

**НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ШТРЕКОВЫХ МЕТАЛЛОКРЕПЕЙ  
ИЗ СПЕЦПРОФИЛЯ СВП**

Викладені результати лабораторних досліджень штрекових металокріплень, та наведені їх деформаційно-силові характеристики.

**LOAD-CARRYING ABILITY OF DRIFTIC METAL TIMBERS FROM  
SPECIAL SHAPE**

Results of laboratory research of driftic metal timbers are recounted and its deformative-force characteristic are given.

Важнейшими характеристиками штрековых металлокрепей из спецпрофиля СВП являются податливость и несущая способность в податливом и жестком режимах. Разработанные и выпускаемые крепи Западно-Донбасским научно-производственным центром «Геомеханика» прошли стендовые испытания в лаборатории проведения и поддержания горных выработок ДонУГИ (Аттестат акредитации № 714 от 24.05.2004 г.). Испытания проведены на вертикальном стенде для крепей натуральных размеров по специальной методике. Испытаны крепи типа КВТ (9,8; 11,2; 7,5 м<sup>2</sup>), КЦЛ (11,7 м<sup>2</sup>), КМП-АЗР2 (11,4 м<sup>2</sup>) и КЦЛО (11,2 м<sup>2</sup>). Полагаю, что изложенные результаты будут полезны исследователям, проектировщикам и эксплуатационникам шахт.

Остановимся на результатах испытаний. Разработанная и выпускаемая Центром «Геомеханика» крепь КЦЛО обеспечивает комбинированное крепление выработок рамной и анкерной крепью. Крепь (рис.1) представляет собой раму с плоскоизогнутым верхняком и наклонными радиальноизогнутыми стяжками.

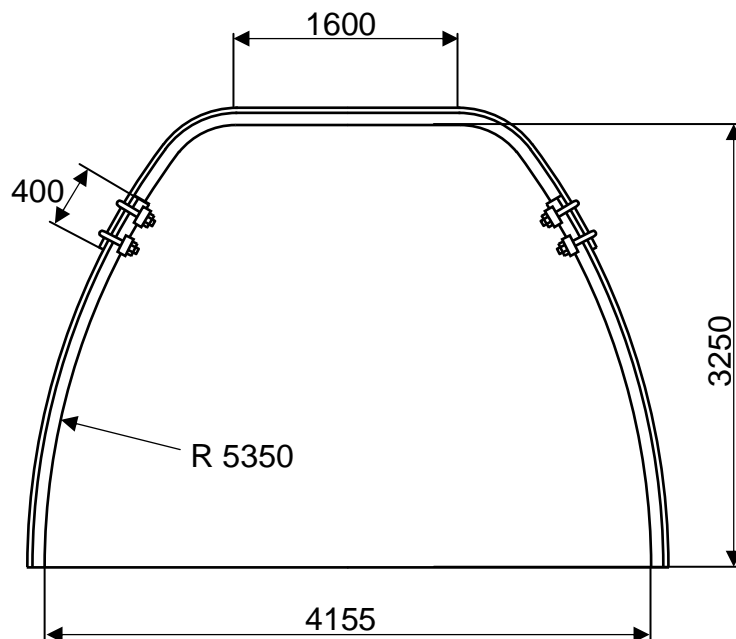


Рис. 1 – Крепь КЦЛО 11,2.

Центром разработано 16 типоразмеров крепи, в том числе 11 типоразмеров – трехэлементная и 5 – четырех элементная. Формирование плоской кровли выработки под крепь обеспечивает эффективное применение анкерной крепи.

Испытанию была подвержена крепь податливая трехзвенная КЦЮ-1,2 сечением 11,2 м<sup>2</sup> в количестве двух комплектов.

Рама крепи (рис. 1) состоит из двух стоек с длиной заготовки 3000 мм и радиусом изгиба 5350 мм, верхняка с длиной заготовки 3950 мм, состоящего из трех сопрягающихся прямолинейных участков: среднего длиной 1600 мм и двух боковых длиной по 550 мм, четырех замков по чертежу АПЗ.030. Стойки и верхняк изготовлены из профиля СВП22 ГОСТ 18662-83, материал сталь углеродистая обыкновенного качества марки Ст5пс. Соединение рам между собой осуществляется с помощью трех типовых стяжек.

В соответствии с методикой рамы крепи нагружались двумя вертикальными сосредоточенными силами на расстоянии 1035 мм в обе стороны от оси рамы.

Результаты испытаний крепи приведены в табл. 1 ( $\Delta H$ , мм – уменьшение высоты крепи,  $P$ , кН – сопротивление крепи,  $C$ , мм – суммарное увеличение нахлесток в соединениях стоек с верхняком).

