

РЕКОМЕНДАЦИИ

по ведению изоляционных работ на участках
с осложнившимся пожаром
с использованием смесей на основе цементных вяжущих

Донецк
2020

Рекомендации по ведению изоляционных работ на участках с осложнившимся пожаром с использованием смесей на основе цементных вяжущих: утв. МЧС ДНР 28.04.2019. – Донецк, 2020. – 39 с.

Приведены рецептуры цементно-шлаковой и цементно-зольной смесей с ускорителем твердения хлористым кальцием. Описана технология изготовления сухих смесей, полностью готовых к применению в шахте, перечислено необходимое оборудование, изложены математические соотношения для определения расходов компонентов смеси, массы сухого материала, закладываемого в смеситель, расхода воды, массы раствора и сухого вещества. Предложено использование пневмонагнетательного оборудования для приготовления и перекачивания цементных растворов. Разработана номограмма для оперативного определения толщины взрывоустойчивой перемычки в зависимости от глубины возведения, сечения выработки, перепада температур.

Рекомендации предназначены для специалистов горноспасательной службы, работников предприятий угольной промышленности.

Составители: В.Г. Агеев, Н.А. Галухин, Д.В. Захаров, С.А. Коробкин, П.С. Пашковский, Г.И. Пефтибай, Ю.Н. Пономарев, В.А. Спичка, И.А. Сурмилов

© МЧС ДНР, 2020
© НИИГД «Респиратор», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Область применения.....	6
2 Технология возведения перемычки	7
3 Оборудование для приготовления и перекачивания цементных растворов.....	15
4 Компонентный состав быстротвердеющих смесей с цементным вяжущим.....	20
5 Изготовление сухих смесей с цементным вяжущим.....	23
6 Хранение и транспортирование.....	29
Приложение А Технические характеристики оборудования для приготовления и перекачивания цементных растворов.....	32
Приложение Б Технические характеристики основного технологического оборудования.....	34
Приложение В Расчет ориентировочной себестоимости изготовления сухой смеси.....	36
Приложение Г Перечень приборов для определения основных физико-механических свойств смесей.....	39

ВВЕДЕНИЕ

Применение сухих смесей на основе цементного вяжущего для возведения изолирующих и взрывоустойчивых перемычек позволяет устранить ряд недостатков, присущих гипсовому вяжущему: низкую влагостойкость и, как следствие, повышенную ползучесть материала перемычки даже без учета действия различных факторов (горного давления, ударной волны и температуры); быструю схватываемость, ограничивающую дальность перекачивания и приводящую к аварийным остановкам. Стремление снизить скорость твердения гипсового вяжущего за счет увеличения подачи воды приводит к потере прочности гипсового материала или даже к утрате способности к схватыванию. С учетом того, что к вышеприведенным ограничивающим технологическим факторам добавляется проблема снабжения горных предприятий гипсовым вяжущим (отсутствие гипса на складах предприятий и невозможность его доставки в короткие сроки на аварийный объект), разработка Рекомендаций по ведению изоляционных работ с использованием материалов на основе цементного вяжущего является актуальной задачей, решение которой повысит оперативность и эффективность ликвидации аварий.

Материал на основе цементного вяжущего характеризуется длительным периодом набора механической прочности, достигающим 28 суток. Для сокращения времени набора прочности применяют ускорители твердения.

В Рекомендациях приводятся рецептуры цементно-шлаковой и цементно-золевой смесей с модифицирующей добавкой – ускорителем твердения в виде хлористого кальция. Основной акцент при разработке сухих смесей на основе цементного вяжущего сделан на малокомпонентность состава, низкую стоимость, применение промышленных отходов региона. Описана технология изготовления сухих смесей, полностью готовых к применению в шахте, приведен перечень необходимого оборудования, изложены необходимые математические соотношения с примерами решения задач по определению расходов компонентов смеси, массы сухого материала, закладываемого в смеситель, расхода воды, массы раствора и сухого вещества, необходимых для возведения перемычек. Для определения

прочности цементного материала в моноблоке перемишки по результатам лабораторных испытаний приведены графики.

В процессе освоения технологии возведения перемишек из материалов на основе цементных вяжущих рекомендуется проведение предварительных испытаний по заливке смеси с целью определения возможности применения агрегатов типа «Монолит» и другого смесительно-нагнетательного оборудования аналогичного назначения для ведения работ по изоляции пожарных участков.

Рекомендации предназначены для использования специалистами ГВГСС и работниками угольной промышленности.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

К наиболее опасным видам аварий, которые приводят к существенным материальным потерям, относятся подземные пожары. Локализацию взрывов горючих газов в изолированном пространстве осуществляют путем сооружения взрывоустойчивых перемычек, поэтому прочностные характеристики материала перемычки должны обеспечить требуемое сопротивление при воздействии давления во фронте ударной волны. Наиболее эффективным способом их возведения является гидромеханический дистанционный способ, результат применения которого – создание специальных монолитных изолирующих сооружений.

Областью применения настоящих Рекомендаций по ведению изоляционных работ являются:

- технология изготовления сухих цементных смесей, полностью готовых к применению в шахтных условиях;
- возведение взрывоустойчивых перемычек, сооружаемых из материалов на основе цементного вяжущего на участках горных выработок с осложнившимся пожаром;
- возведение взрывоустойчивых перемычек в горных выработках, подлежащих последующему затоплению.

2 ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ПЕРЕМЫЧКИ

2.1 Выбор места для возведения перемычки и смесительно-нагнетательной установки, возведение опалубки, обеспечение взрывоустойчивости перемычки с заданной прочностью материала и монолитностью взрывоустойчивого сооружения осуществляются аналогично соответствующим требованиям для гипсовых перемычек, которые изложены в «Уставе по организации и ведению горноспасательных работ ГВГСС МЧС ДНР» (Донецк, 2016), СОУ 10.1-00174102-016:2011 «Вентиляційні, ізолюючі та вибухостійкі перемички при ліквідації аварій у вугільних шахтах. Конструкція, матеріали та технологія зведення», СОУ 10.1-00174102-022:2012 «Шахтні вибухостійкі споруди, що ізолюють. Загальні технічні вимоги».

Возведение опалубки (деревянной, бетонитовой и др.) и нормы расхода материалов регламентируются СОУ 10.1-00174102-016:2011 (п. 6.1.5, приложение Г).

Сроки начала схватывания разработанного материала составляют 55-60 мин, что подтверждено экспериментальными исследованиями. В качестве кладочного раствора при возведении бетонитовой опалубки и выполнении сопутствующих работ можно использовать разработанный материал, а в отдельных случаях (при сечении выработок от 4 до 8 м²) – с 10 % добавкой гипсового вяжущего марки ГЗ-Г5.

2.2 Толщина взрывоустойчивой перемычки определяется на основе разработанной математической модели напряженно-деформированного состояния перемычки под действием горного давления, ударной волны и температуры. Для оперативного определения толщины перемычки разработана номограмма (рисунок 2.1). По исходным данным (сечение выработки, глубина и температура) определяют толщину перемычки. Начальную температуру определяют в горной выработке на момент принятия решения об изоляции участка. Конечную температуру, прогнозируемую по возможному тепловому воздействию (рисунок 2.1), рекомендуется определять, исходя из места возведения перемычки (на свежей или исходящей струе в зависимости от расстояния до очага пожара, температуры вмещающих пород и др.). Толщина перемычки по температурному фактору

должна определяться по максимальному значению прогнозируемого перепада температур.

