимуществе комбинированных систем и подтверждает мировой опыт о базисной роли рамных металлокрепей.

Поскольку в качестве основного влияющего фактора принимается комплексный показатель работоспособности крепи (т.е. работа в прямом физическом смысле), новые конструкции должны отвечать требованиям повышения рабочего сопротивления и конструктивной податливости одновременно. Кроме того, дополни-

тельными являются требования относительно стабильности рабочей характеристики на всем интервале конструктивной податливости, ее типу (постоянное и весьма пологое нарастание рабочего сопротивления), минимизации разброса значений силового параметра и др. В ряде случаев, например, при необходимости решения задачи повторного использования выработки, оказывается целесообразным применение дополнительных мероприятий технологического характера: анкерования породного массива и тампонажа закрепного пространства, общим смыслом которых является повышение работоспособности крепления на начальном периоде существования выработки при проходке.

Сравнение технических и технологических решений, используемых зарубежной и отечественной практикой, позволяет констатировать их идентичность как относительно общей направленности, так и смысла. Отдельные различия объясняются в основном слабостью отечественной базы производства технических средств крепления (крепи, замковые соединения, материалы и т.д.), наряду с отсутствием до недавнего времени комплексного подхода к решению проблемы в целом, что в ряде случаев привело к неудачным попыткам решения проблемы на основе паллиативных частных решений по отдельным позициям с необоснованной переоценкой их значимости.

Как общность, так и различие конкретных технических решений зарубежной и отечественной практики может быть проиллюстрированы на примере сравнения конструктивных особенностей рамных податливых крепей базового типа, используемых на шахтах Германии (Haintzmann), Польши и Украины, изготовляемых из желобчатых спецпрофилей. Немецкая крепь представляет собой четырехзвенную рамную (арочную) конструкцию чисто эллипсного очертания, что повлекло за собой необходимость использования сложной гибочной техники и, из-за важности обеспечения стабильности рабочего сопротив-

ления, потребовало создания и использования замковых соединений, имеющих массу до 10 кг специальной (усложненной) конструкции, а также освоения специального прокатного профиля. Прежде всего необходимо заметить, что требование чисто эллипсной конфигурации крепежной рамы, являющееся теоретически и практически обоснованным (минимизация изгибающих моментов за счет приближения формы арки к кривой давления, что повышает несущую способность конструкции), не может считаться категорическим и, в силу неизбежных неопределенностей в практике относительно, например, конкретной схемы нагружения, может допускать определенные отклонения, а ряд отмеченных выше усложнений при этом отпадают. Поэтому для крепей нового технического уровня (например КМП-А3(А4, А5)Р2) конструкции ЗДНЦ «Геомеханика» принята овоидная форма сечения с отклонением от чисто эллипсной примерно 5 – 8%, что при всех прочих неопределенностях не может быть признана существенным. В то же время, расположение узлов податливости на участках периметра с меньшей кривизной и в точках действия минимальных значений возникающих изгибающих моментов обеспечивает как повышенные значения податливости (пропорционально изменению радиуса изгиба), так и стабильность рабочей характеристики при меньшей величине разброса значений.

Другие отличия сопоставляемых отечественных и зарубежных конструкций аналогичного назначения, такие как особенности используемых прокатных профилей, марок стали и др., позволяют считать их, применительно к задачам дальнейшего совершенствования, серьезным резервом модернизации. Так, надежность и стабильность рабочей характеристики может быть повышена при переходе на профили с принудительным зацеплением по полкам, например, отечественная разработка СПА [2], что позволит увеличить значение предельной несущей способности рамы примерно на 35 – 40% (предпосылка для соот-

ветствующего повышения рабочего сопротивления, как важнейшего образующего параметра влияющего фактора, – работоспособности).

### ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ ОВОИДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КРЕПИ

Крепи КМП-А3(А4, А5)Р2/Р3 (крепь металлическая податливая, трех-, четырех- и пятизвенная, двух-, трехрадиусная) в конструктивном исполнении имеют форму овоида, максимально приближенного к эллипсу [3, 4]. Данная форма крепи теоретически является наиболее устойчивой при восприятию всестороннего (с преобладанием вертикального) давления породного массива на контуре выработки, а в конструктивном исполнении отличается изменением формы сечения двух-, трехрадиусным изгибом образующих элементов и вариацией их радиусности на критических участках приложения нагрузки

Овоидные типы крепей отличаются от типовых арочных крепей совокупностью следующих отличительных признаков:

- изменением формы сечения и сопряженности несущих элементов крепи;
- дифференцированной прочностью элементов конструкции на отдельных участках периметра сечения, в зависимости от характера проявления горного давления и преобладающей деформации пород;
- изменением соотношения радиусов изгиба и сопряженности образующих сегментов, в зависимости от характера и режима нагружения рамы крепи.

Конструкция крепи КМП-А3Р3 (рис. 1) содержит связанные между собой рамы, каждая из которых включает верхняк, выполненный с криволинейными средней и концевыми частями; две стойки, выполненные с криволинейными верхними и средними частями, а также с прямолинейными нижними частями, у которых криволинейные верхние части стоек соединены внахлест с криволинейными концевыми

частями верхняка в узлах податливости и скреплены замками.

Совершенствование крепи в основном направлено на изменение конфигурации поперечного сечения и образующих сегментов – верхняка и стоек в направлении максимального приближения эллипсов формы к кривой горного давления и уменьшения радиусов изгиба на критических участках приложения внешних усилий нагружения.

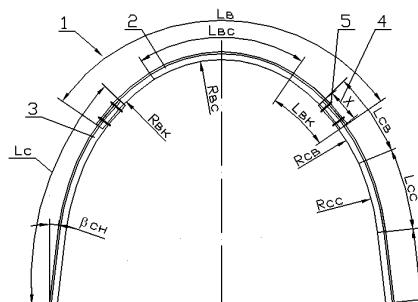


Рис. 1. Трехрадиусная металлическая арочная податливая крепь КМП-А3Р3: 1 – рама; 2 – верхняк; 3 – стойки; 4 – узлы податливости; 5 – замки

В конструкции решено совершенствование основных геометрических параметров крепи путем выбора оптимального сочетания длины  $L_{bc}$  криволинейной средней части верхняка и радиуса  $R_{bk}$  изгиба криволинейной концевой части верхняка, а также выбора наилучшего сочетания радиуса  $R_{cb}$  изгиба криволинейной верхней части стойки, длины  $L_{cb}$  криволинейной верхней части стойки, радиуса  $R_{cc}$  изгиба криволинейной средней части стойки, длины  $L_{cc}$  криволинейной средней части стойки, длины  $L_{cn}$  прямолинейной нижней части стойки и угла  $\beta_{cn}$  наклона прямолинейной нижней части стойки к вертикали.

Технический результат достигается обеспечением оптимального и сбалансированного соотношения основных характеристик крепи: предельной несущей способности и величины конструктивной податливости.

Техническая задача решается тем, что в конструкции крепи верхняк, выполненный с криволинейными средней и концевыми частями, и две стойки, выполненные с криволинейными верхними и средними частями, а также с прямолинейными нижними частями, у которых криволинейные верх-

ние части соединены внахлест с криволинейными концевыми частями верхняка в узлах податливости. Геометрические параметры крепи определяются из условий обеспечения следующих соотношений представлены в табл. 1.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРЕПИ

