

Курбацкий Е.В., к.т.н., Овчаренко В.Л., к.т.н. (ДонНТУ), Пефтибай Г.И., Чайковская Э.Г. (НИИГД «Респиратор»)

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ И СРЕДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ВЗРЫВОУСТОЙЧИВЫХ ПЕРЕМЫЧЕК

Определены основные требования технологического контроля приготовления и перекачивания быстротвердеющих растворов из гипсовых вяжущих при возведении взрывоустойчивых перемычек. Представлен перечень основных средств технологического контроля возведения изолирующих сооружений гидромеханическим способом в шахтах.

Ключевые слова: шахта, взрыв, перемычка, возведение, гипс, раствор, технология

Проблема ликвидации сложных пожаров в угольных шахтах. Ликвидация сложных пожаров в угольных шахтах опасных по газу и пыли в случаях возможной угрозы взрыва должна производиться путем локализации очагов взрывоустойчивыми перемычками, возводимыми из материалов на основе гипсового вяжущего [1].

На основании многолетних исследований НИИГД «Респиратор», посвященных решению этих задач, сформулированы основные требования технологического контроля возведения взрывоустойчивых перемычек [2,3].

Изложение материала. Для обеспечения нормального режима приготовления и перекачивания гипсового раствора необходимо заранее (при получении задания на возведение перемычки) выдать в письменной форме ответственному лицу следующие данные гипсового вяжущего:

- прочность на сжатие при стандартной консистенции;
- стандартную консистенцию;
- плотность раствора при стандартной консистенции.

Ответственный за возведение перемычки определяет:

- ориентировочный рабочий расход воды затворения $Q_{\text{в}}$ и соответствующее ему показание дифманометра $\Delta P_{\text{диф}}$ по значению данной стандартной консистенции для применяемых партий вяжущих;
- табличное значение плотности (нижний предел) перекачиваемого раствора (табл. 1) по значению данной плотности при стандартной консистенции;
- ожидаемое значение прочности на сжатие материала моноблока перемычки (табл. 2) по значению прочности применяемого вяжущего при стандартной консистенции;
- ожидаемое показание давления раствора (по манометру пульта управления) (табл. 3), исходя из высоты подачи раствора и длины растворопровода.

Таблица 1 – Нижний предел допустимых значений плотности перекачиваемого раствора

Плотность при стандартной консистенции, определенная в лаборатории, кг/см ³	Допустимый нижний предел значения плотности перекачиваемого раствора, кг/см ³
0,00170	0,00164
0,00171	0,00165
0,00120	0,00166
0,00173	0,00167
0,00174	0,00168
0,00175	0,00169
0,00176	0,00170
0,00177	0,00171
0,00178	0,00172
0,00179	0,00173
0,00180	0,00174

Таблица 2 – Значения прочности на сжатие материала в моноблоке перемычки (после 2 ч твердения) при рабочей консистенции перекачиваемого раствора ($K_{пр}=1,2$) в зависимости от прочности гипсового вяжущего при стандартной консистенции

Прочность вяжущего на сжатие при стандартной консистенции, МПа	Прочность на сжатие материала моноблока перемычки при рабочей консистенции, МПа
5,2	3,05
5,4	3,15
5,6	3,30
5,8	3,40
6,0	3,55
6,2	3,65
6,4	3,80
6,6	3,90
6,8	4,00
7,0	4,15
7,2	4,30
7,4	4,40
7,6	4,50
7,8	4,65
8,0	4,75
8,2	4,90
8,4	5,00
8,6	5,10
8,8	5,25
9,0	5,35
9,5	5,50
10,0	5,80

Таблица 3– Давление раствора (по манометру пульта управления) в зависимости от высоты его подачи и длины растворопровода

Длина растворо- провода, м*	Давление нагнетания $P_p \cdot 10$ МПа при заданной высоте подачи** раствора в метрах, $K_{пр}^{***} = 1,2$							
	0	4	8	12	16	20	24	28
Непластифицированное гипсовое вяжущее								
30	1,0	1,70	2,40	3,05	3,75	4,45	5,15	5,85
Пластифицированное гипсовое вяжущее								
30	0,90	1,55	2,25	2,90	3,55	4,25	4,90	5,55
40	1,20	1,85	2,35	3,20	3,85	4,55	5,20	5,85
50	1,50	2,15	2,85	3,50	4,15	4,85	5,50	
60	1,80	2,45	3,15	3,80	4,45	5,15	5,80	
70	2,10	2,75	3,45	4,10	4,75	5,45	6,10	
80	2,40	3,05	3,75	4,40	5,05	5,75		
90	2,70	3,35	4,05	4,70	5,35	6,05		
100	3,00	3,65	4,35	5,00	5,65			
110	3,30	3,95	4,65	5,30	5,95			
120	3,60	4,25	4,95	5,60				
130	3,90	4,55	5,25	5,90				
140	4,20	4,85	5,55					
150	1,80	5,15	5,85					
160	4,80	5,45						
170	5,10	5,75						
180	5,40	6,05						
190	5,70							
200	6,00							