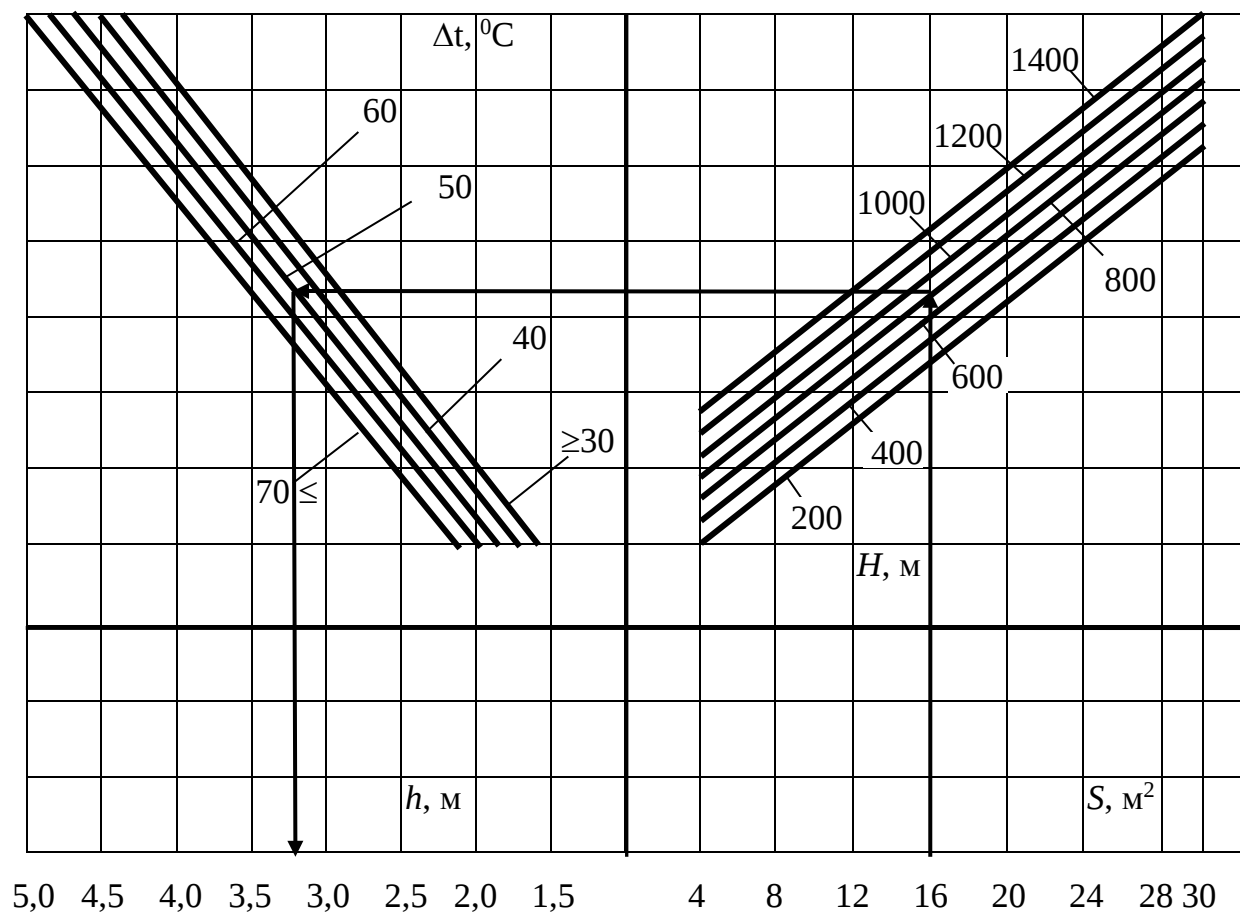


Рисунок 2.1 – Номограмма для определения толщины взрывоустойчивой перемычки h , возведенной с использованием смесей на основе цементных вяжущих, в зависимости от площади сечения выработки S , глубины возведения H , перепада температур ΔT (между конечной температурой, прогнозируемой по возможному тепловому воздействию, T и начальной T_0 в горной выработке соответственно) при нагрузке от воздушной ударной волны $q_z = 2,8 \text{ МПа}$

2.3 Возведение взрывоустойчивой перемычки производится специально обученным персоналом с помощью исправного смесительно-нагнетательного оборудования.

2.4 Заданная прочность материала перемычки при заданном времени твердения обеспечивается за счет качественного компонентного состава сухих смесей, строгого соблюдения водотвердого отношения, равномерной ритмичной подачи сухой смеси, тщательного перемешивания затворенной смеси.

2.5 Для обеспечения нормального режима приготовления и перекачивания цементного раствора необходимо заранее (при получении задания на возведение перемычки) выдать в письменной форме ответственному лицу следующие данные:

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

Согласно пп. 6.2-6.4 настоящих Рекомендаций эти данные должны быть получены на этапе изготовления и храниться на складе готового материала.

Допускается смешивание партий материалов с различными значениями прочности на сжатие при стандартной консистенции, но не менее 2,8 МПа (материал с меньшими значениями прочности не выпускается со склада). При этом конечные характеристики материала определяются по партии с наименьшими показателями.

2.6 Ответственный за возведение перемычки определяет:

- производительность установки «Монолит» путем выбора скорости подачи сухой смеси в загрузочное устройство и соответствующую подачу воды затворения согласно рисунку 3.1;
- настройку требуемого расхода воды по расходомеру путем регулирования вентиля;
- дозирование подачи сухой смеси в смеситель пневмонагнетателя согласно п. 3.8 и дозирование подачи воды затворения согласно пп. 3.9-3.11.

2.7 Перед началом заливки цементного материала в межопалубочное пространство перемычки отбирается проба раствора из рукава длиной не менее 50 м (позволяет увеличить время перемешивания цементного материала и улучшить его качество). При этом производится два замера плотности набранной пробы с помощью ареометра АБР-1М. Если измеренные значения плотности больше, чем значения плотности, указанной в паспорте на материал, то уменьшают подачу воды, добиваясь точного совпадения.

2.8 При необходимости, исходя из условий ведения работ, рекомендуется для контроля прочности материала перемычки при ее возведении отобрать пробы

(не менее двух) цементного раствора и залить его в специальные формы типа ФБС размером 40х40х160 мм. Первая проба отбирается при заполнении перемычки на 1/3 ее высоты, а вторая – на 2/3 высоты перемычки. Заполненную форму необходимо поместить в полиэтиленовый мешок, завязать его (с целью исключения высыхания образцов) и после затвердевания раствора (через 3-4 ч) доставить в лабораторию для определения прочности на сжатие. Транспортировку форм следует осуществлять осторожно, избегая ударов, вибраций и деформаций. К каждой форме ФБС прилагают информационный лист с точным временем взятия пробы и указанием температуры окружающей среды.

2.9 Прочность на одноосное сжатие отобранных образцов при температуре окружающей среды 20 °С не должна быть менее 3 МПа. Время испытания цементно-шлакового и цементно-зольного материалов от начала заливки в формы составляет 7 ч и 16 ч соответственно. Определение механической прочности на одноосное сжатие может быть проведено на лабораторной базе НИИГД «Респирактор» или другой специализированной организации. В случае, если механическая прочность на одноосное сжатие отобранных образцов менее 3 МПа, время отстоя перемычки необходимо увеличить в соответствии с рисунками 2.2 и 2.3.

2.10 Результаты лабораторных испытаний цементного вяжущего хранятся в горноспасательном подразделении в течение года после возведения взрывоустойчивой перемычки.

2.11 В моноблоке перемычки за счет гидратационных процессов цементного вяжущего и ускорителя твердения происходит нагрев цементной смеси, что приводит к интенсификации образования цементного камня и сокращению срока набора прочности по сравнению с образцами проб, отобранных для лабораторных испытаний в нормальных условиях.

2.12 Зависимость между временем твердения лабораторных образцов τ_0 и временем твердения материала перемычки τ_n находят по номограммам, представленным на рисунках 2.2, 2.3. Например, если время твердения цементно-шлакового образца в лабораторных условиях $\tau_0 = 7$ ч, то время твердения материала перемычки $\tau_n = 5$ ч. При таких длительностях твердения получается материал с $\sigma = 3$ МПа, что можно считать достаточным для ввода в эксплуатацию взрывоустойчивой перемычки.

