

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.28

А.В. Ремезов, В.В. Егошин, Д.Н. Макшанкин, В.П. Белов, В.А. Лидер

ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ШАХТНОГО ПРОФИЛЯ ШП НАД ПРОФИЛЕМ СВП, В ТОМ ЧИСЛЕ В СОЧЕТАНИИ С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ

За последние годы на шахтах Кузбасса наметился прогресс в области крепления подготовительных выработок. Все большее распространение получают металлические рамные и анкерные крепи, на долю кото-

рых приходится свыше 25 и 50% от общих объемов крепления выработок различного назначения и сроках службы. Металлическими рамными (арочными и трапециевидными) крепями ежегодно крепится 105-

110 км выработок, в том числе 85-90 км вскрывающих и подготавливающих выработок арочной формы сечением в свету 9-19,2 м². В настоящее время металлическими рамными крепями поддерживается свыше 65%

Таблица 1
Размеры поперечных сечений профилей ШП и СВП

Тип профиля	Номер профиля	Размеры, мм					
		высота профиля, <i>h</i>	высота фланцев, <i>h</i> ₁	ширина профиля, <i>b</i>	ширина днища, <i>b</i> ₁	толщина днища, <i>d</i>	толщина стенок, <i>d</i> ₁
ШП	13	68,0	5,8	242,1	105,0	5,8	4,0
СВП	14	88,0	21,0	121,0	55,0	7,8	5,4
ШП	16	74,0	6,3	260,4	114,0	6,3	5,0
СВП	17	94,0	23,0	131,5	60,0	8,5	5,7
ШП	18	82,0	6,5	294,1	130,8	6,5	5,0
СВП	19	102,0	24,0	136,0	60,0	9,5	6,0
ШП	21	88,0	7,0	286,2	124,0	7,0	5,0
СВП	22	110,0	25,6	145,5	60,0	11,0	6,2
ШП	26	98,4	8,0	309,2	133,0	8,0	7,0
СВП	27	123,0	29,0	149,5	59,5	13,0	7,1
ШП	32	109,6	10,0	317,6	133,0	10,0	8,0
СВП	33	137,0	32,0	166,0	66,0	14,5	7,9

Таблица 2
Техническая характеристика профилей ШП и СВП

Тип профиля	Номер профиля	Площадь поперечного сечения, <i>F</i> , см ²	Вес 1 п.м., <i>G</i> , кг/м	Момент сопротивления, см ³		Момент инерции, см ⁴	
				<i>W</i> _x	<i>W</i> _y	<i>J</i> _x	<i>J</i> _y
ШП	13	20,99	13,46	39,44	66,25	134,12	801,96
СВП	14	18,7	14,7	40,7	46,1	181,0	282,3
ШП	16	17,11	16,51	51,16	87,02	189,31	1133,08
СВП	17	21,73	17,1	50,3	57,9	243,0	382,3
ШП	18	23,95	18,84	65,9	96,58	270,22	1420,28
СВП	19	24,44	19,2	61,3	67,0	322,8	464,0
ШП	21	26,68	20,99	75,45	123,72	332,02	1770,0
СВП	22	27,91	21,9	74,8	77,8	428,6	566,3
ШП	26	33,47	26,33	104,6	165,7	514,64	2561,7
СВП	27	34,37	27,0	100,2	110,5	646,1	731,5
ШП	32	41,82	32,9	142,32	204,87	779,92	3253,3
СВП	33	42,53	33,39	138,5	148,0	999,5	1228,0

всех выработок в бассейне с длительным сроком службы.

Металлические рамные крепи изготавливают из специальных взаимозаменяемых профилей СВП14, СВП17, СВП19, СВП22, СВП27 и СВП33. В Кузбассе предприятия-изготовители используют три типоразмера спецпрофилей СВП17, СВП22 и СВП27.

Металлическая трапециевидная крепь состоит из верхняка, двух стоек и двух-трех стяжек для соединения друг с другом отдельных рам сечением в свету 5 и 6,8 м², выполненных соответственно из профилей СВП17 и СВП22.

