

- применение проходческих комплексов то же имеет ограниченные возможности. Но есть опыт механизированного проведения всего устья по на-

носам проходческими циклами путем выбуривания скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Першин В. В., Верхотуров О. В.* Эксплуатационная производительность бульдозеров при строительстве котлованов в наносах для устьев наклонных стволов угольных шахт // Современные технологии освоения минеральных ресурсов : сб. науч. тр. – Красноярск : Изд-во ГУЦМиЗа, 2004. – с. 221–223.
2. *Бунин В. И., Севостьянов И. М.* Испытания комплекса «Сибирь-2П» при сооружении устья бремсберга // КузНИИшахтострой. – 2001. – с. 121–133.
3. *Першин В. В., Верхотуров О. В., Волков В. В., Волкова Е. А.* Строительство конвейерного ствола ш. «Костромовская» в сложных горно-геологических условиях // Вестн. КузГТУ. – № 4. – с. 24–26.

□ Авторы статьи:

Войтов
Михаил Данилович,
канд. техн. наук, доц. каф.
строительства подземных сооруже-
ний и шахт КузГТУ
E-mail: bpm1975@mail.ru

Будников
Павел Михайлович,
ст. преп. каф. строительст-
ва подземных сооружений и шахт.
КузГТУ
E-mail: bpm1975@mail.ru

УДК 622.281.5

М. Д. Войтов, С. Г. Ващенко, П. М. Будников

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТЕНДОВЫХ И ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ АРОЧНЫХ КРЕПЕЙ ИЗ СВП

Размеры поперечного сечения наклонных стволов зависят, в основном, от габаритов применяемой горно-транспортной техники и необходимого количества проходящего по ней воздуха. Устойчивая тенденция увеличения перечисленных факторов требует в настоящее время сооружать наклонные стволы сечением 25–30 м² и больше.

Существующие типовые и унифицированные сечения капитальных горизонтальных и наклонных горных выработок с различными видами крепи ограничены максимальной площадью поперечного сечения в свету 18–20 м². Исходя из этого в проектах производства работ при необходимости разрабатываются и закладываются сечения выработок различных форм и размеров с площадью поперечного сечения в свету более 18–20 м². Разрабатываемые металлические рамные крепи, согласно ГОСТ Р 51748-2001, обязательно должны пройти приемочные испытания. Их параметры (размеры, податливость, несущая способность, сопротивление, стабильность работы в податливом режиме) должны соответствовать требованиям ГОСТа.

В России определить несущую способность, сопротивление, податливость и коэффициент использования несущей способности рамных крепей в натуральном виде можно в двух местах: ННЦ ГП – ИГД им. А. А. Скочинского (г. Люберцы, Московской обл.) и в ОАО «КузНИИшахтострой» (г. Кемерово). В этих организациях имеются испытательные лаборатории и стенды для испытания рамных и анкерных крепей.

На основе проведения анализа и требований ГОСТ Р 51748-2001 в ОАО «КузНИИшахтострой» были разработаны три типа металлической четырехзвенной крепи арочной формы с площадью поперечного сечения в свету до осадки 20,8; 27,4 и 30,6 м² и три типа металлической пятизвенной арочной крепи с площадью поперечного сечения в свету 20,9; 27,5 и 30,6 м².

Стендовые испытания

Комплект металлической четырехзвенной крепи состоит из двух стоек и двух полуверхняков, соединенных между собой внахлест замками (по два замка на узел). Стойки могут быть одинаковой длины. Стойка, со стороны которой устраивается водоотливная канавка на 250 мм длиннее. Линейные размеры и другие параметры металлической четырехзвенной арочной крепи приняты согласно требованиям ГОСТ Р 51748-2001. Комплект металлической пятизвенной арочной крепи состоит из двух стоек, двух полуверхняков и одного верхняка, соединенных между собой так же, как и металлическая четырехзвенная крепь, внахлест замками (по два замка на узел).

Вертикальная податливость у металлических арочных крепей принята 600 мм, а горизонтальная – 400 мм.