Таблица 1 – Результаты испытания крепи КЦЮ

№ рамы	1			2		
	$\Delta H$	$P$	$C$	$\Delta H$	$P$	$C$
	33	189,0	45	34	145,1	45
	62	173,2	95	65	154,9	75
	108	189,1	170	122	172,6	230
	155	169,2	250	162	215,3	290
	200	291,1	280	208	123,6	380
	246	214,8	410	248	188,0	440
	275	222,7	460	305	211,4	540

Обе рамы подавались от нагрузки относительно равномерно, но со значительными последовательными перекосами и выпрямлением соединительных замков. При уменьшении высоты рамы № 2 на 170 мм верхний замок на одном из ее соединений разгрузился, вследствие чего сопротивление рамы снизилось до 123 кН. Такая разгрузка верхних замков нередко отмечается при работе крепей с замками АПЗ.030 и не связано с конструкцией конкретной крепи.

Обработка результатов испытаний позволила установить, что рабочее сопротивление крепи при уменьшении высоты арок на 300 мм составило 244 и 196 кН/раму, а предельная несущая способность 882 и 830 кН/раму (при принятой схеме нагружения и пределе текучести материала звеньев 315 МПа).

Рабочая характеристика крепи показана на рис. 2.

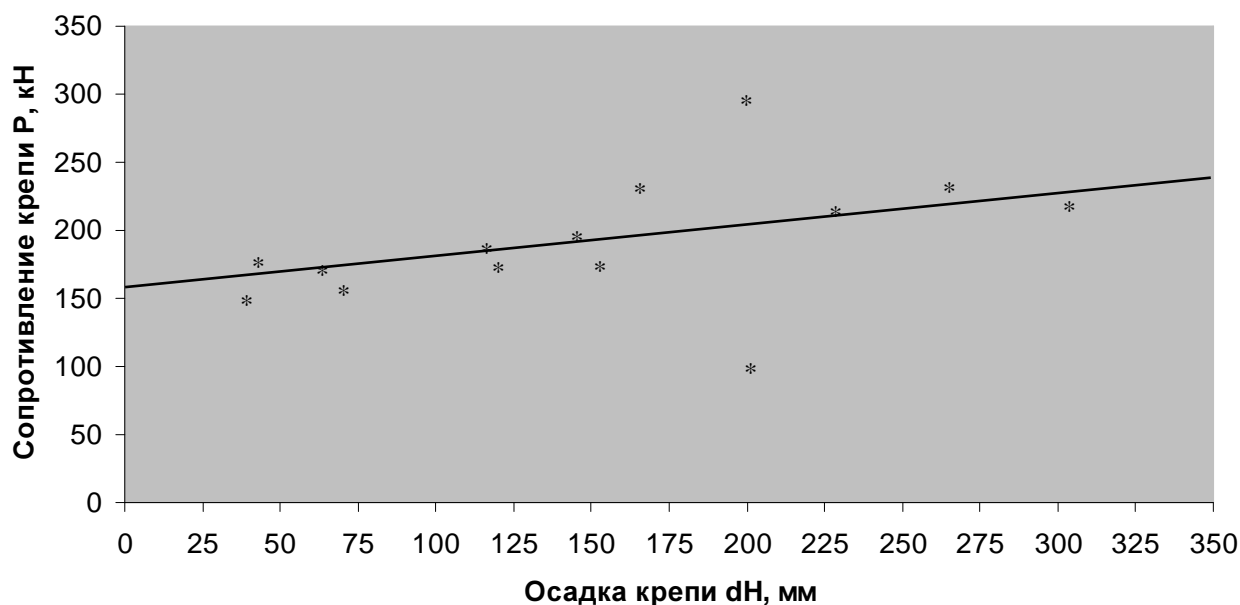


Рис. 2 –Рабочая характеристика крепи КЦЛО 11,2  
 $P = 157,236 + 0,216 \cdot dH + \text{eps}$

Были проведены лабораторные испытания податливой трехзвенной крепи КМП-АЗР2 сечением  $11,4 \text{ м}^2$  из профиля СВП22 с целью определения ее рабочей характеристики, предельной несущей способности, проверки соответствия ее требованиям конструкторской документации и технических условий на податливые крепи из профилей СВП. Особенность испытаний состояла в том, что вертикальная нагрузка прикладывалась на расстоянии от оси рам равном  $3/16$  их ширины, чем имитировалось параболическое распределение нагрузки на раму по ее ширине.

Комплект крепи состоит из верхняка, двух стоек и трех типовых стяжек длиной 1000 мм. Верхняк со стойками соединяется внахлестку (длина нахлестки 400 мм) с помощью типовых замков: одна рама укомплектована двумя замками типа ЗСД (по чертежу АПЗ.070), вторая – четырьмя замками по чертежу ЗПК 14.000.