Таблица 1

№ п/п	Параметр	Коэффициент пропорциональности
1	$L_{BC} = k_1 \cdot L_B$	$k_1 = 0,4 - 0,6$
2	$R_{BK} = k_2 \cdot R_{BC}$	$k_2 = 1,5 - 1,7$
3	$R_{CB} = k_3 \cdot R_{BK}$	$k_3 = 0,9 - 1,0$
4	$L_{CB} = k_4 \cdot L_C$	$k_4 = 0,3 - 0,4$
5	$R_{CC} = k_5 \cdot R_{CB}$	$k_5 = 1,1 - 1,3$
6	$L_{CC} = k_6 \cdot L_C$	$k_6 = 0,2 - 0,35$
7	$L_{CH} = k_7 \cdot L_C$	$k_7 = 0,1 - 0,3$

Выбранные соотношения, а также коэффициенты пропорциональности определены расчетным и опытным путем, являются оптимальными и формируют наилучшее сбалансированное сочетание основных геометрических параметров и форму крепи.

За счет оптимизации геометрических параметров крепи, в том числе радиусов концевых участков, сопрягаемых сегментов (верхняка и стоек) увеличивается податливость на 150 – 300 мм, а также повышается устойчивость крепи по отношению как к осевым нагрузкам, так и боковым и косонаправленным.

Выбор коэффициентов пропорциональности за пределами указанных минимальных и максимальных значений нарушает такое оптимальное соотношение основных геометрических параметров крепи и приводит к нарушению сбалансированного соотношения прочностных показателей, характеристики податливости и рабочего сопротивления, а также площади ее сечения.

В процессе образования вокруг контура выработки со стороны горного массива зоны неупругих деформаций происходит

всестороннее внешнее обжатие крепи нарушенными породами горного массива и в узлах податливости 1 происходит взаимное скольжение криволинейных концевых частей верхняков 2 относительно соединенных внахлест криволинейных верхних частей стоек 3 с конгруэнтным изменением поперечного сечения рам. При этом замки 5 узлов податливости 4 крепи обеспечивают их плотное прилегание по всей длине нахлестки и создание стабильных усилий трения между ними, что обеспечивает стабилизацию параметров рабочего сопротивления узлов податливости в интервале конструктивной податливости крепи. При этом отклонения величины рабочего сопротивления крепи от проектной величины не превышают допустимые  $\pm 10 - 12\%$ .

Установившееся геомеханическое равновесие системы «крепь – массив» обеспечивается силами трения контактных поверхностей криволинейных концевых частей верхняков и криволинейных верхних частей стоек, то есть силами сопротивления в узлах податливости, создаваемыми замками.

В последующий период работы крепи в податливом режиме при горном давлении, превышающем сопротивление податливости крепи при промежуточном геомеханическом равновесии системы «крепь – массив», под действием дальнейшего смещения массива горных пород процесс плавного скольжения криволинейных концевых частей верхняка относительно криволинейных верхних частей стоек, скрепленных замками в узлах податливости, постоянно повторяется.

За счет двух- и трехрадиусного изгиба криволинейных частей верхняка и стоек, определяемого соотношением  $Q = \sqrt{1,618}$ ,

в период нагружения крепи силы трения создают плавно нарастающую характеристику рабочего сопротивления, а при достижении геомеханического равновесия системы «крепь – массив» обеспечивают проектную величину рабочего сопротивления. Рабочие параметры разработанных конструкций овоидных крепей двух- и трехрадиусного исполнения – КМП-А3(А4)Р2 и КМП-А3(А5)Р3 представлены в табл. 2 и 3.

Общая сравнительная эффективность овоидной крепи КМП-А3Р2(Р3) и шатровой КШПУ по паспорту крепления (в сопоставимых сечениях) дана в табл. 4.

