

**ШТРЕКОВЫЕ МЕТАЛЛОКРЕПИ, ОТВЕЧАЮЩИЕ
ЭКОНОМИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМ
ЗАДАЧАМ БОЛЬШИХ ГЛУБИН**

Запропоновані конструкції нових кріплень для гірничих виробок, параметри і робочі характеристики яких обґрунтовані на основі геомеханіки взаємодії системи "кріплення-масив".

**DRIFTIC METAL TIMBERS, ANSWERING
TO ECONOMIC REQUIREMENTS AND GEOMECHANICAL
PROBLEMS OF THE BIG DEPTHS**

Designs new timbers for mountain developments are offered, its parameters and working characteristics data are proved on the basis of geomechanics of system's "timber-massif" interaction.

Увеличение угледобычи в Украине неразрывно связано с решением двух ключевых задач: 1) обеспечением безопасности ведения горных работ на больших глубинах и в сложных условиях и 2) оптимизацией затрат по всем процессам технологического цикла. В контексте этого базисной задачей является повышение надежности и экономичности проведения и крепления разветвленной сети горных выработок, обеспечивающих жизненный цикл шахты.

Прорывных технологий в решении этой задачи не имеется, все они носят эволюционный характер, чем вызваны большие финансовые и материальные затраты. Для проведения выработок ежегодно расходуется более 100 тысяч тонн нового металла, а финансовые затраты только на их поддержание превышают 200 млн. грн., так как стоимость перекрепления 1 м выработки составляет 5-9 тыс. грн. Анализ показывает, что более 90% протяженности горных выработок угольных шахт поддерживаются металлическими крепями из спецпрофиля СВП. Это весомая предпосылка для совершенствования штрековых металлокрепей. Вместе с тем несоответствие известных крепей условиям больших глубин приводит к их разрушению, внезапной потере устойчивости выработок и завалам, что вызывает ежегодный расход средств на ликвидацию этих последствий до 50 млн. гривен. При этом имеет место высокий уровень травматизма, в первую очередь, от обрушения пород.

Продолжительные наблюдения на угольных шахтах показывают, что условиям ведения работ не соответствуют не только конструкции крепей по геометрическим и деформационно-силовым характеристикам, но и спецпрофиль, из которого изготавливаются крепи, так как он выколаживается от нагрузок и теряет несущую способность.

Совместными шахтными исследованиями ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины и Западно-Донбасского научно-производственного центра «Геомеханика» установлены такие особенности в работе крепи [1, 2]:

- соответствующие крепи характеризуются весьма низкой адаптационной способностью к литолого-геомеханической системе породного массива, вмещающего горную выработку;

- однообразие (однотипность) конструкций штрековых металлокрепей не позволяет повысить в разных условиях их «активность», что обуславливает запаздывающее включение в работу и создание подпора смещающимся породам;

- соотношение радиусов элементов конструкции таково, что не обеспечивается ее самозапирание и соответственно формирование надлежащей консолидированной охранной грузонесущей конструкции, а также повышение эффекта арочности в породном массиве;

- локальность воздействия крепи на породный контур горной выработки во многом является причиной неэффективного управления устойчивостью системы «крепь-породный массив»;

- низкая адаптация крепей к асимметричным нагрузкам приводит к деформации спецпрофиля, разрушению соединительных элементов и нарушению работы крепи в режиме податливости.

На базе изучения геомеханики взаимодействия системы «крепь – породный массив» сформулирована концепция создания геоэффективных крепей для широкого диапазона условий, суть которой сводится к следующему:

1) усиление значимости и необходимость учета геомеханических процессов самоорганизации породного массива вокруг выработок для обоснования геометрических параметров и деформационно-силовых характеристик конструкций крепей;

2) необходимость управления горным давлением в штрековых выработках крепями при обязательном учете особенностей самоорганизации породных массивов за счет повышения эффекта арочности над выработкой, усиления режима активности крепей посредством сопряженности их поверхностей с массивом, создания эффекта самозапирания крепей за счет рационального соотношения радиусов их элементов, формирования совместной породно-металлической консолидированной охранной конструкции выработок;

3) необходимость повышения технико-экономического уровня и безопасности крепления и поддержания горных выработок должно быть достигнуто за счет качества изготовления, качества эксплуатации крепей при обязательной организации системного их мониторинга.

Исходя из этих предпосылок Центром «Геомеханика» обоснованы геометрические и деформационно-силовые характеристики крепей, которые повышают уровень активности совместной работы с породным массивом, вовлекаемым в охранную конструкцию; устойчивы к асимметричным нагрузкам; обеспечивают высокую грузонесущую способность на сопряжениях «штрек-лава»; сохраняют до 60% поперечное сечение выемочного штрека для повторного использования; комплементарны для создания комбинированных охранных систем выработок в сочетании с анкерами и литыми околоштрековыми полосами.

Качественные сопоставительные характеристики крепей, выпускаемых Центром «Геомеханика» и известных металлокрепей приведено в табл. 1.