Верхняки имеют длину заготовки 3926-3929 мм (3940 мм по чертежу), радиус изгиба в средней части 1340 мм, а на концевых участках (по 889 мм с каждой стороны) – 4340 мм. Стойки имеют длину заготовки 2941-2949 мм (по чертежу 2960 мм) и радиус изгиба 4340 мм. Верхняки и стойки изготовлены из профиля СВП22 ГОСТ 18662-94, материал – сталь углеродистая обыкновенного качества марки Ст5 с пределом текучести  $\sigma_{\tau} = 300 \text{ МПа}$ .

Материал деталей замков и стяжек (сталь углеродистая марки Ст3), а также вид и состояние элементов крепи соответствуют требованиям технических условий.

Лабораторные испытания податливой трехзвенной крепи КМП-ААЗР2 сечением  $11,4 \text{ м}^2$  из профиля СВП22 стали Ст5 ( $\sigma_{\tau} = 300 \text{ МПа}$ ) позволили установить что, вариант крепи с замками типа ЗСД (по чертежу АПЗ.070) имеет рабочее сопротивление 295 кН/арку и предельную несущую способность 560

кН/арку, а с замками типа ЗПК 14.000 – рабочее сопротивление 335 кН/арку и предельную несущую способность 564 кН/арку.

Крепь рекомендуется для эксплуатации в выработках с ожидаемым смещением пород до 500 мм по вертикали.

Рабочие характеристики крепи с замками ЗСД и ЗПК приведены на рис. 3 и 4 соответственно.

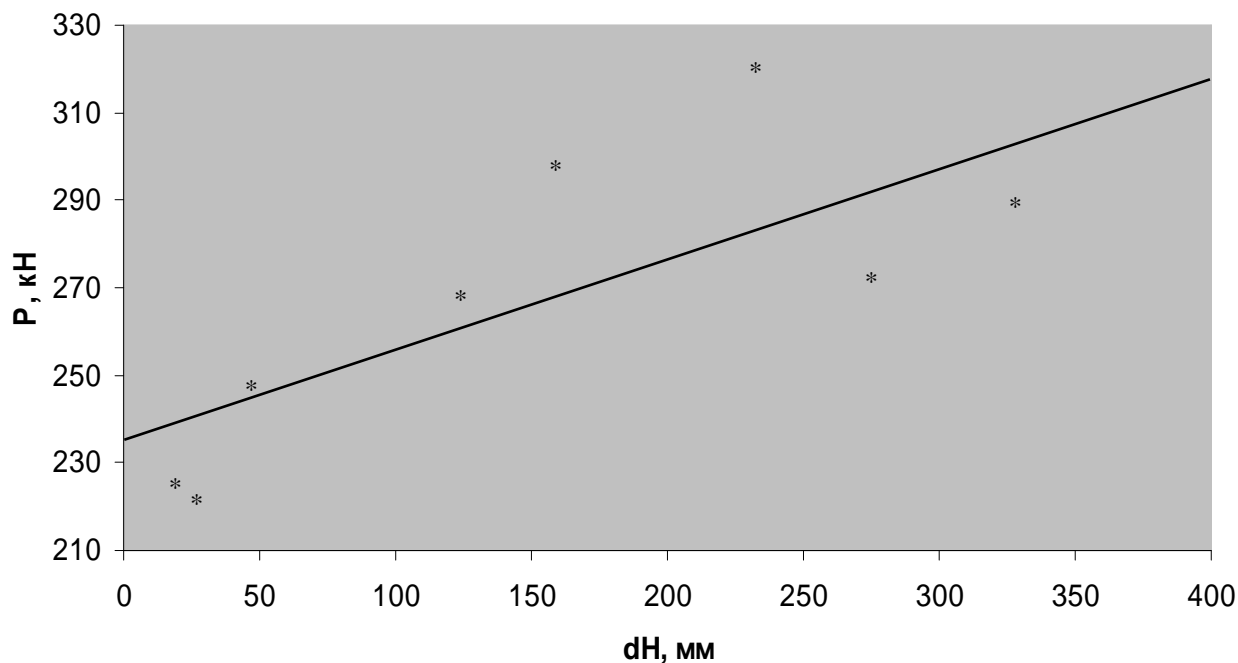


Рис. 3 – Рабочая характеристика крепи КМП-А3Р2 с замками ЗСД  
 $y = 237,72 + 0,192 * x + \text{eps}$