ПАРАМЕТРЫ КРЕПИ КМП-А3(А5)Р3

Таблица 2

Тип крепи	Сечение в свету, м <sup>2</sup>	B, мм	H, мм	b, мм	Рабочее сопротивление крепи, кН/раму	Предельная несущая способность, кН/раму	Тип СВП	Масса рамы, кг	
КМП-А3Р3	9,8	4200	2970	3142	265	790	СВП-22	199	
	11,8	4400	3372	3644	265	630	СВП-22	222	
				3637	360	845	СВП-27	271	
	12,3	4345	3566	3730	265	690	СВП-22	224	
				3705	360	735	СВП-27	276	
	13,4	4640	3618	3978	360	770	СВП-27	285	
	14,4	4510	3966	4056	360	700	СВП-27	304	
	15,4	5175		3815	4442	360	640	СВП-27	308
				3805	4426	480	950	СВП-33	382
	17,2	5235	4135	4672	360	620	СВП-27	325	
4668				480	930	СВП-33	402		
19,0	5380	4400	4908	360	600	СВП-27	339		
			4904	480	850	СВП-33	418		
20,6	5820	4446	5257	480	790	СВП-33	436		
КМП-А5Р3	15,8	5010	3970	4470	360	600	СВП-27	336	
				4425	480	880	СВП-33	415	
	17,6	5240	4425	4695	480	790	СВП-33	435	
	19,0	5520	4224	4987	480	740	СВП-33	442	
	21,8	5920	4672	5364	480	670	СВП-33	482	
25,0	6000	5115	5547	480	650	СВП-33	513		

ПАРАМЕТРЫ КРЕПИ КМП-А3(А4)Р3

Таблица 3

Тип крепи	Сечение рамы в свету, м <sup>2</sup>	B, мм	H, мм	b, мм	Рабочее сопротивление крепи, кН/раму	Предельная несущая способность, кН/раму	Тип СВП	Масса рамы, кг
КМП-А3Р2	11,4	4355	3474	3382	380	570	СВП-22	220
		4340	3470	3360	553	830	СВП-27	268
	12,4	4540	3515	3624	347	520	СВП-22	230
					520	780	СВП-27	285
	13,3	4700	3660	3806	331	497	СВП-22	231
					497	745	СВП-27	285
					653	980	СВП-33	352
	14,1	4835	3793	3969	480	720	СВП-27	296
					4825	3788	3953	627
	15,5	5065	4007	4242	447	670	СВП-27	312
					5055	4002	4230	593
	16,1	5160	4095	4353	420	630	СВП-27	312
					5150	4089	4335	573
	18,0	5470	4380	4713	420	630	СВП-27	336
			4366		573	860	СВП-33	415
	КМП-А4Р2	15,9	5130	4052	4318	457	640	СВП-27
5163			4037	4322	610	870	СВП-33	398
18,0		5470	4364	4713	450	630	СВП-27	352
			4350		610	860	СВП-33	434
22,0		5856	4617	5304	533	803	СВП-33	472

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОВОИДНОЙ КРЕПИ КМП-А3Р2(Р3) И ШАТРОВОЙ КШПУ

Таблица 4

Параметр	Тип крепи	Шатровые (КШПУ)	Овоидные (КМП-А3(А4, А5)Р2(Р3))
Коэффициент конструктивного качества		0,42 – 0,55	0,62 – 0,70
Предельная несущая способность		Условно «1»	+ 35 – 50%
Рабочее сопротивление		Условно «1»	+ 30 – 60%
Податливость, мм		300	500 – 700
Работоспособность		Условно «1»	↑ в 1,5 – 2 раза

Достигнутый результат применения овоидных конструкций крепи обеспечивается наиболее оптимальным и сбалансированным соотношением ее основных характеристик: предельной несущей способности, рабочего сопротивления при его стабильности на всем интервале конструктив-

ной податливости, оптимальным поперечным сечением при обеспечении минимальной металлоемкости. За счет оптимизации геометрических параметров крепи, в том числе радиусов концевых участков сопрягаемых сегментов, дополнительно увеличивается податливость крепи (на 150 –



300 мм), а также повышается ее устойчивость по отношению к вертикальным и боковым нагрузкам.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОВОИДНЫХ ТИПОВ КРЕПИ НА ШАХТАХ ООО «ДТЭК»

Опытно-промышленное внедрение овоидной крепи производилось на шахте «Комсомолец Донбасса» в 2012 – 2014 гг. В качестве примера рассмотрим результаты испытания крепи КМП-АЗР2-16,1 на конвейерном уклоне пласта  $l_6$  блока № 5 гор. 810 м.