Таблица 1 – Сравнение характеристик известных конструкций рамных металлокрепей и разработанных НПЦ «Геомеханика»

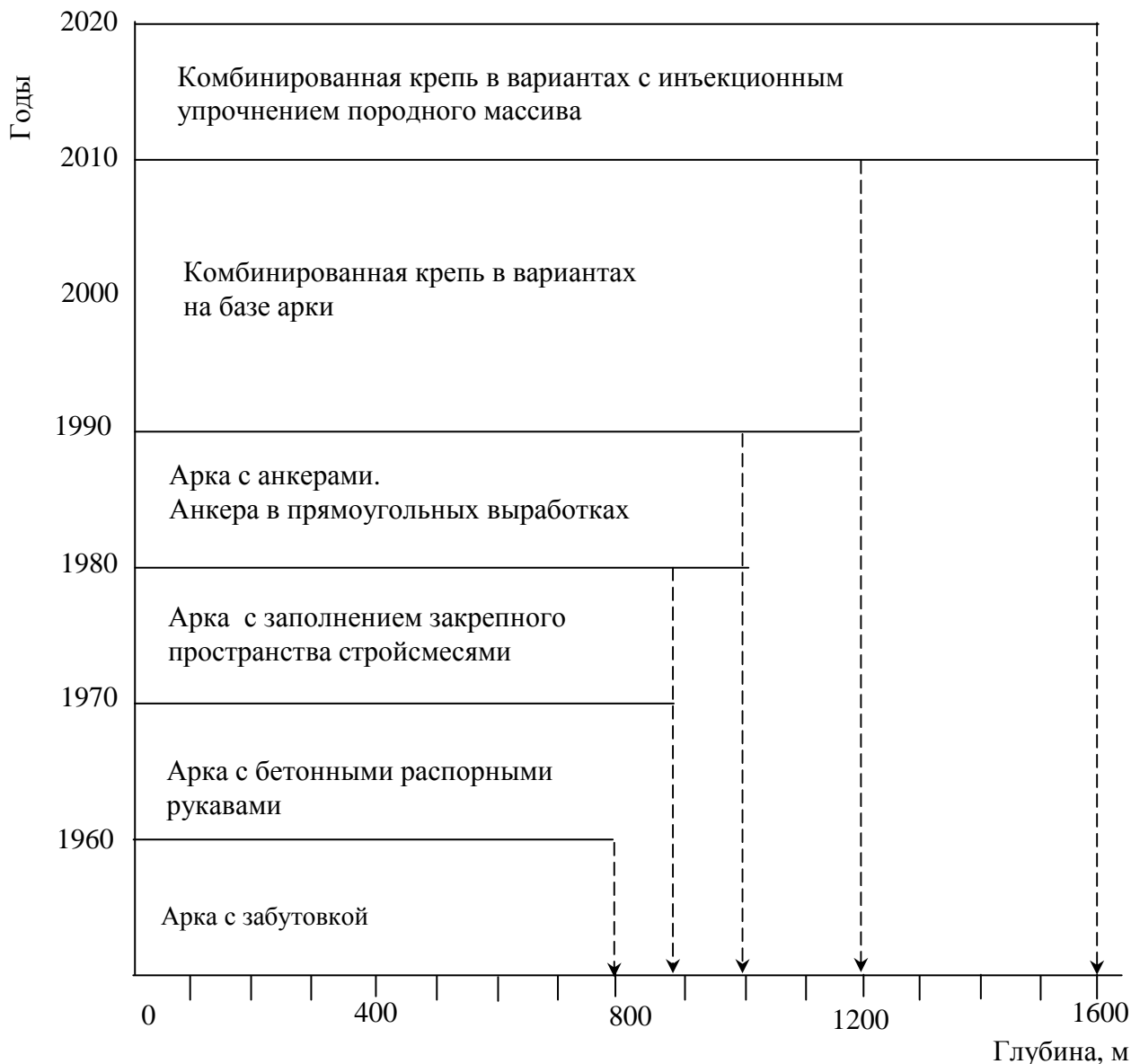
Типовые	НПЦ «Геомеханика»
1. Не препятствуют отрыву и разрушению пород над выработкой, уменьшению зоны неупругих деформаций.	1. Повышают за счет формы эффект сводчатости над выработкой, консолидируют окружающие выработку породы, предотвращая дезинтеграцию массива.
2. Не обеспечивает качественное сочленение элементов крепи, так как изготавливаются методом вальцевания.	2. Обеспечивают надежное соединение элементов крепи, так как изготавливаются методом гидропрессования.
3. В силу п.п. 1 и 2 имеет место внезапная потеря устойчивости выработок и их завалы.	3. В силу п.п. 1 и 2 создается металлопородная охранная конструкция высокой грузонесущей способности, исключая завалы выработок.
4. Не воспринимают асимметричных нагрузок, что приводит к разрыву соединительных элементов и разрушению спецпрофиля.	4. Устойчивы к асимметричным нагрузкам, обеспечивают за счет деформационно-силовых характеристик требуемый режим податливости и высокую степень взаимодействия с породами.
5. Требуют возведения большого количества анкеров (12-15) при работе в комбинированных охранных системах выработок.	5. При линейно-циркульных верхняках для создания комбинированной охранной системы достаточно установить 5-8 анкеров.
6. Расход металла на один погонный метр выработки составляет до 1000 кг, общий расход нового металла – 100 тыс. тонн, трудоемкость перекрепления погонного метра выработки составляет 80-100 чел. дн. – 1000 т, стоимость перекрепления 1 пог. м – 5-9 тыс. грн.; трудозатраты на поддержание выработок более 200 млн. грн.	6. Экономия металла на 1 пог. м выработки составляет 100-120 кг, при переходе на шаг крепления выработок с 0,5 м на 0,67 м. Экономия средств на 1000 т добычи составляет 600-1000 грн. по статье «крепление». Снижение производственных затрат на крепление и поддержание выработок на 20-35%.