Металлическая трехзвенная арочная крепь состоит из отдельных арок, устанавливаемых в выработках с шагом 0,5-1м и соединяемых между собой трёх-четырьмя межрамными стяжками из уголка 63х63х5 мм. Арка трехзвенной крепи состоит из дугообразного верхняка и двух дугообразных стоек с подпятниками. Соединение верхняка со стойками производится внахлестку при помощи четырех резьбовых замков, включающих скобу, прямую планку и две гайки. Крепь рассчитана на 6 сечений выработок 8; 9; 10; 12,9; 16,2; 19,2 м². Специальный взаимозаменяемый профиль СВП17 применяется для изготовления арочных крепей выработок сечением в свету 9 и 10 м², профиль СВП22 – для крепей выработок сечением 10, 12,9 и 16,2 м², профиль СВП27 – для крепей выработок 12,9; 16,2 и 19,2 м².

Металлические рамные крепи применяются для крепления горизонтальных и наклонных (до 35°) породных и пластовых выработок трапециевидной формы при вертикальных смещениях горных пород до 100 мм и арочной формы при вертикальных смещениях горных пород до 350-400 мм.

Применяемые в настоящее время конструкции металлических рамных крепей не удовлетворяют современным требова-

ниям производства. Основными недостатками этих крепей из спецпрофиля СВП является низкая несущая способность в податливом режиме, высокое аэродинамическое сопротивление, низкая устойчивость рам, сравнительно большой объем извлечения излишней горной массы для размещения арок или рам, незначительная площадь поддержания горных пород по контуру выработки, что требует установки рам с уменьшенным шагом.

Одним из направлений существенного роста эффективности горно-подготовительных работ является снижение трудоемкости и стоимости крепления и поддержания подготовительных выработок. В этой связи вопросы совершенствования металлических рамных крепей горных выработок для улучшения их эксплуатационных качеств и повышения несущей способности, надежности и экономичности являются весьма актуальными.

Для устранения отмеченных недостатков предлагается использовать «Шахтный профиль ШП» для изготовления металлических крепей горных выработок», на который выдан авторам В.В.Егошину и Д.Н. Макшанкину патент на изобретение №2191902. Размеры поперечного сечения шахтных профилей и их техническая характеристика приведены в табл. 1 и 2.

Сравнивая размеры поперечного сечения и справочные значения стандартного и нового профилей можно отметить следующее. В шахтном профиле ШП по сравнению с горячекатанным профилем СВП уменьшены высота профиля на 20-27,4 мм, толщина фланцев на 15,2-22 мм, толщина днища на 2-5 мм и толщина стенок профиля на 0,1-1,4 мм, но увеличены ширина профиля по фланцам на 121,1-151,6 мм и ширина днища профиля на 50-70,8 мм.

В результате внесенных изменений представилось возможным получить профиль с

более высокими значениями моментов сопротивления по осям Х и У при одновременном снижении площади поперечного сечения на 0,49-1,23 см² и веса 1 м профиля на 0,36-0,91 кГ. По аналогии с горячекатанным профилем СВП предлагается шесть номеров профиля ШП13, ШП16, ШП18, ШП21, ШП26 и ШП32 взамен профилей СВП14, СВП17, СВП19, СВП22, СВП27 и СВП33, которые на достигнутой глубине разработки сохраняют устойчивость и не изменяют свою геометрическую форму при осадках крепи до 100-300 мм в выработках сечением в свету от 5 до 19,2 м². Новый профиль проката по основным показателям качества не уступает профилю СВП и может использоваться для изготовления металлических трапециевидных и трехзвенных арочных податливых крепей, предназначенных для крепления и поддержания горизонтальных и наклонных (до 35°) породных и пластовых выработок сечением в свету 5-19,2 м², располагаемых вне зоны и в зоне влияния очистных работ.

Для принятия обоснованного решения и уточнения силовых параметров крепей из профилей ШП и СВП выполнены расчеты несущей способности рам и арок по установленным зависимостям:

а) для металлических трапециевидных рам

$$P_p = \frac{5,3 \cdot F \cdot w_x \cdot G_{uzg}}{100 \cdot S \cdot B} \cdot \sqrt[4]{\frac{W_x}{W_y}}$$

б) для трехзвенных податливых арок

$$P_a = \frac{50 \cdot F \cdot W_x \cdot G_{uzg}}{S \cdot (B + 0,2R) \cdot (\alpha + 2\beta)} \cdot \sqrt[4]{\frac{W_x}{W_y}}$$

где G_{uzg} – предел прочности материала рам или арок на изгиб. Основные несущие элементы рам и арок изготавливают из стали марки Ст.5 с $G_{uzg} = 2800$ кГ/см² ($28 \cdot 10^4$ кПа);