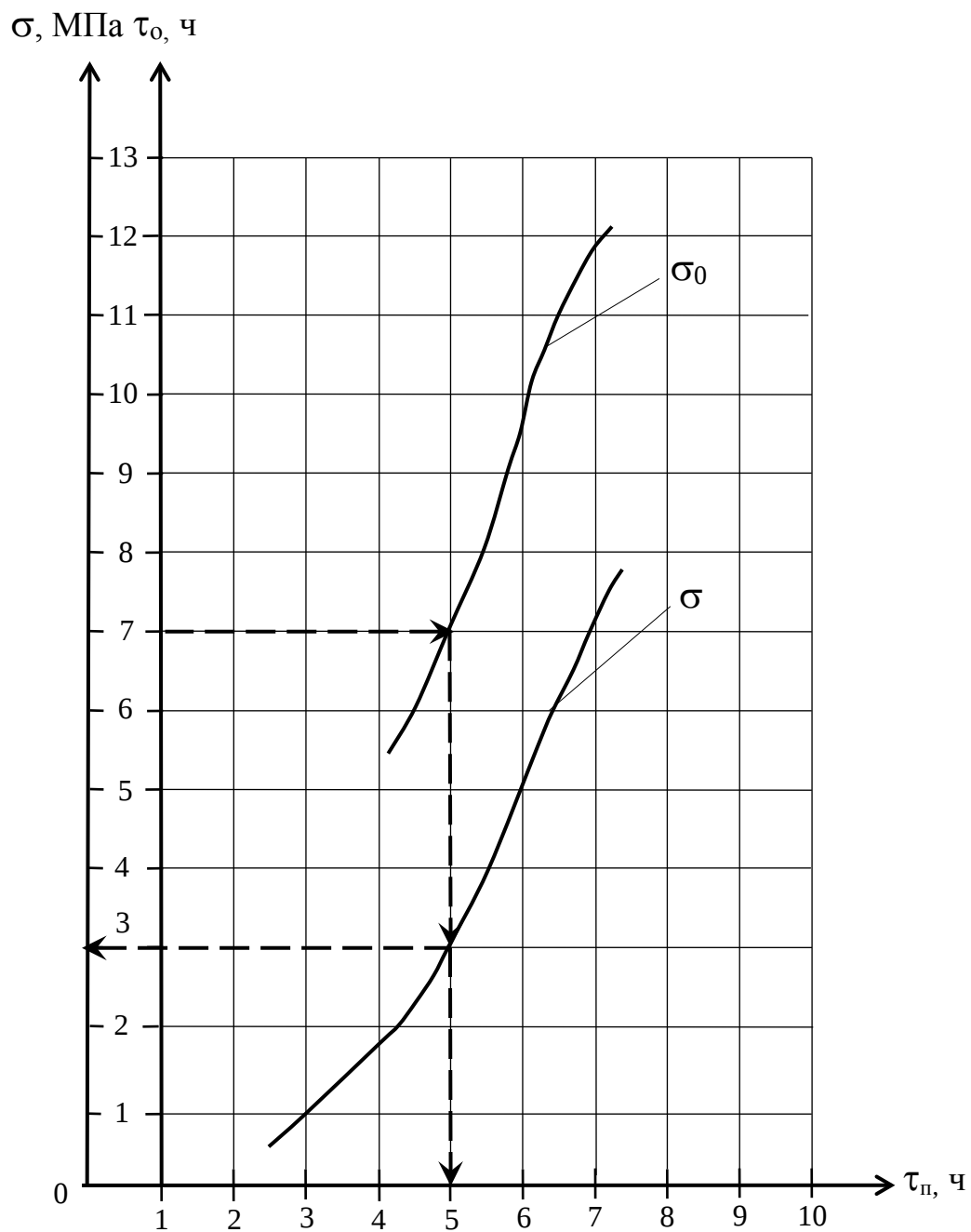


Рисунок 2.2 – Номограмма для определения длительностей твердения цементно-шлакового материала в лабораторных условиях и в моноблоке перемычки

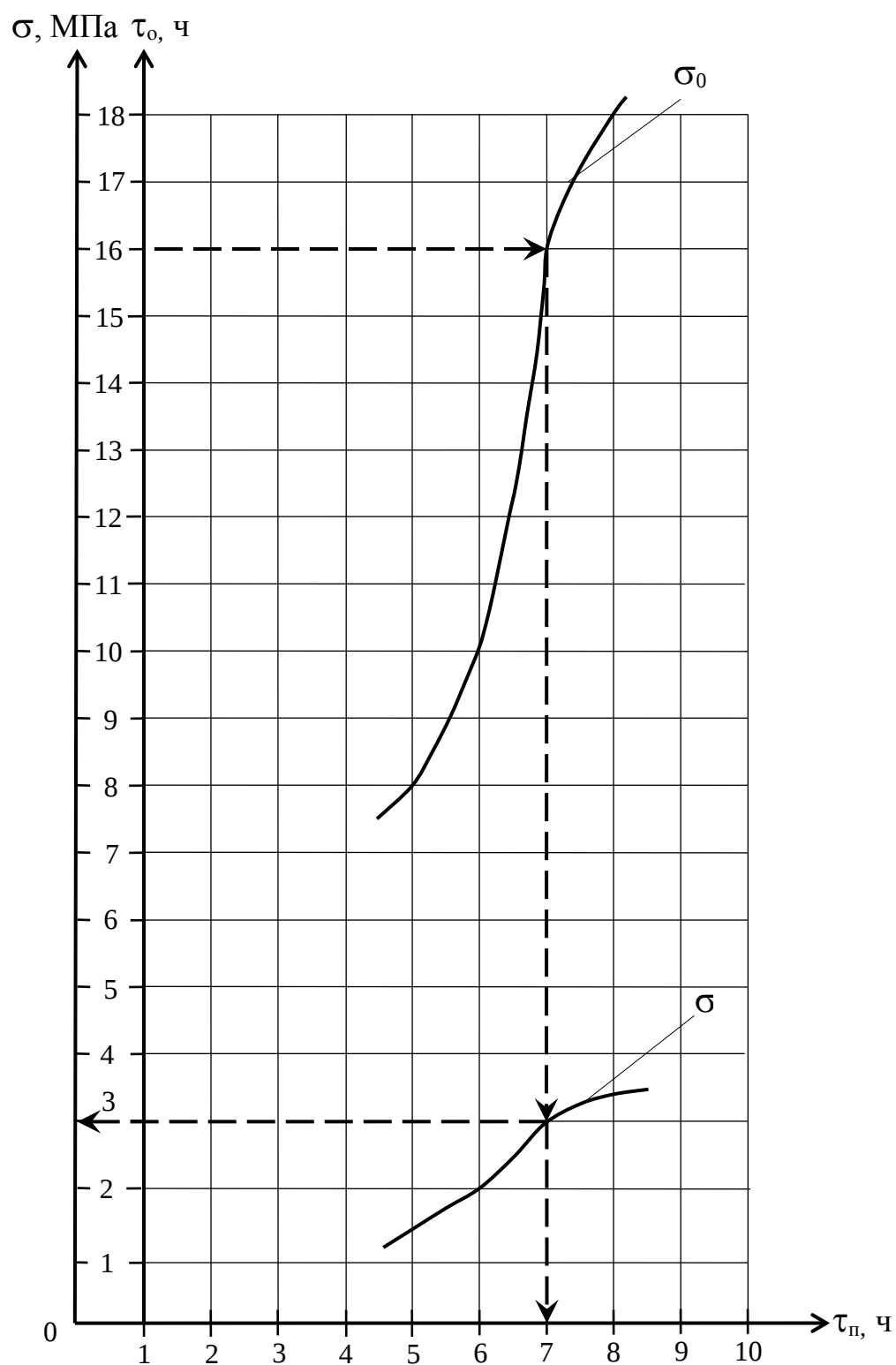


Рисунок 2.3 – Номограмма для определения длительностей твердения цементно-золяного материала в лабораторных условиях и в моноблоке перемычки

2.13 Особое внимание следует обращать на точность подачи объема воды затворения в смеситель. Увеличение объема воды выше допустимой нормы приводит к снижению скорости набора прочности и увеличению времени твердения, что эквивалентно снижению доли цементного вяжущего в растворе. Поэтому отклонение от рабочего значения водотвердого отношения является грубым нарушением технологического режима.