Согласно требованиям ГОСТ Р 51748-2001 для выработок, закрепленных металлическими рамными податливыми крепями при площади поперечного сечения в свету до осадки более 14,8 м² – для трехзвенной, более 15,0 м² – для четырехзвенной и более 18,7 м² – для пятизвенной рамы

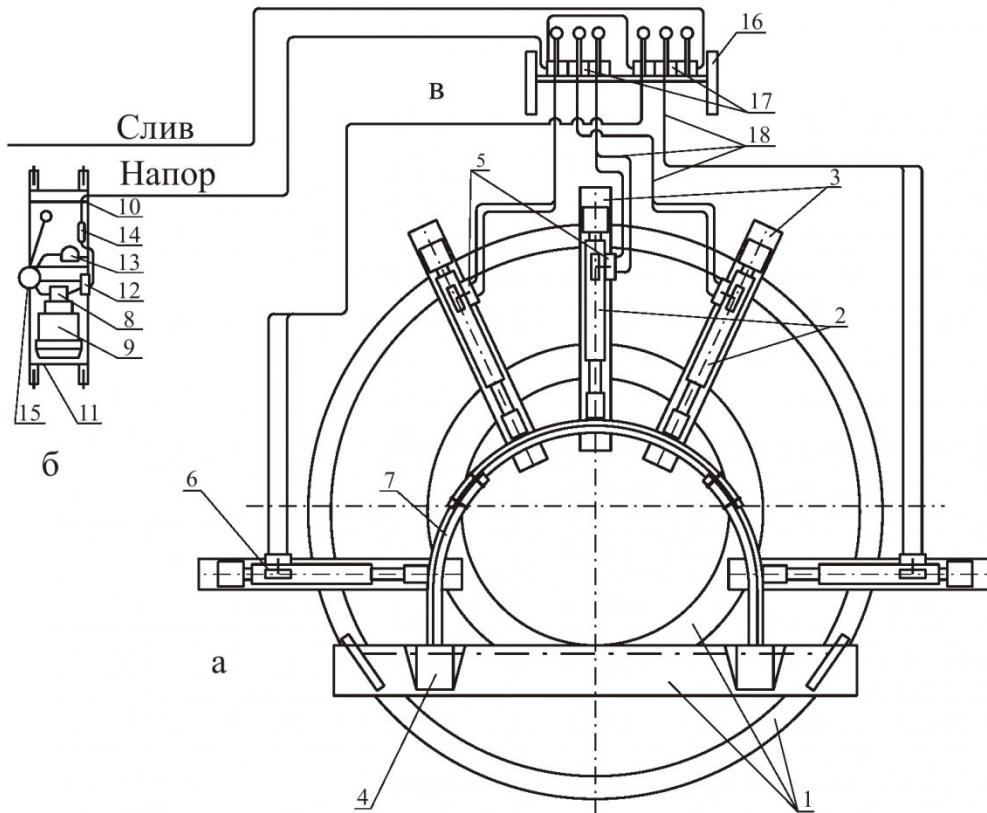


Рис. 1. Испытательный горизонтальный стенд ОАО «КузНИИшахтострой»: а – силовой блок; б – маслостанция; в – пульт управления; 1 – опорная металлоконструкция; 2 – силовые гидроцилиндры; 3 – опорные балки гидроцилиндров; 4 – передвижные опорные башмаки стоек крепи; 5 – гидрозамки; 6 – образцовые манометры; 7 – металлическая рамная крепь; 8 – насос; 9 – электродвигатель; 10 – маслобак; 11 – рама; 12 – предохранительно-переливной клапан; 13 – дроссель; 14 – манометр; 15 – фильтр; 16 – каркас; 17 – гидрораспределители; 18 – рукава высоконапорные

крепи должна изготавливаться из профиля СВП-33 или аналогичного ему проката. Допускается изготовление крепей из более легких профилей проката высокопрочных сталей в случае их эквивалентности по несущей способности с заменяемым профилем.

Для соединения элементов крепи необходимы замки. В испытательной лаборатории ОАО «КузНИИшахтострой» производились исследования работы различных типов замков для СВП-22 и СВП-27 на специальных стендах. По результатам испытаний замки типа ЗПК показали сопротивление в 1,3–1,8 раза выше, чем у замков обычного типа (с прямыми планками), поэтому для арочной крепи из СВП-33 была разработана конструкция и изготовлена опытная партия замков типа ЗПК.

Так как в России спецпрофиль СВП-33 в настоящее время не производится, то для проведения приемочных испытаний крепь была заказана на Украине (г. Донецк, в ОАО «ДонЭРМ»).

На приемочные испытания представлено:

- 9 комплектов металлической арочной четырехзвенной податливой крепи из спецпрофиля СВП-33 трех типоразмеров: КМП-А4-21-33, КМП-А4-27-33 и КМП-А4-31-33 поперечным сечением

чением в свету по низу стоек 21,6; 28,4 и 31,6 м²;

- 9 комплектов металлической арочной пятизвенной податливой крепи из спецпрофиля СВП-33 трех типоразмеров: КМП-А5-21-33, КМП-А5-27-33 и КМП-А5-31-33 поперечным сечением в свету по низу стоек 21,7; 28,5 и 31,6 м², а также нормативная (НД) и конструктивная (КД) документация на крепь;

Стендовые испытания металлической податливой арочной крепи проведены на испытательном горизонтальном стенде ОАО «КузНИИшахтострой» (рис. 1) в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50910-96, ГОСТ Р 51748-2001 и ГОСТ 16504-81.