Проходка выработки осуществлялась комбайновым способом смешанным забоем по пл.  $l_6$  мощностью 1,3 – 1,5 м с нижней подрывкой 0,7 м; породы кровли песчано-глинистый сланец крепостью 5, почва – песчаный сланец крепостью 6 – 7. Проведение выработки осложнялось расположением в пределах зон повышенного горного давления пл.  $l_7$ , опасного по обрушению пород кровли.

На участке ПК0-ПК+15 м крепление осуществлялось типовой крепью АПЗ-15,5 из СВП-33 с шагом установки рам 0,8 м. При подходе к ПК4 появилось увеличение нагрузки на крепь, что привело к срабатыванию замков и деформации верхнего сегмента. Усиление крепи ремонтными под замок приостановило уменьшение сечения выработки по ширине, но не оказало влияние на развитие деформации верхнего сегмента и наблюдалось выдавливание ж/б затяжки по контуру выработки. С ПК4+15 м по ПК8+1 м крепления горной выработки осуществлялось крепью так же АПЗ-15,5, но с шагом установки рам 0,5 м, что привело лишь к незначительному снижению деформаций.

Для уменьшения проявления горного давления и улучшения сохранности выработок было принято решение о применении овоидной крепи. С ПК8+1 м по

ПК10+16 м произведен переход на крепь КМП-АЗР2-16,1 из СВП-33 с увеличением шага установки 0,8 м. В зоне перехода ПК8+1 м – ПК8+3 м наблюдается смещение верхняка на 0,5 м вследствие повышенного горного давления в переходной зоне, однако деформации крепи и выход ее в нерабочий режим не наблюдалось, на последующих 43 м выработки проседаний и деформаций крепи не было, а средние отклонения от паспортных данных составляют не более 0,1 м.

С ПК10+16 м по ПК12+2 м произведен опять переход на крепь АПЗ-15,5 с шагом 0,5 м. Крепь отреагировала на вертикальные и боковые нагрузки проседанием в замках, деформацией верхнего сегмента и уменьшением сечения выработки по высоте на 0,65 м.

Начиная с ПК12+2 м и до окончания выработка проводилась на крепь КМП-АЗР2-16,1 с шагом установки 0,8 м. Результаты проведенных наблюдений представлены в табл. 5.

Исходя из вышеприведенных данных крепь КМП-АЗР2-16,1 характеризуется следующими преимуществами: увеличение несущей способности крепи, уменьшение плотности крепления с обеспечением эксплуатационной устойчивости выработки. В совокупности достигнуты следующие результаты эффективности применения крепи овоидной КМП-АЗР2-16,1 (табл. 6).

Согласно выводу приемочной комиссии установлено, что применение овоидной крепи КМП-АЗР2-16,1 показало кардинальное повышение устойчивости конвейерного уклона пл.  $l_6$  блока №5 гор. 810 м ПАО «ДТЭК Шахта Комсомолец Донбасса». Результаты внедрения овоидной крепи обеспечили снижение металлоемкости крепления на 320 кг на погонный метр выработки, т.е. на 36%.

Всего на шахтах ООО «ДТЭК» закреплено овоидными типами крепи (табл. 7) более 7 км горных выработок.