Примечание. 1)* В длину растворопровода включается также длина выпускной трубы.
 2)** Высота подачи раствора определяется разностью уровней конца выпускной трубы и смесительно-нагнетательного агрегата.
 3)*** $K_{пр}$ – приведенное водовязущее отношение (отношение рабочей консистенции к стандартной).

Соответствие фактического расхода воды показаниям дифманометра пульта управления смесительно-нагнетательной установки (например, комплекса "Темп") проверяется с применением мерной емкости. Для чего после подачи воды и пуска агрегата устанавливаются последовательно значения $\Delta P_{диф}$ (0,12 МПа; 0,2 МПа; 0,32 МПа, 0,5 МПа) и проверяется соответствие полученного расхода воды значению, приведенному в таблице 4. Показания дифманометра соответствуют фактическому расходу воды, если измеренное время заполнения емкости отличается от табличного значения не более чем на ± 1 с.

Таблица 4 – Расход воды затворения для получения рабочей консистенции раствора ($K_{пр}=1,2$) в зависимости от стандартной консистенции применяемого гипсового вяжущего

Стандартная консистенция $K_{ст}, \%$	Расход воды затворения		Показания дифманометра		Время на- полнения мерной емкости водой, с
	при выходе на режим $Q_B, \text{м}^3/\text{ч}$	в рабочем режиме $Q_B, \text{м}^3/\text{ч}$	при выходе на режим $\Delta P_{диф}, \text{МПа}$	в рабочем ре- жиме $\Delta P_{диф},$ МПа	
35	6,1	4,05	0,31	0,12	62,5
36	6,2	4,15	0,32	0,12	61,0
37	6,2	4,25	0,32	0,13	59,5
38	6,3	4,35	0,33	0,13	58,0
39	6,3	4,50	0,33	0,14	56,5
40	6,4	4,60	0,34	0,15	55,0
41	6,4	4,70	0,34	0,16	53,5
42	6,5	4,80	0,35	0,17	52,0
43	6,6	4,95	0,36	0,18	51,0
44	6,7	5,05	0,37	0,19	50,0
45	6,8	5,20	0,38	0,20	49,0
46	6,9	5,30	0,39	0,21	48,0
47	7,0	5,40	0,40	0,22	47,0
48	7,1	5,50	0,41	0,23	45,5
49	7,2	5,65	0,41	0,24	44,5
50	7,3	5,75	0,43	0,25	44,0
51	7,4	5,85	0,44	0,26	43,0
52	7,5	5,95	0,45	0,27	42,0
53	7,7	6,10	0,46	0,29	41,0
54	7,8	6,20	0,48	0,30	40,5
55	7,9	6,35	0,50	0,31	40,0
56	8,0	6,45	0,52	0,32	39,0
57	8,1	6,55	0,54	0,33	38,5
58	8,2	6,70	0,56	0,34	38,0
59	8,3	6,80	0,58	0,36	37,0
60	8,4	6,90	0,60	0,37	36,5
61	8,6	7,00	0,61	0,38	36,0
62	8,8	7,15	0,63	0,39	35,5
63	9,0	7,25	0,65	0,41	35,0
64	9,2	7,35	0,67	0,42	34,5
65	9,4	7,50	0,69	0,44	34,0
66	9,6	7,60	0,71	0,45	33,5
67	9,8	7,70	0,73	0,47	33,0
68	10	7,85	0,75	0,49	32,5

Если время наполнения мерной емкости отличается от табличного более чем на $\pm 1\text{с}$, необходимо повторить проверку расхода воды затворения. Если при

повторном измерении времени получается такое же отличие по величине и по знаку, то необходимо установить причину несоответствия показаний дифманометра фактическому расходу воды и устранить ее. В случае, когда невозможно устранить неисправность, необходимо при пользовании дифманометром вносить поправку на величину отклонения показания.

После монтажа и проверки комплекса оборудования в действии производится подача воды и пуск агрегата при открытом переключателе потока. Затем определяется фактическая высота подачи раствора и состояние проложенного растворопровода. Для этого агрегатом при сомкнутом переключателе потока прокачивается по растворопроводу вода с расходом $0,0022 \text{ м}^3/\text{с}$ ($8 \text{ м}^3/\text{ч}$) до выхода ее из выпускной трубы. Фиксируется давление в растворопровode при включенной установке и при выключенной. Фактическая высота подачи раствора определяется путем умножения на множитель 100, если отсчет по манометру (давление в растворопровode), берется в МПа.