Испытания проводились в двух режимах: жестком и податливом (рис. 2, 3).

В результате выполненных в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50910-96 приемочных испытаний металлической четырех- и пятизвенной арочной крепей установлено следующее.

1. При испытании крепи в жестком режиме: несущая способность рам (P_h), удельная масса (M_y) и прогиб верхняка (h_b) для всех типоразмеров крепи, результаты которых представлены в табл. 1.

Таблица 1. Испытание металлической арочной крепи в жестком режиме

Типоразмер крепи	P_h , кН/раму	M_y , кг/кН · м ²	h_b , мм
КМП-А4-21-33	693	0,037	198
КМП-А4-27-33	619	0,034	340
КМП-А4-31-33	545	0,038	361
КМП-А5-21-33	728	0,037	282
КМП-А5-27-33	650	0,034	326
КМП-А5-29-33	625	0,036	346

2. При испытании крепи в податливом режиме: конструктивная податливость вертикальная (h) и горизонтальная (δ), нахлест в конце испытаний

Таблица 2. Испытание металлической арочной крепи в податливом режиме

Типоразмер крепи	P_c , кН/раму	h , мм	δ , мм	l_{cp} , мм	K_h , %	T_o , мм	P_s , кДж
КМП-А4-21-33	444	626	437	1003	9,8	175	278
КМП-А4-27-33	354	690	460	1080	9,5	259	244
КМП-А4-31-33	263	755	513	1158	9,2	343	198
КМП-А5-21-33	387	607	454	751	10,0	192	235
КМП-А5-27-33	294	680	478	815	9,7	280	200
КМП-А5-29-33	274	717	533	856	8,0	360	196

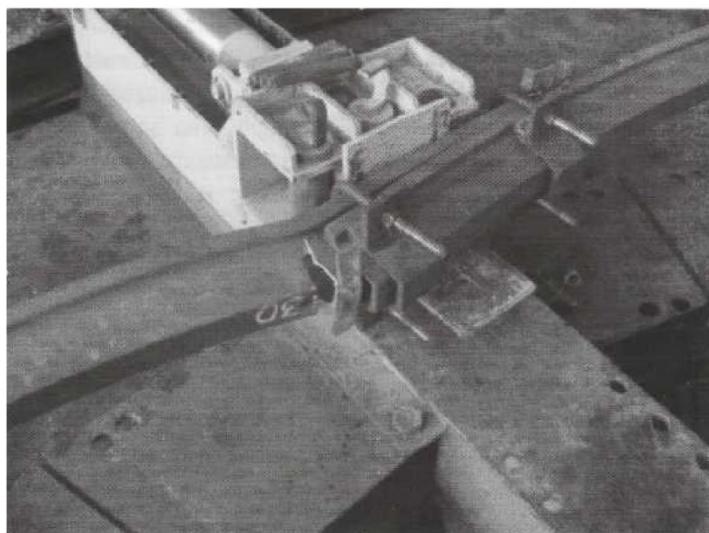


Рис. 2. Испытание металлической арочной крепи из спецпрофиля СВП-33 в жестком режиме

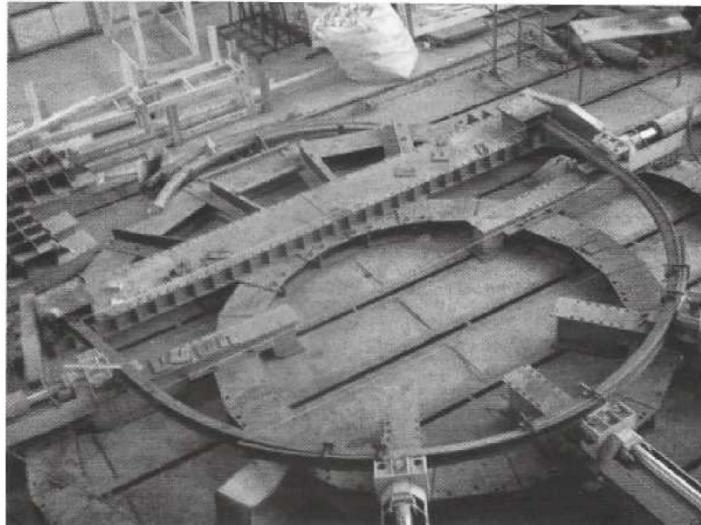


Рис. 3 . Испытание металлической арочной крепи из спецпрофиля СВП-33 в податливом режиме

средний (l_{cp}), сопротивление (P_c), наработка до отказа (T_o), стабильность работы (K_h), энергоемкость (P_s) для всех типоразмеров крепи, результаты которых представлены в табл. 2.