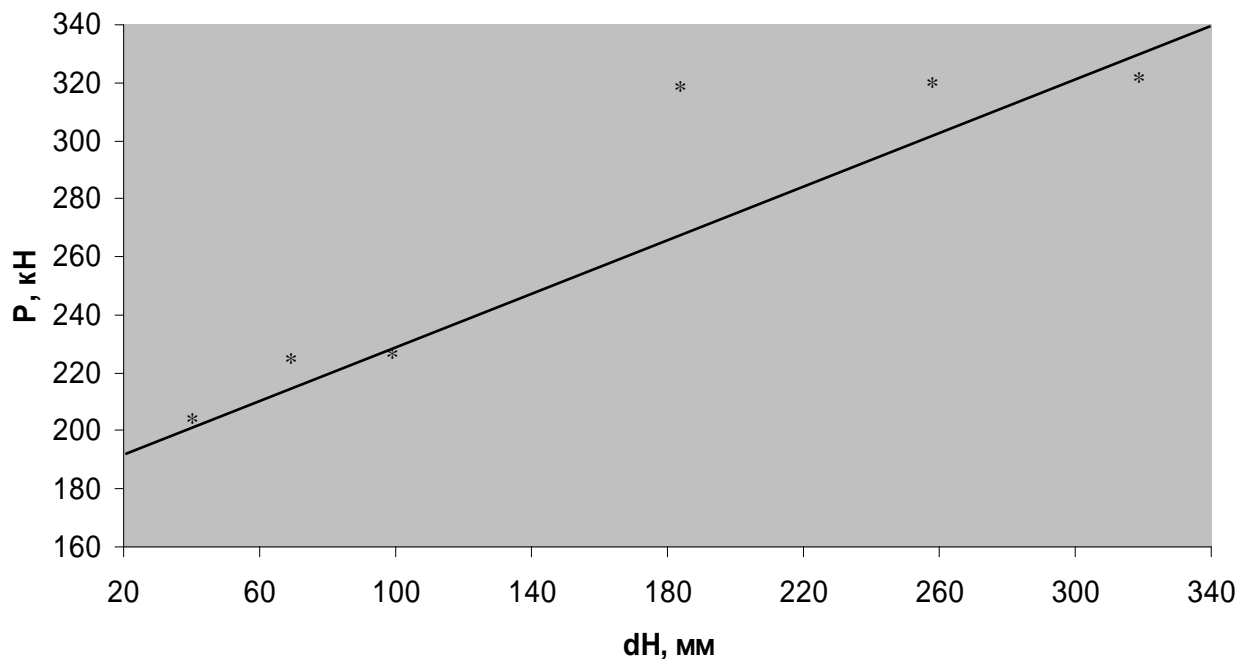


Рис. 4 – Рабочая характеристика крепи КМП-А3Р2 с замками ЗПК  
 $y = 182,718 + 0,461 * x + \text{eps}$

На испытания были представлены два комплекта крепи КЦЛ сечением 11,7 м<sup>2</sup> из профиля СВП-27. От типовой крепи КШПУ-ТУУ.12.001.00185790.081-97 крепь КЦЛ отличается наличием прямолинейного участка длиной 0,8 м посередине верхняка и соответственно меньшей высотой и площадью сечения. Все остальные параметры соответствуют чертежу КШПУ.000.15.

Одновременно испытывались две рамы крепи. Соединение стоек с верхняком осуществлялось с помощью замков типа ЗПК (два замка на соединение устанавливаемых в 100 мм от концов нахлестки). Рамы соединялись между собой теми типовыми межрамными стяжками, устанавливаемыми посередине верхняка и в 400 мм ниже соединений верхняка со стойками. Пространство за крепью на высоту 2,2 м закладывалось круглым лесом. Испытание продолжалось до уменьшения высоты рам не менее чем на 300 мм.

В процессе испытания фиксировалась на самопишущих манометрах нагрузка на арку, уменьшение высоты крепи и увеличение нахлесток в соединениях верхняка со стойками. Визуально контролировался характер работы соединительных замков и деформации элементов крепи.

Результаты испытаний крепи в податливом режиме приведены в табл.2.

Испытания крепи в жестком режиме показали, что предельная несущая способность арок при принятой схеме нагружения составляет 340-350 кН .

Таблица 2- Результаты испытаний крепи КЦЛ

Нагрузка на раму, Р, кН	Уменьшение высоты рамы, Н, мм	Увеличение нахлесток в соединениях верхняка со стойками, мм		
		С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	суммарное
Рама № 1				
138	18	15	5	20
191	65	40	25	65
260	100	55	35	90
278	130	65	40	105
130	158	145	120	265
268	320	550	120	670
Рама № 2				
114	23	25	-	25
161	56	50	15	65
219	119	105	35	140
260	160	150	45	195
153	240	290	135	425
194	310	430	145	575

Было испытано 4 комплекта крепи КВТ 7,5 сечением 7,5 м<sup>2</sup>.

Крепь представляет собой замкнутую раму, состоящую из трех одинаковых криволинейных звеньев (двух боковых и одного нижнего) и трех соединительных элементов, конструктивная схема и размеры в свету приведены на рис. 5.