Из табл. 1 видно, что типовые крепи не обеспечивают технологический прорыв в креплении выработок ни по эффективности, ни по безопасности. Такой прорыв может быть обеспечен за счет индустриально-инновационных новшеств, создаваемых на базе знаний геомеханики больших глубин. Многочисленные наблюдения на шахтах показывают, что геомеханика больших глубин – это физика больших давлений и больших перемещений пород. Это значит, что рамные металлокрепи должны характеризоваться высокой грузонесущей способностью нарастающего сопротивления и быть комплементарны условиям ожидаемых перемещений пород в полость выработки для их уменьшения.

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует, что перспектива поддержания горных выработок на глубинах 800-1200 м будет связана исключительно с комбинированными охранными системами, главным элементом которых является арочная металлокрепь [3, 4]. В табл. 2 показаны этапы совершенствования охранных конструкций горных выработок на базе арочных металлокрепей [4]. Очевидно, что переход на большие глубины угледобычи обуславли-

вает новые требования к крепям – геомеханические, горно-технологические, экономические и, конечно, требования по обеспечению безопасности поддержания выработок.

Таблица 2 – Этапы применения штрековых крепей в различных комбинациях



Из табл. 2 очевидно, что, если на глубинах 800-1000 м поддержания выработок может быть обеспечено комбинацией рама – анкер - усиливающая конструкция (например, литая приштрековая полоса), то на больших глубинах обязательным элементом охранной системы станет инъекционное упрочнение породного массива и закрепный тампонаж. Подтверждением этому является опыт таких крупных шахт как «Красноармейская-Западная № 1», им. А.Ф. Засядько, «Комсомолец Донбасса» и др., где затруднено поддержание выработок традиционными способами. Отсюда следует два практических вывода: 1) необходимость дальнейшего совершенствования арочных крепей и 2) необходимость во-

зобновления работ по обоснованному применению упрочняющей цементации блочно-трещиноватых пород и тампонажу закрепного пространства. Здесь следует подчеркнуть, что бытующее на шахтах мнение о безпроблемности в технологиях тампонажа далеко не соответствует действительности. Новые особенности геомеханических процессах, имеющих место вокруг выработок, и структурно-фазовых преобразований в породных массивах [5, 6] обуславливают необходимость разработки методики расчета параметров тампонажно-цементационных работ, технологических регламентов их выполнения и, конечно, обоснования методик оценки качества создания таких геокомпозитных систем.

Остановимся на разработках арочных металлокрепей из спецпрофиля СВП. Разработки новых штрековых металлокрепей направлены на решение ключевых задач: снижение общего и удельного расхода металла, повышение долговременной устойчивости выработок за счет большей несущей способности крепей и надлежащего качества их работы с массивом при нарастании их сопротивления, увеличение относительной доли повторно используемых выработок и уменьшение частоты несчастных случаев.

В основу решения указанных задач положена предпосылка 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 исключительно методом гидравлического прессования, что обеспечивает более высокое качество крепи по сравнению с крепями изготавливаемыми методом вальцевания. На сегодня Центр «Геомеханика» является отечественным лидером в производстве металлокрепей по таким технологиям.

Геомеханическая безопасность достигается гармоничной работой крепей с породными массивами за счет рационального выбора их геометрических и деформационно-силовых характеристик. Именно этим достигаются экономичность проходки выработок и эффективность управления горным давлением при минимальных затратах, особенно при поддержании сопряжений «штрек-лава».

Ключевым в разработке новых конструкций арочных крепей является решение двуединой задачи: нахождение аналитического выражения для описания формы разрушения пород вокруг горной выработки и описание формы крепи комплементарной ожидаемой форме зоны неупругих деформаций. Такое проектирование крепей относится к разряду эквидистантных способов.

Используя наши наработки [7], для определенных типов горно-геологических условий обоснованы геометрические параметры и деформационно-силовые характеристики крепей. Принимая во внимание генетическое слоистое строение углепородных толщ и различные углы их залегания, для описания конфигурации контуров разрушенных пород вблизи выработок были использованы так называемые кривые Гутшовена [8], позволяющие описать их в случае различного отклонения от симметричного расположения по нормали к напластованию пород.