Установленная несущая способность крепи во всех типоразмерах оказалась не ниже регламентируемой ГОСТ Р 51748-2001. Конструктивная податливость (вертикальная и горизонтальная), сопротивление и стабильность работы в податливом режиме находится в пределах, установленных ГОСТ Р 51748-2001.

3. На основании данных, полученных при испытании в жестком и податливом режимах, рас-

четным путем определен коэффициент несущей способности крепи ($K_{н.c}$), результаты которого представлены в табл. 3.

Таблица 3. Коэффициент несущей способности крепи

Типоразмер крепи	$K_{н.c}, \%$
КМП-А4-21-33	64
КМП-А4-27-33	57
КМП-А4-31-33	48
КМП-А5-21-33	66
КМП-А5-27-33	60
КМП-А5-29-33	48

Определенные в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50910-96 параметры крепи соответствуют основным показателям качества и эксплуатационным характеристикам, выполнены в соответствии с конструкторской документацией и отвечают нормативам ГОСТ Р 51748-2001.

Прошедшие испытания крепи могут стать основой для разработки унифицированных типовых сечений горных выработок площадью свыше 18 м² с металлической рамной крепью, в которых остро нуждаются строящиеся и реконструируемые шахты, проектные организации и шахтостроители.

Приемочные испытания

Крепь КМП-АЗМ состоит из верхняка, двух стоек, четырех замков ЗПК, трех или четырех стяжек в комплекте (три комплекта при площади сечения до 11 м² и четыре комплекта при большем

сечении).

Шаг установки крепи, тип затяжки устанавливаются на стадии составления паспортов крепления с учетом требований безопасности, физико-механических свойств пород, срока службы выработки и условий эксплуатации.

Испытания крепи КМП-АЗМ 11-22 (см. табл. 4) проведены в рельсовом уклоне № 3 пласта № 8, а крепи КМП-АЗМ 16-27 (см. табл. 4) в конвейерно-рельсовом штреке № 828 ш. «Интинская».

Приемочные испытания крепи выполнены в соответствии с [1, 2 и 4].

Опытный участок рельсового уклона № 3 пласта № 8 длиной 15 м сечением в свету 11,2 м² сооружался под углом 8° по пласту 828 с присечкой пород кровли и почвы. В кровле уклона присекались аргиллиты с включениями песчаника $m = 1,8-4,5$ м, $f = 3-5$, выше располагались алевролиты $m = 3,5$ м, $f = 3-4$. В почве сечения выработки – алевролит темно-серый $m = 5$ м, $f = 3-4$, переслаивающийся с аргиллитом и песчаником мелкозернистым.

Цель и задачи испытаний

Главной целью приемочных испытаний крепи КМП-АЗМ в производственных условиях являлось уточнение технологических требований к её возведению и безопасной эксплуатации выработок, пройденных в породах с определенными горно-геологическими свойствами.

Таблица 4. Технические характеристики крепи

Наименование параметров	Типоразмер крепи	
	КМП-АЗМ 11-22	КМП-АЗМ 16-27
1. Длина стойки левой и правой, $L_{л} = L_{п}$, мм	3000	4030
2. Длина верхняка, $L_{в}$, мм	3600	2990
3. Радиус стойки левой и правой, $R_{л} = R_{п}$, мм	2110	2620
4. Радиус верхняка, r , мм	2110	2620
5. Ширина рамы крепи по низу, B , мм	4180	5200
6. Ширина рамы крепи на уровне 2,0 м от концов стоек до осадки, B' , мм	3480	4800
7. Высота рамы крепи от концов стоек до осадки, H , мм	3130	3650

Таблица 5. Геометрические и силовые параметры крепи

Наименование параметров	Тип и типоразмер крепи					
	КМП-АЗМ 11-22		КМП-АЗМ 16-27			
проектное	измеренное	отклонение	проектное	измеренное	отклонение	
1. Длина стойки левой, $L_{л}$, мм	3000	2995	-5	4030	4023	-7
2. Длина стойки правой, $L_{п}$, мм	3000	2990	-10	4030	4030	-
3. Длина верхняка, $L_{в}$, мм	3600	3595	-5	2990	2995	+5
4. Ширина рамы крепи, B , мм	4180	4210	+30	5200	5220	+20
5. Ширина рамы крепи на уровне 2,0 м от концов стоек до осадки, B' , мм	3480	3465	-15	4800	4790	-10
6. Высота рамы крепи в свету от концов стоек до осадки, H , мм	3130	3120	-10	3650	3635	-15