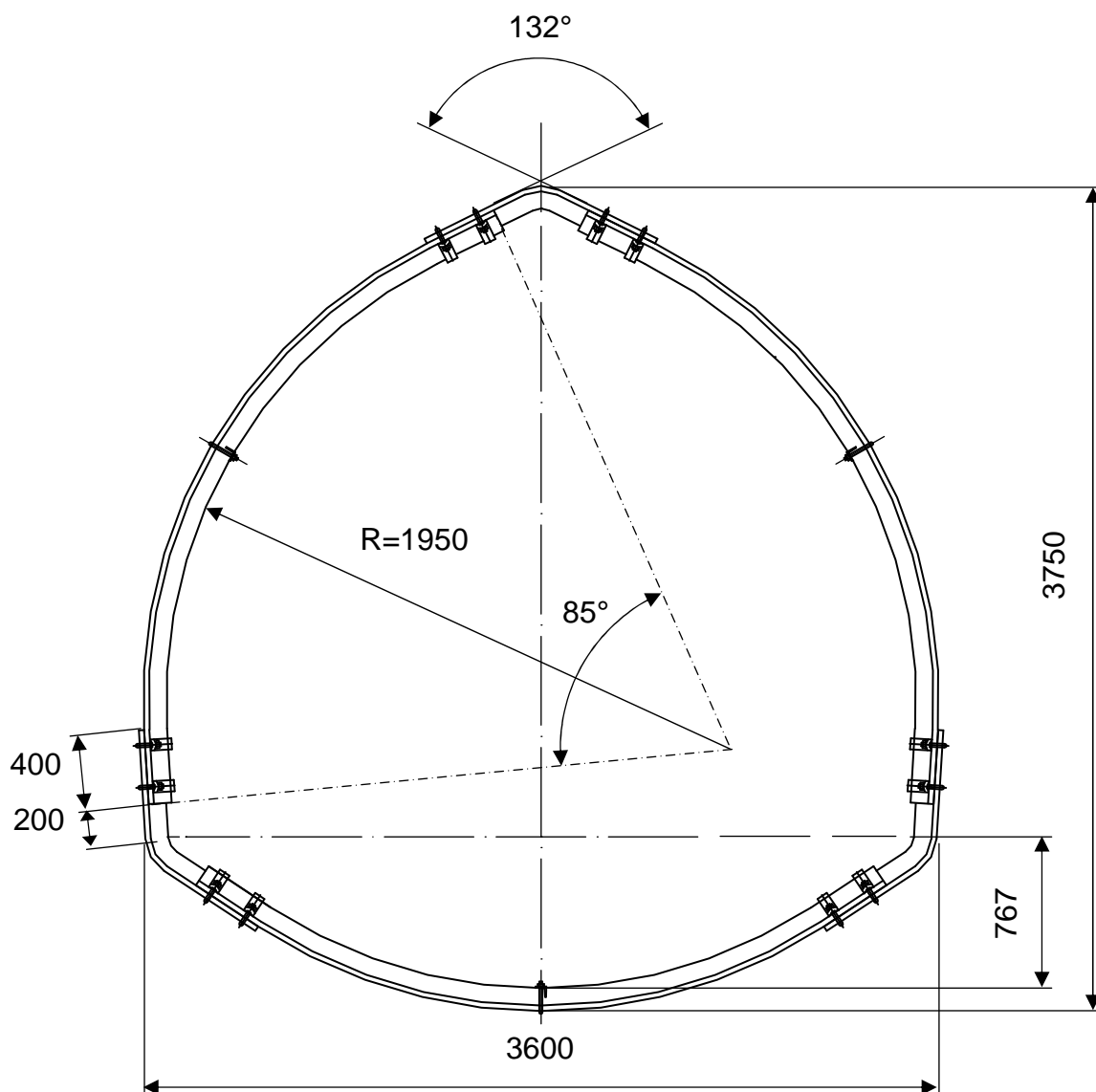


Рис. 5 – Крепь КВТ-7,5.

Звенья и соединительные элементы изготовлены из профиля СВП22 ГОСТ 13662-83, Соединение звеньев с соединительными элементами осуществляется внахлестку (длина нахлестки 400 мм) с помощью двух серийных замков. Две рамы были испытаны с замками ЗПК (чертеж ЗПК 14) и две рамы с замками по чертежу АПЗ.-30-02. Между собой рамы крепи соединялись тремя типовыми межрамными стяжками, устанавливаемыми посередине боковых и нижнего звеньев.

Методика испытаний была скорректирована с учетом конструктивных особенностей крепи КВТ-7,5.

Одновременно испытывалось по две рамы крепи. Нагружение производилось вертикальными силами в трех точках: в двух точках на расстоянии 1/4 ширины крепи от ее оси (в соответствии с методикой испытания арочных крепей) и посередине верхнего соединительного элемента. Нагружение посередине рамы для крепей стрельчатой формы является обязательным, так как при его

отсутствии рама деформируется в этой точке в вверх при относительно небольших нагрузках. Отпор с боков и снизу обеспечивался закладкой пространства под нижним элементом крепи и с боков до высоты 2,2 м, считая от нижней точки обратного свода. Затяжка гаек замков производилась в соответствии с требованиями методики испытания податливых арочных крепей до крутящего момента 200 кН и с помощью специального динамометрического ключа.