2.14 Монтажная схема смесительно-нагнетательного комплекса на основе пневмонагнетателя ПН-500 показана на рисунке 2.4.

2.15 Масса раствора m_p , кг, необходимая для возведения перемычки, определяется по формуле

$$m_p = \rho_p K_y \cdot K_n \cdot S \cdot h,$$

где ρ_p – плотность раствора, кг/м³;

$K_y = 1,05$ – коэффициент усадки, 1;

$K_n = 1,2$ – коэффициент потерь, 1;

S – площадь сечения перемычки, м²;

h – толщина перемычки, м.

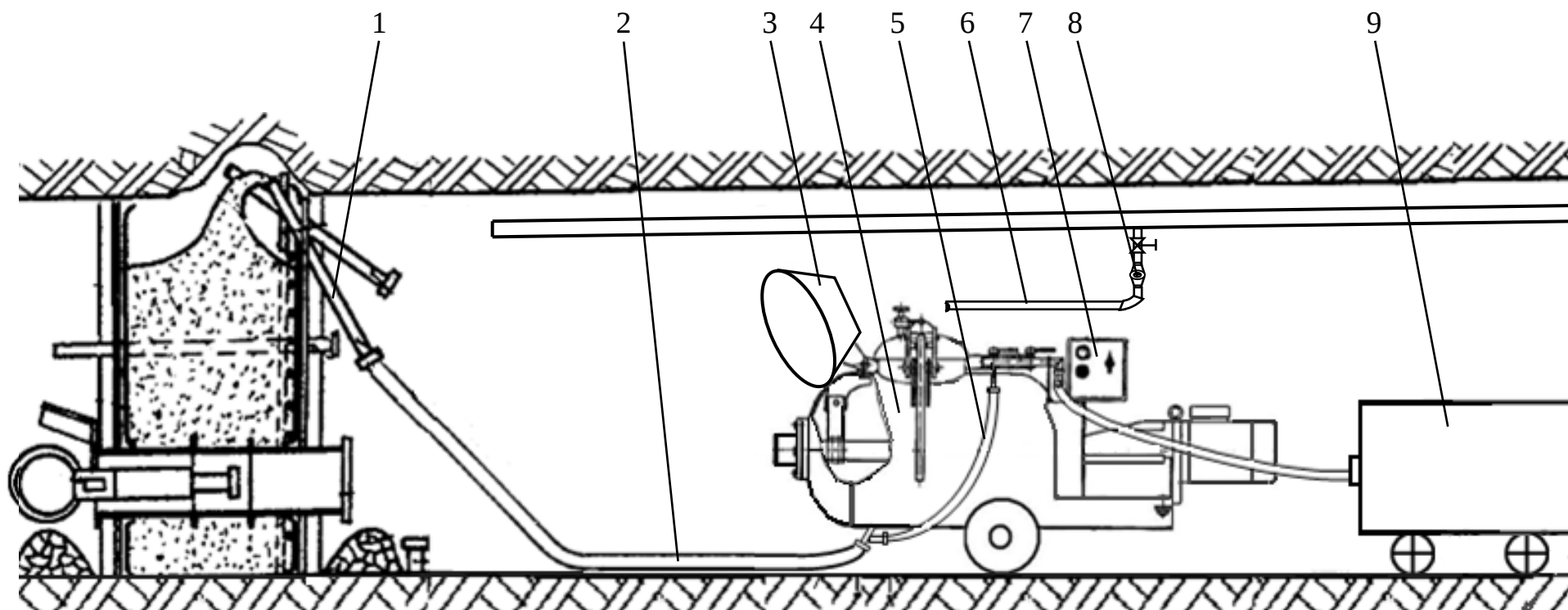
Плотность цементно-шлакового раствора составляет 1910 кг/м³. Плотность цементно-зольного раствора равна 1258 кг/м³.

2.16 Масса сухой смеси m_c , кг, необходимая для возведения перемычки (доставляемая в шахту), рассчитывается по формуле

$$m_c = m_p / (1 + B/T),$$

где B/T – водотвердое отношение, 1.

Для цементно-шлаковой смеси $B/T = 0,3$, а для цементно-зольной смеси $B/T = 0,4$. Поэтому массу сухой цементно-шлаковой смеси, $m_{cш}$, кг, определяют по формуле $m_{cш} = 0,769 m_p$, а массу цементно-зольной смеси, $m_{cз}$, кг, – по формуле $m_{cз} = 0,714 m_p$.



1 – труба заливная; 2 – рукав выпускной; 3 – откидная воронка; 4 – емкость смешительно-нагнетательной установки;
5 – воздушный рукав; 6 – рукав подачи воды; 7 – пульт управления; 8 – счетчик воды; 9 – компрессор

Рисунок 2.4 – Монтажная схема смешительно-нагнетательного комплекса на основе пневмонагнетателя ПН-500

3 ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

3.1 Цементные растворы ввиду присутствия химического ускорителя твердения требуют тщательного перемешивания.

3.2 Наиболее полно требованиям по работе с абразивным заполнителем (доменным отвальным шлаком) и гарантированным временем перемешивания соответствует пневмонагнетательная техника (например, пневмонагнетатель ПН-500). Техническая характеристика пневмонагнетателя ПН-500 приведена в таблице А.1 приложения А.

3.3 Пневмонагнетатель ПН-500 содержит герметичный смеситель емкостью 600 л, обеспечивающий требуемое время смешения и систему пневмотранспорта по рукавам растворопровода. Перемещение раствора на требуемое расстояние осуществляется за счет подачи сжатого воздуха в полость наддува смесителя.

3.4 Пневмонагнетатель требует внешнего источника питания сжатым воздухом с расходом 6 м³/мин и давлением 0,7 МПа. Для применения рекомендуется компрессорная установка, например, типа УКВШ, техническая характеристика которой приведена в таблице А.2 приложения А.

3.5 Точное дозирование сухой смеси обеспечивается стандартной массой одного мешка, равной 30 кг для цементно-шлаковой смеси и 16 кг для цементно-зольной смеси.

3.6 Технология затворения предусматривает строгую последовательность загрузки смесителя сначала водой, а затем сухой смесью через откидную загрузочную воронку. Расчет компонентов производится с учетом образования в верхней части смесителя полости наддува, равной примерно 20 % от объема емкости смесителя.

3.7 Максимальное количество смеси, закладываемой в смеситель на один замес, определяют по формулам

— для цементно-шлаковой смеси

$$\frac{30n}{\rho_{\text{сш}}} + \frac{0,3 \cdot 30n}{\rho_b} = 0,8V,$$

– для цементно-зольной смеси

$$\frac{16n}{\rho_{\text{сз}}} + \frac{0,4 \cdot 16n}{\rho_b} = 0,8V,$$

где n – число мешков сухой смеси, 1;

$\rho_b = 1000$ – плотность воды затворения, кг/м³;

$\rho_{\text{сш}} = 1600$ и $\rho_{\text{сз}} = 814$ – плотности сухих цементно-шлаковой и цементно-зольной смесей соответственно, кг/м³;

$V = 600$ – объем смесителя, л.

Решая уравнения получаем:

– для цементно-шлаковой смеси $n = 18$ мешков;

– для цементно-зольной смеси $n = 19$ мешков.

3.8 Потребный объем воды затворения, V_b , м³, находим по формулам:

– для цементно-шлаковой смеси

$$V_b = \frac{0,3 \cdot 30n}{\rho_b} = 0,162 \text{ м}^3 = 162 \text{ л.}$$

– для цементно-зольной смеси

$$V_b = \frac{0,4 \cdot 16n}{\rho_b} = 0,122 \text{ м}^3 = 122 \text{ л.}$$

3.9 Водотвердое отношение играет определяющую роль в скорости набора прочности материала взрывоустойчивой перемычки. При увеличении количества воды улучшаются условия транспортировки и растекаемость, но уменьшается

скорость твердения. Поэтому критически важным является точность дозирования воды затворения.