Участок	Тип крепи	Шаг установки, м	Проявление горного давления	Величина и направление смещений крепи	Примечание
ПКО-ПК4+15 м	АПЗ-15,5	0,8	Срабатывание замков, прогиб верхняка	0,9 м по вертикали	Выход крепи из нормального режима работы и пластическая деформация верхняка
ПК4+15 м – ПК8+1м	АПЗ-15,5	0,5	Срабатывание замков, прогиб верхняка	0,75 м по вертикали	Пластическая деформация верхняка
ПК8+1 м – ПК10+16 м	КМП-АЗР2-16,1	0,8	Срабатывание замков, повышенное г/д в зоне перехода (2 м)	В зоне перехода смещения составили 0,5 м, последующие отклонения сечения выработки не превышают 0,1 м	Наличие зоны перехода. Крезь работает в рабочем режиме. Пластические деформации элементов не наблюдаются
ПК10+16 м по ПК12+2 м	АПЗ-15,5	0,5	Проседание замка, деформация верхнего сегмента, уменьшение сечения выработки	0,65 м по вертикали	Пластическая деформация верхнего сегмента крепи
ПК12+2 м – ПК19+13 м	КМП-АЗР2-16,1	0,8	Проседаний и деформаций крепи не наблюдается	Отклонения сечения не превышают 0,1 м	–

Элементы затрат на крепление горной выработки	Ед. измерения	Расход металла на 1 п.м				Снижение металлоемкости
		арочное крепление АПЗ-15,5 (шаг 0,5)		арочное крепление КМП-АЗР2-16,1 (шаг 0,8)		
		кол-во	металлоемкость, кг	кол-во	металлоемкость, кг	
Крезь металлическая	к-кт	2	792,00	1,3	507,00	36,0%
Замок ЗПКМ	шт.	8	56,96	5,0	35,60	37,5%
Скоба М-16 (в сборе)	шт.	6	10,92	3,8	6,916	36,6%
Межрамная стяжка	шт.	6	26,40	3,8	16,72	36,6%
<b>Итого:</b>			886,28		566,24	220 кг/п.м

№ п/п	Шахта	Тип крепи	Тип СВП	Кол-во комплектов
1	«Комсомолец Донбасса»	КМП-А3Р2-16,1	СВП-33	5927
2	«Алмазная»	КМП-А4Р2-15,9 КМП-А4Р2-18,0	СВП-27 СВП-27	924 943
3	«Добропольская»	КМП-А4Р2-15,9 КМП-А4Р2-18,0	СВП-27 СВП-27	320 375
4	«Западно-Донбасская»	КМП-А3Р3-14,4 КМП-А3Р3-17,2	СВП-27 СВП-27	203 280

## ВЫВОДЫ

Результаты промышленного применения овоидных типов крепи свидетельствуют, что их технико-экономическая эффективность реализуется по двум направлениям: снижение металлоемкости крепления

горных выработок (в основном за счет увеличения шага установки рам) до 36% или (в особо сложных горно-геологических условиях, зонах повышенного горного давления) обеспечения эксплуатационной устойчивости выработок без необходимости их перекрепления.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириченко В.Я. Тенденция развития средств крепления подготовительных выработок на угольных шахтах Украины / В.Я. Кириченко, В.И. Бондаренко // Школа подземной разработки: материалы междунар. научн.-практич. конф. – Д.: ЛізуновПрес, 2011. – С. 75 – 80.

2. Кириченко В.Я. Оценка потребительских свойств крепей горных выработок с использованием нового профиля / В.Я. Кириченко // Школа подземной разработки: материалы междунар. научн.-практич. конф. – Д.: ЛізуновПрес, 2011. – С. 177 – 183.

3. Пат. на корисну модель 61034 Україна. Металеве арочне податливе кріплення. – № u201013693; заявл. 18.11.10; опубл. 11.07.11, Бюл. № 22.

4. Пат. на корисну модель 54759 Україна, E21D11/14. Триланкове металеве рамне податливе кріплення «КМП-А3Р3». – № u201005392; заявл. 05.05.10; опубл. 25.11.10, Бюл. № 22.

## ОБ АВТОРАХ

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

Щедрин Владислав Александрович – инженер ООО «ДТЭК».