Схема нагружения крепи приведена на рис. 6.

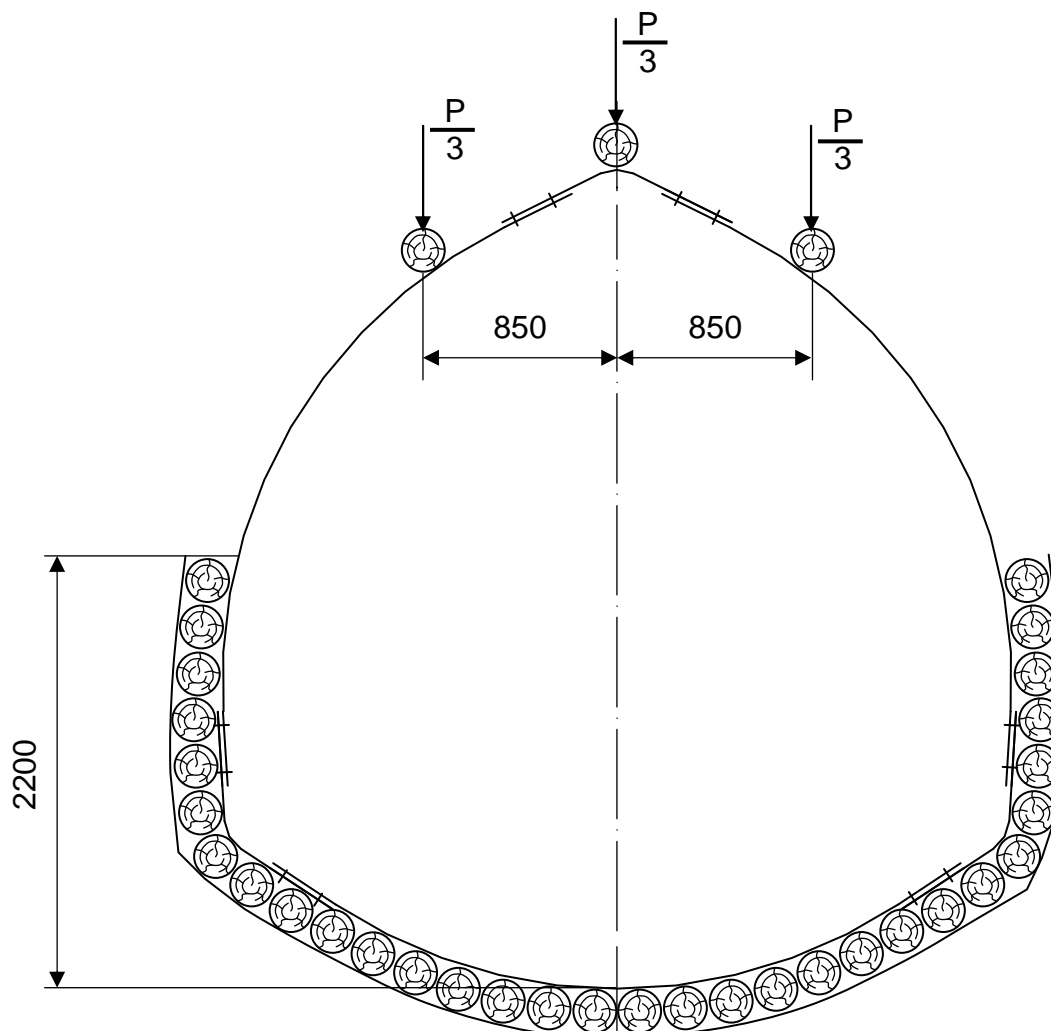


Рис. 6 – Схема нагружения крепи КВТ-7,5.

В процессе нагружения крепи измерялись:

- уменьшение высоты крепи по вертикали  $\Delta H$  (податливость);  $L$  – нагрузка на крепь  $P$ ;

- увеличение нахлесток в соединениях звеньев с верхним соединительным элементом  $\Sigma \Delta C_1$ , боковых звеньев с нижними соединительными элементами  $\Sigma \Delta C_2$  и нижнего звена с соединительными элементами  $\Sigma \Delta C_3$ .

Фиксировался момент появления деформаций звеньев и других элементов крепи и их характер.