3.10 Для точного дозирования воды необходимо использовать механический счетчик воды (например, крыльчатый счетчик МТК-УА с номинальным диаметром 32 мм). Точность измерения составляет 0,05 л. Номинальное время подачи 162 л воды составляет 2 мин, минимальное – 1 мин. В таблице А.3 приложения А приведена техническая характеристика счетчика воды.

3.11 Потребная масса m , кг, сухой смеси для изготовления 1 м³ раствора определяется по формулам:

– для цементно-шлаковой смеси

$m + 0,3 m = 1910$, откуда $m=1469,23$ кг или 49 упаковок сухой смеси;

– для цементно-зольной смеси

$m + 0,4 m = 1258$, откуда $m=898,57$ кг или 56 упаковок сухой смеси.

3.12 Для получения минерально-цементных растворов рекомендуется использовать воду затворения, соответствующую требованиям ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия». В случае несоответствия воды затворения указанному нормативному документу необходимо до начала работ по заливке перемычки направить образцы воды (2-3 л) и сухого цементного материала для определения прочностных характеристик в лабораторию НИИГД «Респиратор» или другой специализированной организации.

3.13 Промывка оборудования и растворопровода может быть осуществлена водой из пожарно-оросительного трубопровода.

При непрерывном перекачивании раствора из-за свойства тиксотропии (потеря вязкости при перемешивании) промывка оборудования и растворопровода не осуществляется. При аварийных и вынужденных технологических перерывах промывка осуществляется, если время простоя составляет не менее 1 ч. После окончания работы промывку оборудования и растворопровода проводить обязательно.

3.14 Приготовление и перекачивание цементно-зольных растворов может быть осуществлено с помощью оборудования типа «Монолит» («Пневмолит»).

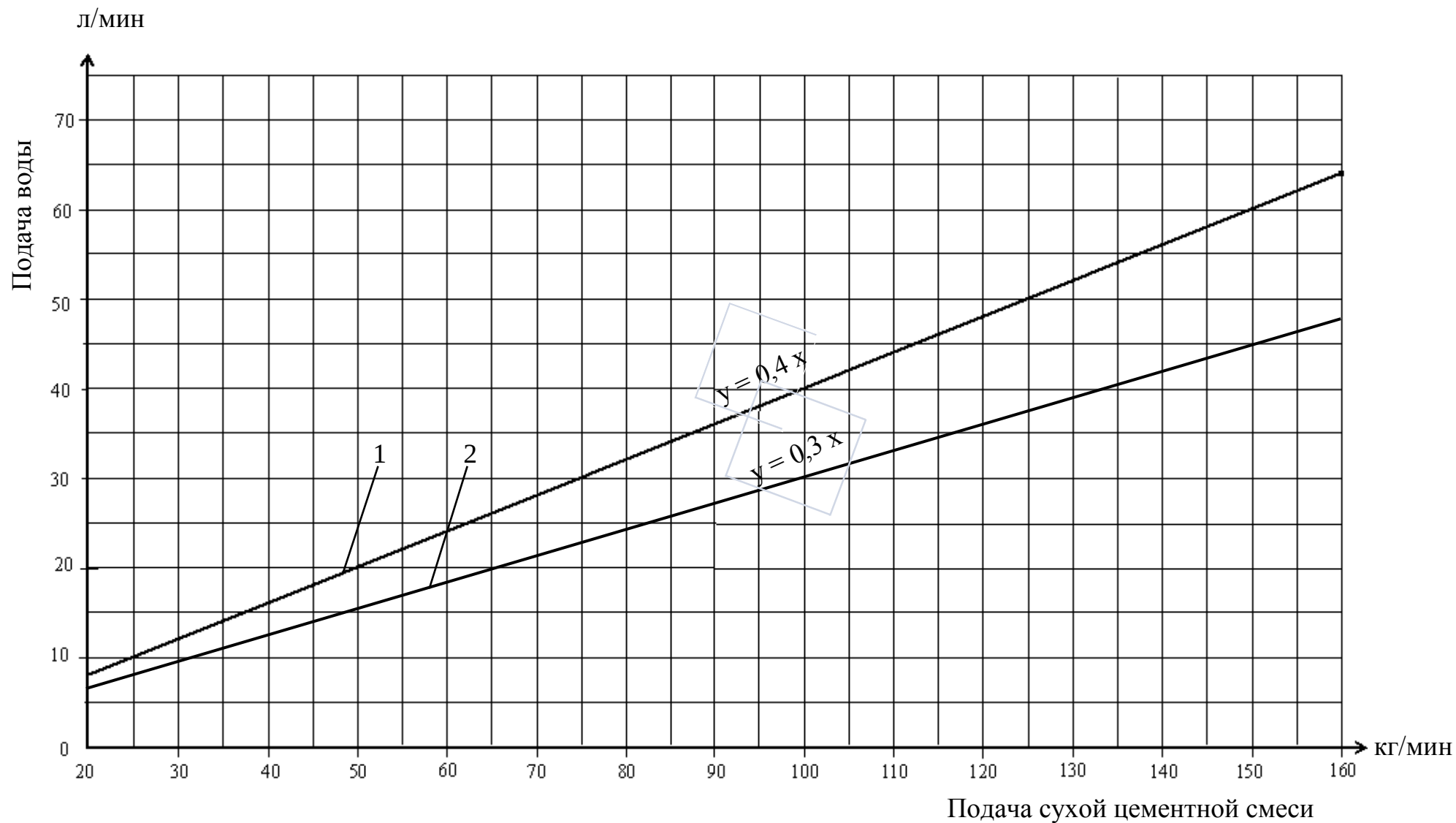
3.15 Агрегаты «Монолит», использующиеся в подразделениях ГВГСС для возведения гипсовых перемычек, рекомендуются для работы с материалами на основе цементных вяжущих, содержащих заполнитель золу-уноса, т.к. основные физико-механические свойства вышеуказанных материалов сходны (таблица 3.1). Длительность перемешивания раствора должна быть не менее 3-4 мин (с учетом развертывания рукавной линии не менее 50 м диаметром не менее 51 мм).

Таблица 3.1 – Основные физико-механические свойства сыпучих строительных материалов (по ДСТУ Б.В.2.7-82:2010, ДСТУ Б В.2.7-46:2010, ДСТУ Б В.2.7-128:2006, ГОСТ 25818-2017 и др.)

Материал	Объемная масса в рыхлом насыпном состоянии, т/м ³	Средний нормируемый размер частиц, мм	Коэффициент трения	
			по стали	по резине
Гипс строительный	0,8 – 0,9	0,2	0,61 – 0,78	0,70 – 0,82
Зола сухая	0,6 – 0,8	0,045	0,60 – 0,85	–
Цемент	0,8 – 1,2	0,08	0,30 – 0,65	0,61

3.16 Монтажная схема оборудования типа «Монолит» аналогічна монтажній схемі при возведенні гипсових перемычек и подробно изложена в нормативных документах – «Уставе по организации и ведению горноспасательных работ ГВГСС МЧС ДНР» (Донецк, 2016), СОУ 10.1-00174102-016:2011 «Вентиляційні, ізолюючі та вибухостійкі перемички при ліквідації аварій у вугільних шахтах. Конструкція, матеріали та технологія зведення», СОУ 10.1-00174102-022:2012 «Шахтні вибухостійкі споруди, що ізолюють. Загальні технічні вимоги».

3.17 Расход воды затворения зависит от темпа подачи сухой цементной смеси и определяется по графику, представленному на рисунке 3.1.



- 1 – зависимость подачи воды от подачи сухой цементно-зольной смеси;
 2 – зависимость подачи воды от подачи сухой цементно-шлаковой смеси

Рисунок 3.1 – Зависимость подачи воды от подачи сухой смеси

4 КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ С ЦЕМЕНТНЫМ ВЯЖУЩИМ

4.1 В НИИГД «Респиратор» разработано несколько вариантов рецептур быстротвердеющих смесей в зависимости от скорости твердения и расхода цементного вяжущего.