За 16 лет функционирования Центра «Геомеханика» разработано 12 различных конструкций крепей, характеристики которых приведены в табл. 3.

Важной составляющей в обеспечении эффективности применения крепей стал отказ от производства их вальцеванием и переход на технологию гидропрессования, которая обеспечивает высокое качество изготовления.

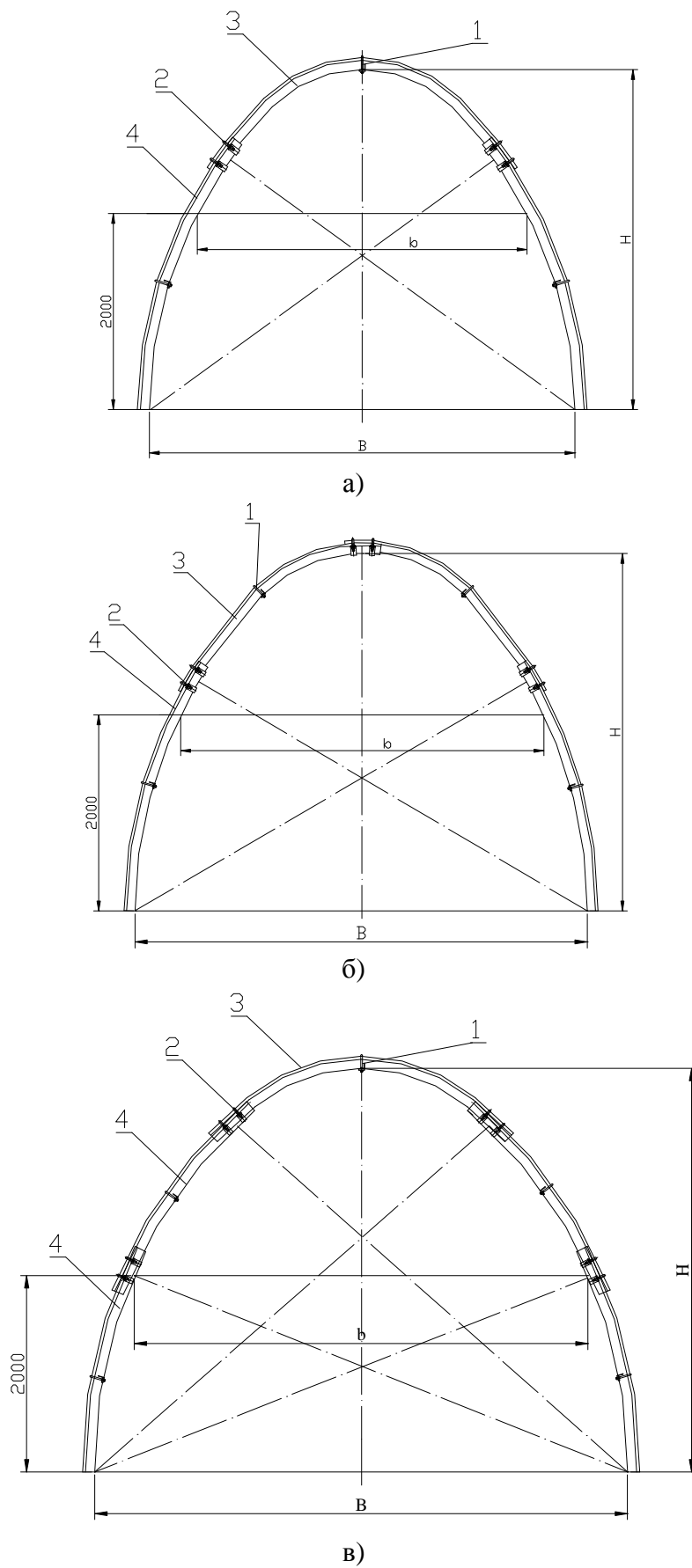
Для безремонтного поддержания магистральных выработок в условиях интенсивного вертикального и горизонтального давления организован выпуск 4-х и 5-ти элементах конструкций крепей с параболической формой стоек и выверенным соотношением радиусов элементов крепи.

Таблица 3 – Рабочие характеристики штрековых металлокрепей, разработанных и выпускаемых НПЦ «Геомеханика»

Тип крепи	Сечение, м ²	Рабочее сопротивление кН/арка	Предельная несущая способность, кН/арка	Масса комплекта, кг
КШПУ-М	6,5-20,3	230-477	380-570	174-402
КЦЛ-Ш	6,3-14,4	230-300	400-670	174-369
КМП-А3Р2	6,6-18,0	420-653	670-990	216-419
КМП-А4Р2	15,9-18,0	450-610	630-870	350-400
КМП-А5Р2	17,1-22,3	418-533	542-818	363-482
КВТ-2	6,4-17,5	251-450	389-750	192-399
КВТ	7,5-17,2	311-452	467-679	318-662
КМК-4	7,9-24,5	270-300	463-671	265-670
КМК-5	23,7-24,5	270-300	470-571	541-670
КПП-3	10,2-11,5	140-160	415-585	212-259
КПП-5	14,7	160-190	500-660	325-401
КЦЛО	7,0-19,1	220-480	463-875	176-407

Для повышения устойчивости выработок, пройденных в пучащих породах, созданы конструкции замкнутых типов крепей, сочленение элементов которых обеспечивает их самозапирание, высокий подпор и предотвращение пучения пород.