Затем снова подается вода в количестве, определенном по таблице 4 (графа "Расход воды затворения при выходе на режим"), включается агрегат, заполняется растворопровод водой и производится загрузка гипсового вяжущего и постепенное (в течении 60-120 с) уменьшение расхода воды до ориентировочной рабочей нормы, определяемой по таблице. При уменьшении расхода воды необходимо контролировать показания манометра "давление раствора", которое не должно превысить табличных значений.

После истечения 30 с работы в рабочем режиме отбирается проба раствора (из переключателя потока или промывочного крана) для контроля плотности с помощью ареометра (например, типа АБР-1). При этом производится два замера плотности набранной пробы. Значения измеренной плотности перекачиваемого раствора не должно быть меньше полученного табличного значения. Если измеренные показания плотности оказались меньше табличного значения, то необходимо уменьшить расход воды из расчета, что уменьшение показаний по дифманометру на $0,02 \text{ МПа}$ приведет к увеличению плотности в среднем на $0,02 \text{ МПа}$.

При достижении требуемой плотности раствора закрывается переключатель потока и производится заливка перемычки. В этот момент оператор фиксирует показания по манометру "Давление раствора". Понижение показаний этого манометра свидетельствует об уменьшении подачи гипсового вяжущего в бункер и требует принятия экстренных мер по восстановлению расхода вяжущего путем прочистки сетки бункера или горловины загрузочного устройства, а также повышению интенсивности загрузки агрегата. Если после этого показания манометра не изменяются, то необходимо уменьшить подачу воды до восстановления прежних показаний.

Следует отметить, что критерием оценки качества перекачиваемого раствора является плотность, контролируемая ареометром. Однако метод контроля прочности материала по плотности перекачиваемого раствора является достоверным только при наличии достоверных исходных лабораторных данных: прочности и плотности данной партии гипсового вяжущего при стандартной консистенции. Поэтому не допускается определение качества перекачиваемого

раствора данной партии и вида по сопоставлению его плотности с плотностью другой партии или вида вяжущего при стандартной консистенции.

При применении нескольких партий гипсовых вяжущих с различными значениями стандартной консистенции, отличающимися более чем на 10 % [3], необходимо перекачивать вначале партию вяжущего, имеющего большее значение стандартной консистенции. При переходе на подачу вяжущего с меньшим значением стандартной консистенции необходимо внести поправку на расход воды.

Следует помнить, что беспорядочное смешивание вяжущих, стандартная консистенция которых отличается более чем на 10 %, приведет к резкому нарушению подачи рабочей нормы воды в агрегат (оператор не может реагировать на беспорядочную смену партий вяжущего), а, следовательно, к нарушению приготовления рабочей консистенции раствора, что приведет или к перегрузке двигателя и остановке его (при загрузке вяжущего с большим значением стандартной консистенции) или приготовлению раствора низкой прочности (при загрузке вяжущего с меньшим значением стандартной консистенции). Эти отрицательные явления можно исключить четкой организацией работы.

Следует помнить, что для обеспечения дальности подачи гипсового раствора и растекания его в межопалубочном пространстве необходимо готовить раствор более подвижным, так называемой, рабочей (менее вязкой по сравнению со стандартной) консистенции. Увеличение подвижности раствора получают введением специальных пластификаторов или увеличение на 20 % количества воды затворения не только понижает прочность и вязкость, но и отодвигает начало схватывания раствора. Поэтому увеличение на 20 % количества воды затворения для непластифицированного гипсового вяжущего обеспечивает приготовление раствора, перекачивание его на расстояние до 30 м и растекание в межопалубочном пространстве.

Увеличение дальности перекачивания непластифицированного вяжущего более чем на 30 м за счет увеличения количества воды затворения выше упомянутой нормы недопустимо, так как приведет к значительному снижению прочности материала перемычки.

Непрерывная и интенсивная загрузка агрегата вяжущим в количестве не менее 160 кг/мин обеспечивается:

- установкой смесительного агрегата в соответствии с требованиями инструкции по его эксплуатации, когда обеспечивается эффективная вибрация приемного бункера;
- постоянной подачей вяжущего в бункер (уровень вяжущего должен быть выше уровня сетки, воздушная воронка в центре бункера, резко снижающая поступление гипса в агрегат, не должна образоваться);
- постоянной очисткой сетки бункера от посторонних предметов, которые создают препятствие свободному поступлению вяжущего в бункер;
- четкой организацией доставки вяжущего к агрегату.