4.1.1 Наименьшее время набора прочности достигается в составе с формулой Ц : Ш : ХК : ВД (7 : 3 : 0,04 : 0,3), где Ц – цемент; Ш – доменный отвалный шлак; ХК – хлористый кальций; ВД – вода. В скобках приведены относительные величины указанных компонентов. Цемент, заполнитель (доменный отвалный шлак) выражены в массовых долях. Химический ускоритель твердения – хлористый кальций – берется относительно массы цементного вяжущего, а вода – относительно суммарной массы твердых компонентов смеси.

4.1.2 Под наименьшим временем набора прочности смесей понимается время достижения прочности твердеющего материала, равной 3 МПа.

4.1.3 Для расчета заданного времени набора лабораторной прочности вышеприведенного состава необходимо пользоваться эмпирической кривой 1 набора ранней прочности $\sigma_{сж}$, МПа, показанной на рисунке 4.1. Кривая 1 аппроксимируется следующей приближенной формулой

$$\sigma_{сж} = 0,024 t^2 + 1,32 t - 4,71,$$

где t – время набора прочности, ч.

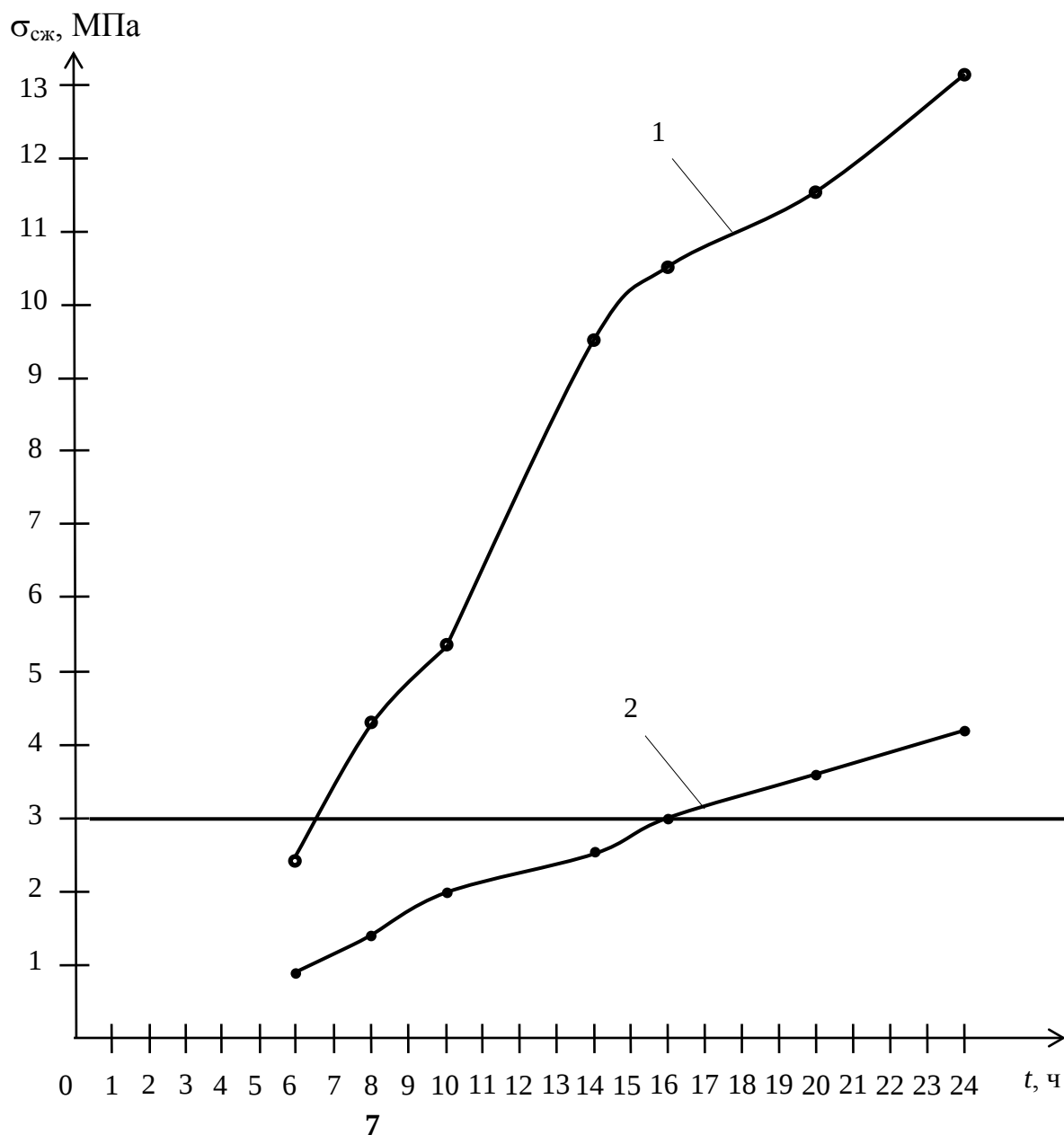
Из графика следует, что наименьшее время достижения прочности, равной 3 МПа, составляет около 6,5-7,0 ч.

4.1.4 Цементно-зольный состав с формулой

$$\text{Ц} : \text{З} : \text{ХК} : \text{ВД} (7 : 3 : 0,03 : 0,4),$$

где З – зола-уноса тепловой электростанции, - характеризуется низким коэффициентом трения и набирает прочность 3 МПа за 16 ч твердения (рисунок 4.1 кривая 2). Прочность рассчитывают по формуле

$$\sigma_{сж} = 0,18 t + 0,01.$$



1 • – состав Ц : Ш : ХК : ВД (7 : 3 : 0,04 : 0,3);

2 • – состав Ц : Ш : ХК : ВД (7 : 3 : 0,03 : 0,4)

Рисунок 4.1 – Эмпирические кривые набора ранней прочности

4.1.5 Мелкозернистая структура цементно-шлаковых смесей, необходимая для эффективного перекачивания по трубопроводу и растекаемости по площади перемычки, достигается за счет применения фракций шлака с диаметром не более 2 мм. Характеристика цементных смесей представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика цементных смесей

Вид смеси	Водотвердое отношение, 1	Средняя плотность раствора, кг/м ³	Средняя плотность сухой смеси, кг/м ³	Время набора прочности 3 МПа, ч		Масса сухой смеси на единицу объема перемычки, кг/м ³
				в лабораторных условиях	в моноблоке перемычки	
Цементно-шлаковая	0,3	1910	1600	6,5-7,0	5,0-5,5	1851
Цементно-зольная	0,4	1258	814	15,5-16,0	7,0-7,5	1132

4.1.6 Стабильность физико-механических свойств быстротвердеющих составов обеспечивается соответствием всех компонентов смеси нормативным документам. В таблице 4.2 приведен перечень материалов с соответствующими нормативными документами.

Таблица 4.2 – Перечень материалов

Материал	Нормативный документ	Возможный поставщик
Портландцемент ПЦ I 500	ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Цементы общестроительного назначения. Технические условия	ООО «Цемент Донбасса» (пгт. Новоамвросиевское)
Доменный отвалый шлак	ГОСТ 5578-94 Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия; ТУ У В.2.7.03450778.096-99 Шлак дробленый для дорожного строительства	ДМЗ (г. Донецк)
Зола	ГОСТ 25818-2017 Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия	Зуевская ТЭС (г. Зугресь)
Кальций хлористый гранулированный	ГОСТ 450-77 Кальций хлористый технический. Технические условия	Российский производитель

5 ИЗГОТОВЛЕНИЕ СУХИХ СМЕСЕЙ С ЦЕМЕНТНЫМ ВЯЖУЩИМ

5.1 Технология изготовления сухих смесей заключается в подготовке материалов, принудительном перемешивании и расфасовке.

5.2 Все поступающие на участок изготовления материалы должны иметь сертификат соответствия требованиям нормативных документов согласно таблице 4.2.

5.3 Наполнитель в виде доменного отвального шлака подвергается предварительной подготовке. Для приготовления исходной шлаковой массы требуется извлечение металла, дробление кусков шлака до необходимого размера, сушка полученной массы.

5.4 Для получения мелкозернистой структуры раствора, необходимой для хорошей растекаемости по межопалубочному пространству взрывоустойчивой перемычки, максимальный размер шлаковых частиц не должен превышать 2 мм. Допускается отделение металла от шлаковой массы производить вручную.