К числу новых разработок следует отнести крепи КМП-А3Р2, КМП-А4Р2; КМП-А5Р2, а также крепи КЦЛО и КЦЛО (К). Разработанные крепи характеризуются высокой предельной несущей способностью и возможностью иметь более высокую податливость. Количество сегментов крепи увеличено до 4-5, а в узлах податливости используются замковые соединения, обеспечивающие стабильное зажимное усилие. Новые крепи КМП имеют форму овоида, максимально приближенную к эллипсу. Данная форма является наиболее устойчивой при воздействии на нее всестороннего давления, оказываемого массивом. Конструкции крепей типа КМП приведены на рис 1, а их характеристики даны в табл. 4.



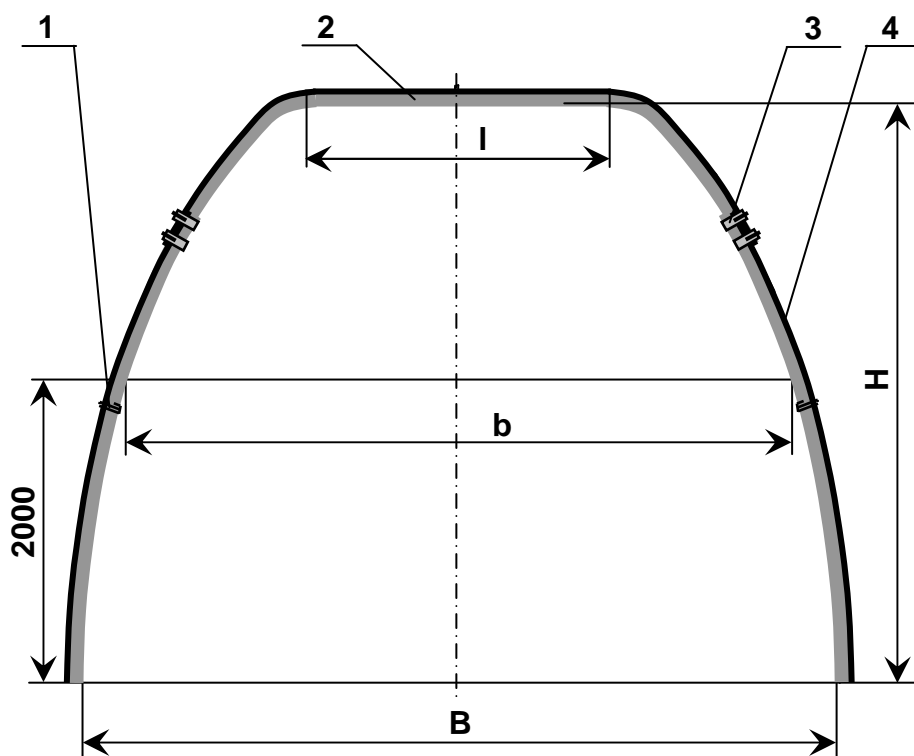
1 – стяжка; 2 – замок; 3 – верхняк; 4 – стойка

Рис. 1 – Конструктивные схемы крепей типа: а) КМП-А3Р2, б) КМП-А4Р2, в) КМП-А5Р2

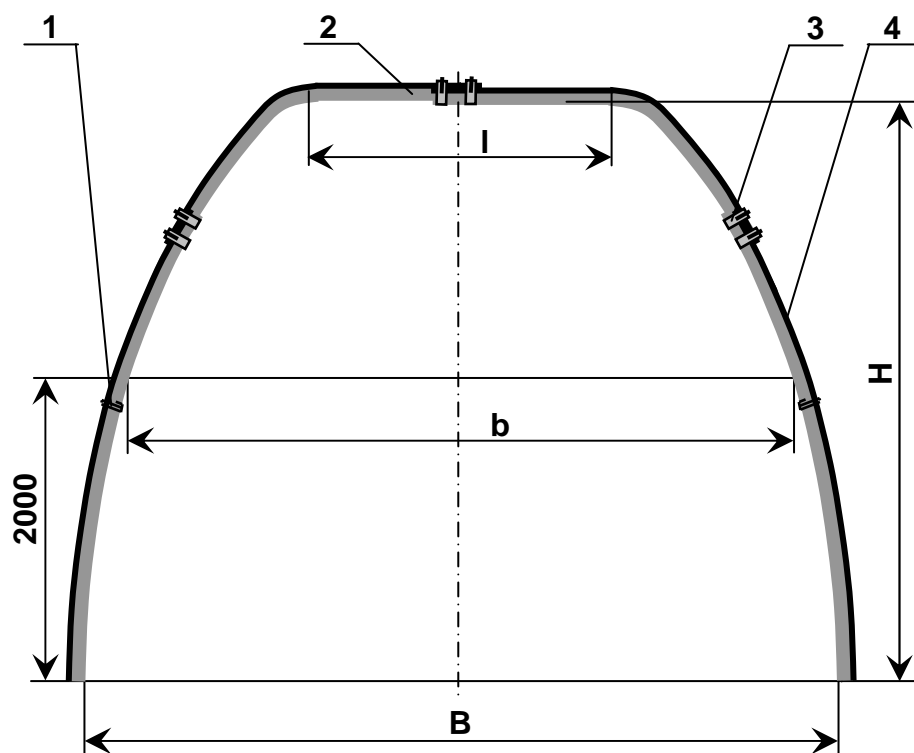
Таблица 4 – Параметры крепей КМП-(А3, А4,А5)Р2