Результаты испытания приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний крепи КВТ-7,5

№№ п/п	Тип замков	Уменьшение высоты	Нагрузка	Суммарное увеличение нахлесток,		
				мм		
1	ЗПК	38	144	-	-	-
		70	209	35	-	-
		140	263	85	5	-
		168	275	115	15	10
		320	348	250	80	10
		261	352	325	85	10
		435	346	330	85	15
2	ЗПК	38	111	5	-	-
		66	173	20	-	-
		137	224	85	5	-
		155	222	115	25	-
		259	298	220	70	-
		370	290	330	70	5
3	АПЗ.020	39	83	35	-	-
		76	120	55	-	-
		104	154	75	25	-
		116	178	230	35	-
		253	195	320	80	-
		327	255	450	100	-
		370	263	520	100	-
3	АПЗ.020	31	70	45	-	-
		60	99	90	-	-
		144	150	180	10	-
		200	132	300	20	-
		276	184	475	25	-
		372	218	475	130	-
		456	274	480	310	20

Результаты испытаний позволяют сделать следующие выводы.

Крепь с замками ЗПК реализует податливость в основном за счет соединения стоек с верхним соединительным элементом с возрастанием нагрузки в среднем, со 190 кН ( $\pm 20$  кН) до 320 кН ( $\pm 30$  кН). При осадке крепи на 300 мм по вертикали и нагрузке 300-350 кН начинает проявляться деформация верхнего соединительного элемента у соединения с одной из стоек.

Крепь КВТ-7,5 с замками ЗПК имеет конструктивную податливость 300 мм, а рабочее сопротивление при этом  $320 \pm 30$  кН.

Конструктивная податливость крепи КВТ-7,5 с серийными замками по чертежу АПЗ-030 составляет 400 мм при рабочем сопротивлении  $270 \pm 30$  кН.

Испытаниями были оценены рабочие характеристики крепи КВТ-2 сечением  $9,8 \text{ м}^2$  и  $11,5 \text{ м}^2$ .

Крепь представляет собой конструкцию стрелчатой формы, состоящую из двух стоек и верхнего соединительного элемента. Конструктивная схема крепи представлена на рис. 1. Все звенья в обоих типоразмерах изготовлены из профиля СВ22 ГОСТ 13662-83. Соединяются звенья внахлестку (длина нахлестки 400 мм) с помощью типовых замков ЗПК или типовых соединительных хому-



тов из прямоугольной скобы и прямой планки по чертежу ПА3.030. Между собой рамы на ножках крепи на расстоянии  $B_2$  от замка свода арки.

Основные размеры крепи в свету приведены в табл. 4 и рис.7.

Таблица 4 – Параметры крепи КВТ-2

Сечение арки, м <sup>2</sup>	Размеры, мм						Углы, град	
	$H$	$B$	$R$	$l$	$h$	$B$	$a$	$a_1$
9,8	3200	400	2650	900	200	2875	65	5
11,2	3620	4500	2800	1150	2750	2000	65	5

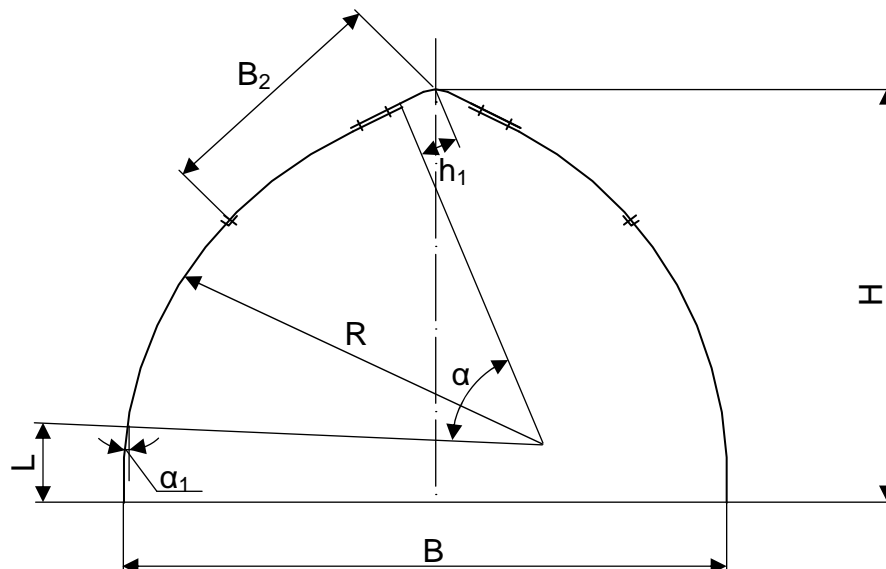


Рис.7 – Конструктивная схема крепи КВТ-2

Арки нагружались в трех точках по схеме, приведенной на рис.8. Отпор с боков обеспечивался за счет закладки пространства за крепью до высоты 2,2 м для крепи сечением 11,5 м<sup>2</sup> и 1,8 м<sup>2</sup> для крепи сечением 9,8 м<sup>2</sup>. Затяжка гаек замков в соответствии с методикой испытания податливых крепей производилась до крутящего момента 200 кН.