5.5 Целесообразно иметь на складе запас готовых сухих смесей (30-60 т) и материалов (заполнитель, ускоритель твердения), необходимых для изготовления годового объема. Поставку цементного вяжущего следует производить по мере необходимости.

5.6 Для получения мелкозернистой шлаковой массы с диаметром зерна не более 2 мм необходимо использовать шлаковую дробилку.

5.7 В качестве сушильной установки в технологической схеме необходимо использовать сушильный барабан.

5.8 Общая принципиальная схема производства сухих смесей показана на рисунке 5.1.

Схема включает участки приемки сырья (шлака, золы, цементного вяжущего и добавок), подготовки шлакового наполнителя, дозировочную секцию, смешительную секцию, упаковочно-фасовочную секцию.

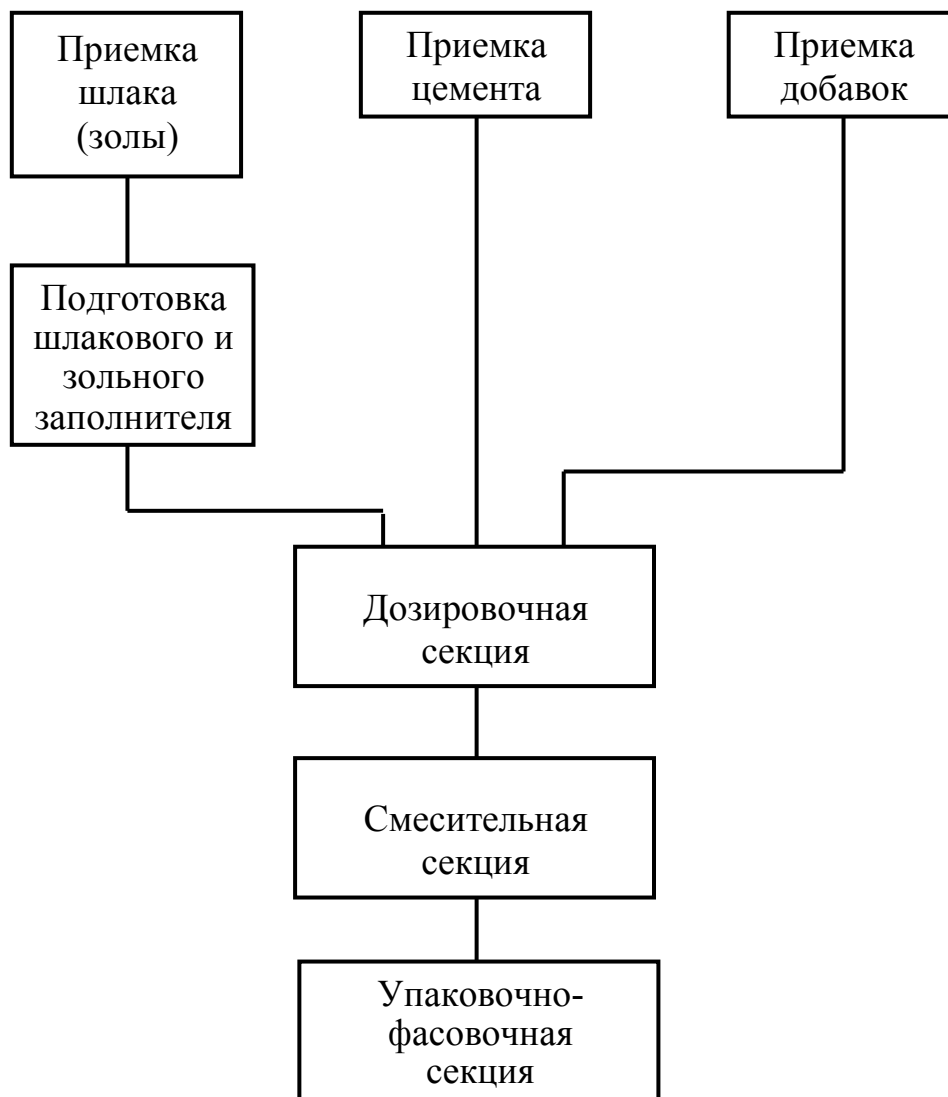


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема производства сухих смесей

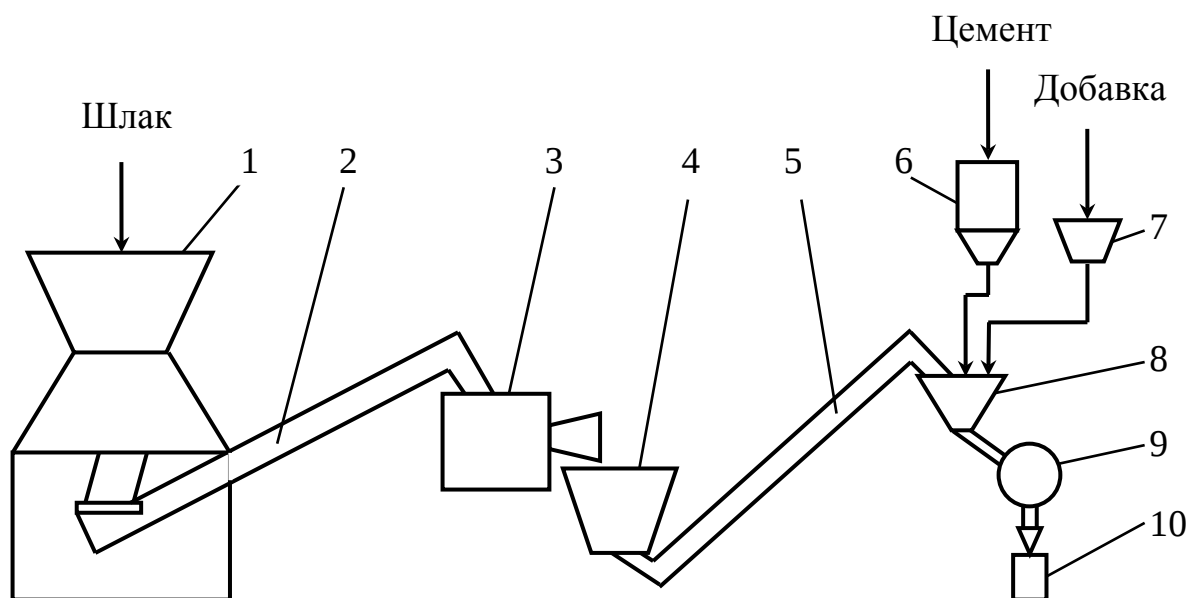
5.9 Технологическая схема изготовления сухой цементно-шлаковой смеси показана на рисунке 5.2.

5.10 Технологическая схема изготовления сухой цементно-шлаковой смеси может включать следующее оборудование (один из возможных вариантов):

- щековая дробилка 1 ЩДС-I-0,9х2,9 (ЗАО «Спайдермаш», г. Екатеринбург, Россия);
- сушильный барабан СУ 0,8 (компания «Интерпром», г. Челябинск, Россия);
- весовой дозатор ДВ-400 (ООО «Строй-Бетон», г. Москва, Россия);
- смеситель сухих смесей Проф-СС 350 (ООО «Строй-Бетон», г. Москва, Россия);

– установку фасовки в клапанные мешки ФАС-КМ2 (ООО «Строй-Бетон», г. Москва, Россия);

– шнековые конвейеры серий ТЕ и ТР (ООО «Строй-Бетон», г. Москва, Россия).



1 – щековая дробилка; 2, 5 – шнековые конвейеры; 3 – сушильный барабан; 4, 6 – накопительные бункеры; 7 – бункер для добавок; 8 – дозатор; 9 – смеситель; 10 – клапанные мешки

Рисунок 5.2 – Технологическая схема изготовления сухой цементно-шлаковой смеси

Доменный отвальный шлак подается в приемный бункер щековой дробилки 1 ЩДС-I-0,9х2,9. Она представляет собой компактный механизм для мелкого дробления хрупкого материала. Дробилка используется в промышленных условиях (длительный режим работы) для дробления шлака различной прочности и абразивности. Допускается работа с хрупкими материалами с пределом прочности на сжатие 250 МПа.