Следует отметить, что незначительная негерметичность соединений системы «бункер-насос» приводит к существенному снижению количества посту-

пающего вяжущего в агрегат, а следовательно, к нарушению режима приготовления раствора и снижению прочности моноблока перемычки.

Следует знать, что отношение «вода-вяжущее» является важным показателем прочности материала. Если увеличить количество подачи воды затворения в агрегат выше допустимой нормы, что равносильно уменьшению подачи количества вяжущего в бункер, то прочность будет снижена или раствор вообще не затвердеет. Поэтому отклонение от рабочего соотношения «вода-вяжущее» при возведении сооружения является грубым нарушением технологического режима и ведет к снижению прочности перемычки, образованию слоев различной прочности и др.

Образование слоев различной прочности происходит также при нарушении правил пользования переключателем потока или возведением перемычки без его применения. Такими нарушениями являются преждевременное смыкание растворопровода переключателем потока (до получения рабочей консистенции раствора) или же несвоевременное его размыкание при вынужденных остановках из-за прекращения подачи вяжущего в бункер. Необходимо размыкать растворопровод сразу же после того, как уровень вяжущего в бункере спустится ниже уровня сетки.

Для контроля прочности материала перемычки необходимо при ее возведении отобрать из переключателя потока пробы (не менее двух) гипсового раствора и залить его в специальные формы (например, типа ФБС) размером 40x40x160 мм.

Первая проба отбирается при заполнении перемычки на 1/3 ее высоты, а вторая – на 2/3 высоты перемычки. После заполнения формы и затвердевания раствора ее необходимо поместить в полиэтиленовый мешок, завязать его (с целью исключения высыхания образцов) и доставить в лабораторию для определения прочности на сжатие, а также плотности образцов.

При возведении перемычки оператор заполняет журнал учета работы и проверок установки.

Результаты лабораторных испытаний гипсового вяжущего хранятся в течение года после возведения взрывоустойчивой перемычки.

В таблице 5 указан примерный перечень приборов для определения основных физико-механических свойств гипсовых вяжущих в лаборатории.

Таблица 5 – Перечень приборов для определения основных физико-механических свойств гипсовых вяжущих в лаборатории ГВГСС

Наименование	Назначение
Консистометр	Определение вязкости перекачиваемых растворов
Прибор для измерения образцов из цемента на изгиб	Испытание образцов-балочек на изгиб
Пресс строительный	Испытание образцов-балочек на сжатие
Лабораторная мешалка	Приготовление проб
Форма балочек ГОСТ 310 4-76	Форма для получения образцов-балочек
Прибор для определения стандартной консистенции Ареометр	Измерение плотности растворов, жидкостей и пульпы

Выводы

1 Основными критериями технологического контроля возведения взрывоустойчивых перемычек являются:

- постоянная подача воды затворения требуемого качества и количества;
- плотность перекачиваемого раствора;
- непрерывная и интенсивная загрузка смесительно-нагнетательного агрегата сухим материалом в требуемом количестве.

2 Средства технологического контроля возведения взрывоустойчивых перемычек должны иметь возможность замера:

- расхода воды затворения от 4 до 10 м³/ч;
- плотности перекачиваемого раствора от 0,00164 до 0,0018 кг/см³;
- загружаемого сухого материала - не менее 160 кг/мин.

Список литературы

1. ДНАОП 1.1.30-4.01.97 Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ – Киев, 1997.- 453 с.
2. Основные технологические параметры приготовления и перекачивания быстротвердеющих растворов / А.С. Омельченко, Г.И. Пефтибай, Э.Г. Чайковская, Н.П. Диденко // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. / НИИГД.- Донецк, 2002.- С. 110-114.
3. Агеев В.Г. Взрывозащита при изоляции пожаров в угольных шахтах/ В.Г. Агеев.– Донецк: Арпи, 2014.–338 с.

Курбацький Є.В., к.т.н., Овчаренко В.Л., к.т.н. (ДонНТУ), Пефтібай Г.І.,
Чайковська Е.Г. (НДІГС «Респіратор»)

ОСНОВНІ ВИМОГИ І ЗАСОБИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗВЕДЕННЯ ВИБУХОСТІЙКИХ ПЕРЕМІЧОК

Визначено основні вимоги технологічного контролю готування і перекачування швидкотвердіючих розчинів з гіпсових в'язучих при зведенні вибухостійких перемічок. Представлено перелік основних засобів технологічного контролю зведення ізолюючих споруджень гідромеханічним способом у шахтах.

Ключові слова: шахта, вибух, перемічка, зведення, гіпс, розчин, технологія