S – площадь поперечного сечения рам и арок в свету, м². Расчет выполняется для выработок сечением в свету 5; 6,8; 9;

10; 12,9; 16,2 и 19,2 м²;

B – ширина рамы или арок в свету по почве выработки. Для выработок сечением в свету 5; 6,8; 9; 10; 12,9; 16,2 и 19,2 м² ширина рам или арок равна соответственно 3,1; 3,7; 3,815; 4,15; 4,665; 5,655 и 5,855 м;

R – радиус изгиба стоек арочной крепи, м. Для выработок сечением в свету 9; 10; 12,9; 16,2 и 19,2 м² радиусы изгиба стоек равны соответственно 2,05; 2,12; 2,775; 3,071 и 3,457 м;

α – центральный угол верхняка арочной крепи, град. Для арок сечением в свету 9 и 10 м² центральный угол $\alpha = 96^0$, для арок сечением в свету 12,9 м² центральный угол $\alpha = 103^0$, а для арок сечением в свету 16,2 и 19,2 м² центральный угол $\alpha = 94^0$;

β – центральный угол стоек арочной крепи, град. Для арок сечением в свету 9 и 10 м² центральный угол $\beta = 50^0$, а для арок сечением в свету 12,9; 16,2 и 19,2 м² центральный угол $\beta = 49^0$.

В табл. 3 и 4 приведены расчетные и фактические значения несущей способности металлических рамных крепей из профилей ШП и СВП.

Из сравнении результатов расчета табл. 3 и 4 видно, что переход на облегченные профили ШП взамен профилей СВП сопровождается с некоторым снижением несущей способности трапециевидных и арочных рам при значительном улучшении схемы взаимодействия последних с окружающим выработку углевмещающим массивом за счет увеличения площади поддержания горных пород по контуру выработки при одновременном уменьшении расстояния между фланцами крепи смежных рам на 0,13-0,18 м и увеличении предельной устойчивости рам и, как следствие, улучшением условий поддержания выработок. Переход на облегченные профили ШП обеспечивает также снижение затрат на возведение крепи.

Таблица 3
Несущая способность металлических рамных крепей из профиля СВП

Номер профиля	Сечение выработки в свету, S	Типоразмер крепи	Несущая способность крепи, кН	
			расчетная	фактическая
17	5,0	KMT3-17	109	103-106
22	6,8	KMT5-22	131	113-120
17	9,0	A9-17	198	200-206
17	10,0	A10-17	165	179-198
22	10,0	A10-22	323	259-279
22	12,9	A13-22	214	209-229
27	12,9	A13-27	357	310-335
27	16,2	A16-27	243	240-252
27	19,2	A19-27	197	204-216

Таблица 4
Несущая способность металлических рамных крепей из профиля СВП

Номер профиля	Сечение выработки в свету, S	Типоразмер крепи	Расчетная несущая способность крепи, кН
16	5,0	KMT3-16	80
18	5,0	KMT3-18	148
18	6,8	KMT5-18	91
21	6,8	KMT5-21	113
16	9,0	A9-16	143
18	9,0	A9-18	269
16	10,0	A10-16	119
18	10,0	A10-18	224
21	10,0	A10-21	277
21	12,9	A13-21	184
26	12,9	A13-26	322
26	16,2	A16-26	224
26	19,2	A19-26	181
32	19,2	A19-32	315

Увеличение ширины профиля ШП позволяет уменьшить шаг установки крепи на 0,1-0,15 м. Полученная при этом экономия металла обеспечивает возможность использования сталеполимерных анкеров, устанавливаемых между рамами крепи при сохранении металлоемкости выработок. Принятие этого технического решения позволяет повысить несущую способность комбинированной рамно-анкерной крепи в 2-3 раза по сравнению с соответствующим профилем типа СВП.

Несущая способность комбинированной крепи, включающей анкеры, расположенные в промежутках между ра-

мами или арками, расстояние между которыми увеличено на 20% по сравнению с шагом установки крепи из профиля СВП, определяется из выражения

$$P_{ком} = \frac{P_p + n \cdot P_a}{1,2 \cdot L}, \text{ кН / м},$$

где P_p – несущая способность рамной крепи из профиля ШП;

n – количество анкеров в ряду, устанавливаемых между рамами или арками крепи поддерживающего типа, шт;

P_a – допускаемая нагрузка на сталеполимерную анкерную крепь, кН. Для анкеров, изготовленных из стали Ст.3 допускаемая нагрузка принимается равной 75 кН, а для анкеров из

проката винтового профиля, изготавливаемых из стали А400С - 110 кН.