Тип крепи	Сечение рамы в свету, м ²	В мм	Н мм	В мм	Рабочее сопротивление крепи кН/раму	Пределная несущая способность, кН/раму	Тип СВП	Масса спец-профиля рамы
КМП-А3Р2	6,6	3395	2538	1962	783	990	СВП-27	216
	7,7	3665	2790	2310	652	979	СВП-27	230
	10,2	4080	3306	3058	588	882	СВП-27	260
	11,4	<u>4355</u>	<u>3474</u>	<u>3382</u>	<u>380</u>	<u>570</u>	<u>СВП-22</u>	<u>220</u>
		4340	3476	3363	553	830	СВП-27	270
	12,4	4540	3615	3720	520	780	СВП-27	285
	13,3	<u>4700</u>	<u>3666</u>	<u>3806</u>	<u>497</u>	<u>745</u>	<u>СВП-27</u>	<u>285</u>
		4685	3656	3788	653	980	СВП-33	352
	14,1	<u>4835</u>	<u>3793</u>	<u>3969</u>	<u>480</u>	<u>720</u>	<u>СВП-27</u>	<u>296</u>
		4825	3788	3953	627	940	СВП-33	366
15,5	<u>5065</u>	<u>4007</u>	<u>4242</u>	<u>447</u>	<u>670</u>	<u>СВП-27</u>	<u>312</u>	
	5055	4002	4230	593	890	СВП-33	386	
16,1	<u>5160</u>	<u>4095</u>	<u>4353</u>	<u>420</u>	<u>630</u>	<u>СВП-27</u>	<u>323</u>	
	5145	4036	4294	573	860	СВП-33	386	
18,0	<u>5470</u>	<u>4380</u>	<u>4713</u>	<u>420</u>	<u>630</u>	<u>СВП-27</u>	<u>339</u>	
	5470	4366	4713	573	860	СВП-33	419	
КМП-А4Р2	15,9	<u>5130</u>	<u>4005</u>	<u>4287</u>	<u>457</u>	<u>640</u>	<u>СВП-27</u>	<u>326</u>
		5160	3988	4279	610	870	СВП-33	402
	18,0	<u>5470</u>	<u>4364</u>	<u>4713</u>	<u>450</u>	<u>630</u>	<u>СВП-27</u>	<u>353</u>
5470		4350	4713	610	860	СВП-33	436	
22,0	<u>5858</u>	<u>4577</u>	<u>5279</u>	<u>420</u>	<u>588</u>	<u>СВП-27</u>	<u>373</u>	
	5858	4577	5279	570	803	СВП-33	461	
КМП-А5Р2	17,1	<u>5437</u>	<u>4115</u>	<u>4230</u>	<u>395</u>	<u>592</u>	<u>СВП-27</u>	<u>349</u>
		5437	4115	4230	573	818	СВП-33	432
	18,9	<u>5822</u>	<u>4289</u>	<u>4597</u>	<u>418</u>	<u>586</u>	<u>СВП-27</u>	<u>363</u>
5822		4289	4597	533	799	СВП-33	449	
22,3	<u>6319</u>	<u>4658</u>	<u>5160</u>	<u>387</u>	<u>542</u>	<u>СВП-27</u>	<u>390</u>	
	6319	4658	5160	493	739	СВП-33	482	

Одним из направлений нашей работы является разработка крепей с циркульно-линейным верхняком (КЦЛ). Крепь КЦЛ имеет две модификации: КЦЛ (О) – овоидного типа и КЦЛ (Ш) – шатрового типа. Крепь КЦЛ (О) имеет 9 типоразмеров в трехэлементном исполнении и 5 – типоразмеров – в четырехэлементном. Для выработок с плоской кровлей сечением 17,2 м² разработана отдельная модификация КЦЛ-17,2 с удлиненным верхняком. Конструкции трех и четырехэлементной крепи КЦЛ (О) показаны на рис. 2.