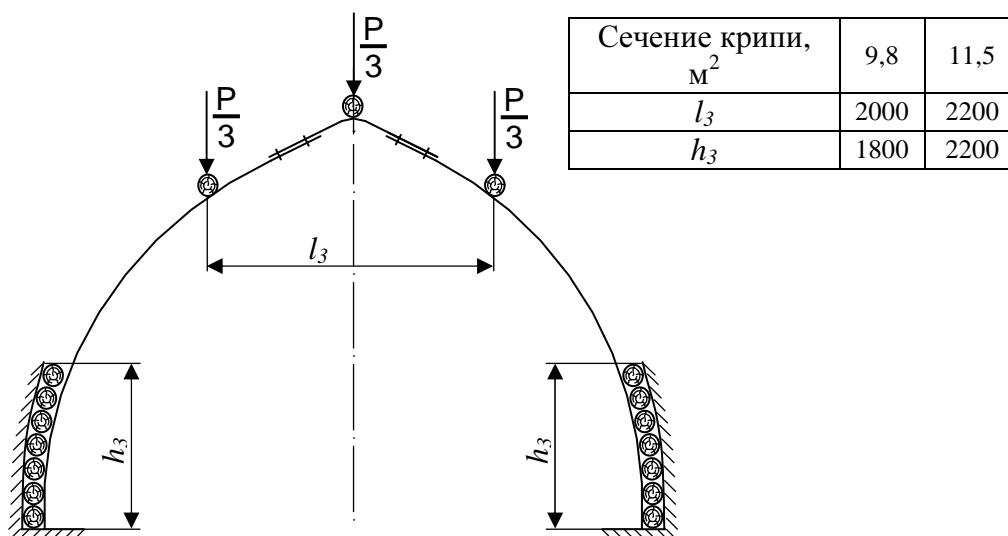


Рис.8 – Схема нагружения крепи КВТ-2

В процессе нагружения замерялись:

- уменьшение высоты крепи по вертикали (податливость)  $\Delta H$ ;
- нагрузка на крепь  $P$ ;
- увеличение нахлесток в соединениях  $\Delta C$ .

Фиксировались деформации элементов крепи.  $\Delta H$ .

Результаты испытаний приведены в табл. 8.

Таблица 8 – Данные испытания крепи КВТ-2

№№ шт	Сечение крепи, $m^2$	Типы замков	Уменьшение высоты, кН, мм	Нагрузка, P, кН	Суммарное уменьшение Нахлесток, $\Sigma \Delta C$ , мм
1	9,8	ЗПК	4	64	-
			28	120	55
			57	173	90
			75	205	120
			170	231	290
			260	222	460
2	9,8	ЗПК	22	42	-
			30	168	30
			48	200	115
			118	208	128
			192	260	290
			220	271	295
3	9,8	АПЗ.030	12	80	-
			17	94	30
			25	110	40
			57	132	105
			94	150	130
			290	159	420
4	9,8	АПЗ.030	7	46	-
			14	71	15
			27	87	40
			59	118	105
			300	127	475
5	11,5	ЗПК	7	76	-
			18	114	10
			28	153	30
			58	177	65
			79	250	100
6	11,5	ЗПК	16	81	-
			35	115	20
			53	147	40
			70	205	70
			105	225	110
			140	226	120
			207	230	270
			265	230	320

Из приведенных в табл. 8 данных, следует.

1. Конструктивная податливость крепи составляет 260 мм при сечении 9,8 м<sup>2</sup> и 280 мм при сечении 11,5 м<sup>2</sup>.

2. Рабочее сопротивление при достижении конструктивной податливости крепи сечением 9,8 м<sup>2</sup> с замками ЗПК – 250 кН; с замками АПЗ.030 – 145 кН.

Крепи с сечением 11,5 м<sup>2</sup> с замками ЗПК-258 кН.

К моменту окончания испытаний крепи сечением 9,8 м<sup>2</sup> деформаций звеньев крепи не отмечено, кроме изгиба планок и отгиба концов скоб замков АПЗ.030. В крепи сечением 11,5 м<sup>2</sup> отмечено небольшое расширение профиля стоек и скручивание верхнего элемента.

Несущая способность крепи в жестком режиме при принятой схеме нагружения определена расчетом и составляет для крепи из профиля СВП22: сечением 9,8 м<sup>2</sup> – 485 кН; сечением 11,5 м<sup>2</sup> – 460 кН.

Таким образом, полученные деформационно-силовые характеристики крепей соответствуют требованиям, предъявляемым к крепям арочной формы из металлопрофиля СВП. Полученные данные используются для обоснования паспортов крепления горных выработок.

Автор выражает благодарность сотрудникам ДонУГИ за совместную работу.