Используя 2 анкера в комбинации с арочной крепью сечением в свету 9 м² из профиля ШП16, получаем

$$P_{ком} = \frac{143 + 2 \cdot 110}{1,2 \cdot 0,8} = 378 \text{ кН / м}$$

что в 1,9 раза превышает несущую способность арки из спецпрофиля СПВ17 сечением в свету 9 м². Другими словами при одинаковой металлоемкости сравниваемых крепей комбинированная крепь с профилем ШП обеспечивает существенное повышение несущей способности крепи горных выработок, что является весьма перспективным направлением совершенствования крепи горных выработок. Перспективным направлением развития работы является также переход на более тяжелые профили ШП. Так, с переходом на более тяжелый профиль ШП18 вместо профиля СПВ17 повысится несущая способность трапециевидных и арочных рам на 36% при увеличении их массы не более чем на 11%. Поскольку развитие горных работ неизбежно сопровождается увеличением глубины разработки, и как следствие, ухудшением горно-геологических условий эксплуа-

тации выработок и ростом горного давления рекомендуется в дальнейшем разработать дополнительно параметрический ряд утяжеленных профилей ШП15, ШП23 и ШП28 взамен профилей СПВ14, СПВ22 и СПВ27.

В результате проведенной оценки состояния рассматриваемого вопроса и выполненных расчетов установлено следующее.

1. Предлагаемые шахтные профили ШП могут успешно использоваться для изготовления металлических трапециевидных и трехзвенных арочных податливых крепей сечением в свету 5-19,2 м² при вертикальных смещениях горных пород соответственно до 100 и 400 мм.

2. Металлические рамы из облегченных широкополочных профилей ШП16, ШП21 и ШП26 обеспечивают улучшение условий поддержания горных выработок и снижения материальных и трудовых затрат на их крепление. Рациональная область применения крепей из профилей ШП16, ШП21 и ШП26 – выработки с умеренным горным давлением (25-50 МПа). В выработках с повышенным горным давлением целесообразно рамной крепи из профиля ШП устанавливать в сочетании с сталеполимерной

анкерной крепью, возводимой между рамами трапециевидной и арочной формы, что позволяет увеличить расстояние между рамами на 10-20% и повысить при меньшей металлоемкости изделия несущую способность крепи в 2-3 раза, что является весьма перспективным направлением дальнейшего развития работы.

3. В связи с неуклонным ростом глубины разработки, ухудшением условий эксплуатации выработок и повышением интенсивности проявлений горного давления рекомендуется в дальнейшем развитие работы по созданию утяжеленных (по сравнению с профилем СПВ17) профилей ШП18, ШП23 и ШП28, что обеспечит возможность получения металлических рам с повышенной на 35% несущей способностью.

4. Наряду с перечисленными преимуществами шахтного профиля ШП следует отметить еще одно достоинство, которое выражается в увеличении ширины фланцев, придающих металлическим рамам большую продольную устойчивость и повышенную площадь поддержания горных пород по контуру выработки.

□ Авторы статьи:

Ремезов
Анатолий
Владимирович
– докт. техн. наук,
проф. каф. РМПИ

Егошин
Воля
Васильевич
– докт. техн. наук,
проф. каф. РМПИ

Макшанкин
Денис
Николаевич
– аспирант каф.
РМПИ

Белов
Валентин
Петрович
– канд. техн. наук,
ген. директор ЗАО
"КузНИУИ"

Лидер
Владимир
Алексеевич
– канд. техн. наук,
зам. зав. ЦТГР ЗАО
"КузНИУИ"

УДК 622.831.32.

В.А. Редькин

СПОСОБ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫРАБОТОК БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ НА УДАРООПАСНЫХ УЧАСТКАХ МАССИВА

С целью предотвращения горных ударов при проведении выработок большого сечения и снижения себестоимости горно-проходческих работ предложен способ, позволяющий снизить удароопасность массива за счет

замены предохранительного целика между параллельными выработками податливой железобетонной перегородкой, образованной при проходке выработки симметричными боковыми уступами.

Предлагаемый способ представлен на рисунке, сущность которого заключается в том, что вместо двух параллельных выработок осуществляют проходку одной выработки увеличенного сечения.