1 – стяжка, 2 – верхняк, 3 – замок, 4 – стойка



1 - стяжка, 2 – элемент верхняка, 3 – замок, 4 – стойка

Рис. 2 – Конструкция 3-х (а) и 4-х (б) элементной крепи КЦЛ (О).

Характеристики наиболее широко применяемых типов этих крепей приведены в табл. 5.

Таблица 5 – Характеристики типоразмеров и четырехэлементной крепи КЦЛ (О)

Тип крепи	Сечение в свету, м ²	Линейный размер, мм				Сопротивление рамы, кН		Тип СВП	Масса рамы, кг
		Н	В	б	І	рабочее	предельное		
3-х элем.	15,6	3812	4923	4269	1900	240	617	27	312
						288	740	33	386
	16,1	4353	5160	4011	842	420	600	27	315
						504	720	33	389
	18,0	4060	5427	4730	1900	240	554	27	329
						288	664	33	407
4-х элем.	16,0	3391	5463	4702	2650	240	544	27	325
						288	653	33	402
	17,3	3391	5863	5102	3050	240	520	27	336
						288	624	33	415
	18,0	3391	6063	5302	3250	240	490	27	336
						288	588	33	415

Практика применения крепей КЦЛЮ показала, что они значительно упрощают задачи поддержания сопряжений «штрек-лава» и является более комплексными для создания комбинированных охранных систем выработок с использованием анкерров. Наличие циркульно-линейного верхняка в крепи обеспечивает повышение ее сцепления с породами кровли, своевременное его вовлечение в активную работу, чем улучшаются условия нагружения крепи со стороны кровли и боков выработки. За счет формы верхняка улучшена характеристика крепи в части статической несущей способности и повышена восприимчивость ее к возможным динамическим нагрузкам со стороны кровли.

Характеристики крепи КЦЛ (Ш) для больших сечений выработок приведены в табл. 6.

Таблица 6 – Характеристики некоторых типоразмеров шатровой крепи КЦЛ (Ш)

Сечение в свету, м ²	Линейный размер, мм				Сопротивление рамы, кН		Тип СВП	Масса рамы, кг
	Н	В	б	І	рабочее	предельное		
14,4	3719	4644	4000	800	270	560	СВП-27	298
	3710	4657	3993	800	300	670	СВП-33	369
15,1	3565	5217	4393	800	268	490	СВП-27	298
	3556	5223	4382	800	268	586	СВП-33	369
17,7	4371	5697	5142	800	268	490	СВП-27	325
	4362	5707	5137	800	268	586	СВП-33	402

Как видно из сопоставления данных таблиц 5 и 6, в крепи КЦЛ (Ш) для указанных типоразмеров крепи линейный участок верхняка составляет 0,8 м, в то время как для 3-х элементной крепи КЦЛ (О) он изменяется от 0,842 до 1,9 м, а для КЦЛ (О) – 4-х элементной варьирует в пределах 2,65-3,25 м. Такой диапазон изменения параметров крепей типа КЦЛ позволяет осуществить их рацио-

нальный выбор для условий с легко-средне- и труднообрушающихся кровель угольных пластов.

В определенных условиях, чаще, когда высокая прочность пород кровли угольного пласта проходка выработок осуществляется под кровлю. Реже такой способ проходки применяется, когда стремятся минимизировать присечку пород, формируя плоскую кровлю. Для таких условий разработана и выпускается крепь КЦЛО (косонаклонная), конструкция которой показана на рис. 3, а рабочие характеристики приведены в табл. 7.

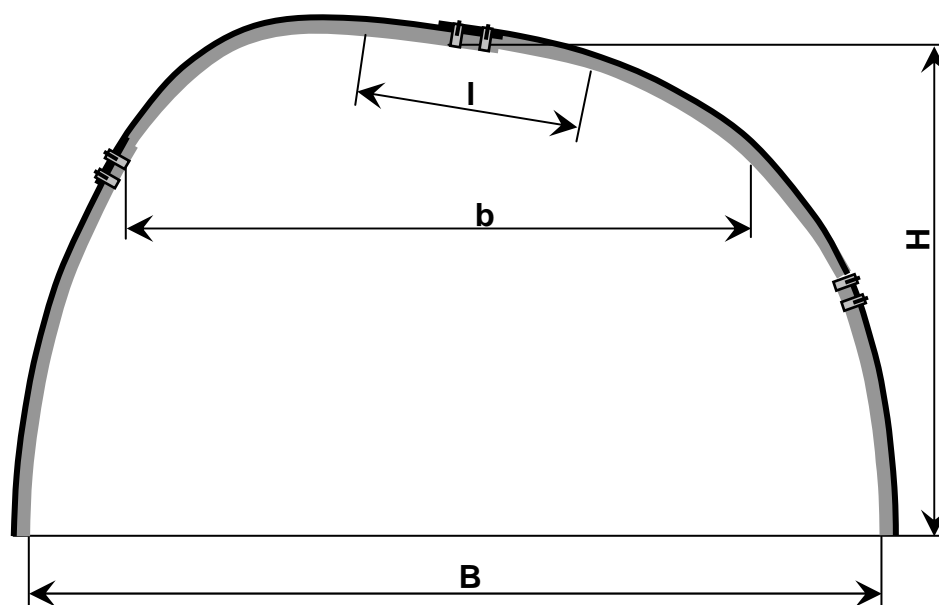


Рис. 3 – Крепь КЦЛО (косонаклонная)