Основными задачами приемочных испытаний крепи являлись:

- контроль соответствия изготовления крепи требованиям конструкторской документации;
- контроль соответствия технологии и параметров установки крепи на опытных участках паспорту крепления выработки, разработанному в соответствии с силовыми параметрами крепи, определенными стендовыми испытаниями;
- уточнение горно-геологических свойств за контурного массива в окрестностях опытных участков;
- визуальные и инструментальные наблюдения за состоянием крепи в целом, а также узлов сопряжения элементов и податливости крепи и за контурного массива;
- сбор и анализ исходных данных для оценки соответствия силовых параметров крепи, определенных стендовыми испытаниями, горно-геологическим условиям опытных участков выработки.

Результаты приемочных испытаний

1-я стадия. В ремонтно-механической службе проверялся внешний вид и комплектность всех рам крепи, которыми планировалось крепить опытные участки, соответствие крепи требованиям ГОСТ (визуально). Комплектность проверялась на соответствие рабочей конструкторской документации и комплектовочной ведомости. Размеры и масса соответствуют требованиям документации.

2-я стадия. Испытания проводились на опытных участках рельсового уклона № 3 и конвейерно-рельсового штрека пласта № 828 ш. «Интинская».

При креплении опытных участков проверялись технология и параметры установки крепи.

Все параметры соответствуют паспорту крепления, разработанному в соответствии с силовыми параметрами крепи, определенными стендовыми испытаниями.

На каждом из участков пробурены по три контрольные скважины и установлены реперы для

наблюдения за деформациями элементов крепи, узлов податливости и расслоением за контурного массива.

При выполнении шахтных испытаний с помощью прибора «Викинг» определялись прочностные свойства за контурных слоев пород и проводилась оценка степени соответствия фактических горно-геологических условий опытных участков выработки прогнозируемым. Фактические горно-геологические условия за контурного массива соответствуют прогнозируемым.

Геометрические размеры рам, установленных на опытных участках, нахлестка узлов податливости измерялись с использованием рулетки РС-1043К по ГОСТ 7502-98, металлической линейки по ГОСТ 427-75 и штангенциркуля по ГОСТ 166-89.

Результаты измерений приведены в табл. 5.

В результате проведенных испытаний крепи КМП-А3М, установлено следующее.

1. Рамы крепи, которыми закреплены опытные участки выработок, полностью укомплектованы, их линейные размеры и масса соответствуют требованиям конструкторской документации.

2. Технология и параметры крепи при креплении опытных участков полностью соблюдены. Максимальные отклонения геометрических параметров рам крепи в проектном положении не превышают установленных нормативов.

3. Горно-геологические свойства пород в окрестностях опытных участков находятся в пределах принятых в проекте крепления опытных участков.

4. Вертикальная податливость крепи, при которой еще сохраняется работоспособность податливых узлов и отсутствуют пластические деформации элементов крепи составила для крепи КМП-А3М 11-22 в среднем 170 мм, а горизонтальная на уровне 2,0 м от конца стоек – 45 мм; для крепи КМП-А3М 16-27: вертикальная – 220 мм, горизонтальная – 160 мм, т.е. находится в пределах, регламентированных [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51748-2001. Крепи металлические податливые рамные. Крепь арочная. Общие технические условия: введ. с 01.01.2002. – М. – Госстандарт России, 2001. – 12 с.
2. ГОСТ Р 50910-96. Крепи металлические податливые рамные. Методы испытаний: введ. с 01.01.1997. – М. – Госстандарт России, 1996. – 11 с.
3. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытание и контроль качества продукции. Основные термины и определения: введ. с 01.01.1982. – М.: Госстандарт СССР, 1982. – 31 с.
4. РД 05-618-03. Правила безопасности в угольных шахтах. – М. : Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2009. – 408 с.

□ Авторы статьи:

Войтов

Михаил Данилович,
канд. техн. наук, доц. каф.
строительства подземных сооруже-
ний и шахт КузГТУ
E-mail: bpm1975@mail.ru

Вашенко

Сергей Геннадьевич,
зам. зав. лабораторией раз-
работки и исследования крепей гор-
ных выработок ОАО «КузНИИшах-
тострой». E-mail: bpm1975@mail.ru

Будников

Павел Михайлович,
ст. преп. каф. строительст-
ва подземных сооружений и шахт.
КузГТУ
E-mail: bpm1975@mail.ru