Таблица 7 – Параметры крепи КЦЛО (косонаклонная)

Наименование крепи	H, мм	B, мм	b, мм	L, мм	Рабочее сопротивление крепи, кН/арку	Предельная несущая способность кН/арку	Тип СВП	Масса профиля рамы, кг
КЦЛО-13,3	3200	4700	4350	800	240	620	27	290
КЦЛО-14,6	2955	5200	4830	1586	240	567	27	315,5
КЦЛО-16,8	3340	5960	5130	1858	240	491	27	340
					288	589	33	420

Разработанные крепи применяются на шахтах объединений «Павлоград-уголь», «Красноармейскуголь», «Свердловантрацит», «Краснодонуголь», «Волыньуголь», «Дзержинскуголь», а также на шахте «Красноармейская-Западная

№ 1», «Новодзержинская», им. А.Г. Стаханова, им. А.А. Скочинского и др. В настоящее время опытные партии крепей испытываются на шахтах Российской Федерации, Болгарии и Ирана.

Длительными наблюдениями на шахтах установлены геомеханические и экономические преимущества разработанных крепей. В частности установлено, что новые конструкции арочных крепей уменьшают в 1,5-2,0 раза асимметрию нагрузок, обеспечивают формирование консолидированной грузонесущей ох-

ранной конструкции «крепь-массив». Так, если на участках с типовой крепью приконтурные породы имеют скорость упругих волн 2-3 тыс. м/сек, то на участках с новой крепью степень уплотнения пород оценивается величиной указанной скорости в интервале 3-5 тыс. м/сек. В максимуме отношение скоростей достигает 2,5-3,0. Формирование консолидированной оболочки из пород изменяет характер разрушения пород над выработкой. По наблюдениям на глубинных реперных станциях установлено, что применение новых крепей в 3-4 раза уменьшает расслоение пород над выработкой, что способствует существенному повышению ее устойчивости.

Обработкой статических данных по затратам на крепление и поддержание выработок выявлены такие данные. Если при типовых крепях на перекрепление 1 пог.м выработки тратится 5-9 тыс. грн., то при использовании разработанных крепей такие затраты в основном связаны с устранением пучения пород и в среднем в 2,5-3,0 раза ниже указанных. Расчеты по определению плотности крепи показали, что даже в сложных условиях поддержания выработок крепи обеспечивают переход на шаг крепи с 0,5 на 0,67 м, что позволяет получить экономию металла 100-120 кг на погонный метр выработки. В целом применение новых крепей позволяет снизить производственные затраты на крепление и поддержание выработок на 20-30%.

Определяя перспективу дальнейших разработок в контексте решаемой задачи, следует определить такие направления:

1) обоснование эффективных форм крепи с учетом решения двуединой задачи: обеспечение устойчивости пород над выработкой и эпицентральных зон со стороны лавы;

2) организация выпуска нового спецпрофиля для шахтных крепей;

3) неотъемлемой задачей повышения эффективности работы крепей должна стать масштабная организация системного мониторинга выработок на базе геофизической диагностики и неразрушающего контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Паламарчук Т.А., Кириченко В.Я., Усаченко Б.М. Элементы механосинергетики породного массива. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2006. – 308 с.
2. Кириченко В.Я. Крепи нового технического уровня – главная предпосылка повышения показателей поддержания горных выработок // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць, ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 66. – с. 31-38.
3. Байсаров Л.В., Ильяшов М.А., Демченко А.И. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых горных выработок. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2005. – 240 с.
4. Глюкауф, 2008. - № 2 (3). – с. 28-33.
5. Открытие № 188. Явление образования перемещающихся нарушенных зон в напряженных горных породах / В.Я. Кириченко, Е.Л. Звягильский, А.В. Лишин, Б.М. Усаченко, Ю.М. Халимендик // Научные открытия «Сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез». – Заявлено 1-02.01. – М., 2001, РАЕН. – 2002. – С. 62-63.
6. Открытие № 318. Закономерность самоорганизации грунтовых и породных массивов вокруг протяженных подземных выработок / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, В.В. Левит, Т.А. Паламарчук, В.Н. Сергиенко, В.Б. Усаченко, А.А. Яланский // Сборник «Научные открытия, идеи, гипотезы (1992-2007). Информационно-аналитический обзор. – М.: МААННОЕ, 2008. – с. 298-299.
7. Кириченко В.Я., Рубец Г.Т., Соколовский В.И. Аналитическое описание зон разрушения пород вокруг длительно эксплуатируемых горных выработок // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць, ІГТМ НАН України. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 61. – С. 149-173.