Выходная фракция шлака из дробилки 1 (рисунок 5.2) с помощью шнекового конвейера 2 подается в специальный сушильный барабан 3. Он предназначен для сушки молотого шлака в непрерывном режиме. Сушильный барабан является противоточным, т. е. подача шлака и горячего газа осуществляется навстречу друг друга. Температура дымовых газов на выходе из барабана составляет от 100 до

200 °С, а температура материала – около 100 °С. Эксплуатация барабана 3 допускается в диапазоне температур стенки корпуса от минус 25 до плюс 35 °С.

С выхода сушильного барабана 3 мелкодробленый и горячий шлак с температурой 100 °С подается в накопительный бункер 4 для остывания до температуры около 50 °С. После остывания шлака его подают с помощью шнекового конвейера 5 на дозатор 8 (весовой дозатор сыпучих материалов ДВ-400).

На дозатор 8 также поступает цемент из бункера 6 и добавка из бункера 7. Из выходного окна дозатора 8 отдозированные компоненты подаются самотеком в смеситель 9. Смеситель функционирует по принципу жидких слоев, образуемых механическим путем. Особая форма, расположение и скорость вращения смесительного приспособления создает центробежное вихревое движение, что позволяет производить объемное смешивание с равномерной плотностью каждого компонента в единице объема смеси. Это является гарантией того, что компоненты с различными гранулометрическими показателями и плотностью смешиваются точно, качественно и в краткие сроки.

Сухая смесь с выхода смесителя 9 направляется в установку фасовки в клапанные мешки 10. Установка предназначена для фасовки сыпучих материалов в клапанные мешки. При упаковке могут использоваться мешки для строительных смесей клапанного типа (например, мешки 58x45x11 3 сл. МК вместимостью 21,69 л по ГОСТ 2226-2013 «Мешки из бумаги и комбинированных материалов. Общие технические условия», ООО «МЦ Крафт», г. Сегеж, Россия). Указанная емкость мешка позволяет осуществить фасовку сухих цементно-шлаковых смесей по 30 кг, так как насыпная плотность материала, определенная экспериментальным путем, – 1600 кг/м³.

Сухие цементно-зольные смеси фасуют в мешки по 16 кг, поскольку плотность смесей, определенная также экспериментальным путем, – 814 кг/м³.

Многослойная структура материала мешка (крафт бумага) обеспечивает прочность и надежность, благодаря чему выдерживает фасовку тяжелых сыпучих материалов. Мешки обладают повышенной прочностью к разрыву и воздействию

влаги, позволяют сохранить качество и все свойства продукции во время ее транспортировки, складирования, хранения. Возможна дополнительная гидроизоляция полиэтиленовым слоем.

Позиции 2 и 5 в технологической схеме по рисунку 5.2 – шнековые конвейеры серий ТЕ и ТР. Конвейер состоит из лотка в форме трубчатого сечения, оснащенного, по крайней мере, одной разгрузочной и одной загрузочной горловинами, винтом, соединительными фланцами, редукторным двигателем. Длина шнекового конвейера выбирается по требованию от 2 до 15 м, внутренний диаметр шнека – 114 мм.

Объемы бункеров 4 и 6 выбирают в пределах от 3 до 5 м³. Обслуживают линию три человека: рабочий дозировочно-смесительного поста, рабочий дробильно-сушильного поста, упаковщик.

5.11 Рассмотренная выше технологическая схема используется также и для приготовления цементно-зольных смесей. При этом щековая дробилка используется как загрузочный бункер для золы. Зола, имеющая мелкодисперсный состав, просыпается в нижний приемный бункер. Далее процесс приготовления сухой смеси аналогичен описанному выше.

5.12 В приложении Б в таблицах Б.1-Б.5 приведены технические характеристики основного технологического оборудования.

5.13 Масса компонентов, необходимых для изготовления 1 т цементно-шлаковой смеси с соотношением цементного вяжущего к заполнителю, равным 7 : 3, определяется уравнением

$$7x + 3x + 0,04 \cdot 7x = 1000,$$

где x – масса одной части цемента, кг.

Решая уравнение, получаем $x = 97,28$ кг. Отсюда потребная масса цемента равна $7 \cdot 97,28 = 680,10$ кг; масса шлака равна $3 \cdot 97,28 = 291,84$ кг; масса хлористого кальция равна $0,04 \cdot 7 \cdot 97,28 = 27,20$ кг.

5.14 Масса компонентов, необходимых для изготовления 1 т цементно-зольной смеси, с соотношением цементного вяжущего к заполнителю, равным 7 : 3, определяется уравнением

$$7x + 3x + 0,03 \cdot 7x = 1000.$$

Отсюда $x = 97,94$ кг. Потребная масса цемента равна $7 \cdot 97,94 = 685,60$ кг; масса золы равна $3 \cdot 97,94 = 293,82$ кг; масса хлористого кальция равна $0,03 \cdot 685,60 = 20,57$ кг.

5.15 Для упаковки 1 т сухой цементно-шлаковой смеси в мешки по 30 кг потребуется 34 мешка закрытого клапанного типа 58х45х13 сл. МК вместимостью 21,69 л, а для упаковки 1 т сухой цементно-зольной смеси в мешки по 16 кг потребуется 63 мешка.

5.16 Расчет ориентировочной себестоимости изготовления сухих цементно-шлаковых и цементно-зольных смесей представлен в приложении В.

6 ХРАНЕНИЕ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ

6.1 Расфасованные сухие смеси должны храниться в отапливаемом помещении при относительной влажности не более 60 % в штабелях высотой не более 1,8 м, изолированные со всех сторон влагонепроницаемой пленкой.

6.2 Изготовленная партия сухих смесей должна быть подвергнута лабораторным испытаниям.

При лабораторных испытаниях необходимо определить:

- предел прочности на сжатие при стандартной консистенции, МПа;
- плотность при стандартной консистенции, кг/м³ (г/см³).

6.3 Мешки должны содержать маркировку с указанием вида смеси, номера партии и даты изготовления, предела прочности на сжатие (см. п. 6.10).

6.4 Над штабелями должна быть табличка с указаниями:

- номера партии;
- массы партии, т;
- даты испытания партии;
- предела прочности на сжатие, МПа;
- стандартной консистенции, %;
- плотности при стандартной консистенции, кг/м³ (г/см³).

6.5 Содержание влаги в компонентах смеси напрямую влияет на срок хранения. При полугодовом сроке хранения для исключения слеживания, комкования, схватывания влажность смеси не должна превышать 0,1 %. При влажности 0,3 % срок хранения сокращается до одного месяца. Влажность сухой смеси проверяют с помощью влагомера с погрешностью измерения не более $\pm 0,01$ %.

6.6 Через шесть месяцев хранения сухие смеси должны подвергаться ежемесячным лабораторным испытаниям, а результаты заноситься в паспорт с регистрацией реальных прочностных характеристик. Испытания проводят на лабораторной базе НИИГД «Респиратор» или другой специализированной организации.

6.7 Испытания проводятся на стандартных образцах-балочках размером 40х40х160 мм на прессе ПСУ-10 по ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».

6.8 Предел прочности на одноосное сжатие при наименьшем времени твердения не должен уменьшаться более чем на 7 %, то есть должен быть не менее 2,8 МПа.

6.9 Партия сухих смесей, не выдержавшая испытаний, может быть использована для других целей: заполнение куполов и закрепного пространства, возведение литых полос и др.

6.10 Отправка сухих смесей в шахту должна сопровождаться выдачей паспорта ответственному лицу ГВГСС. В паспорте должны быть указаны:

- вид смеси;
- номер партии;
- дата изготовления;
- предел прочности на сжатие, МПа;
- стандартная консистенция, % (на мешок цементно-шлаковой смеси массой 30 кг требуется 9 кг воды затворения, на мешок цементно-зольной смеси массой 16 кг – 6,4 кг воды затворения);
- плотность при стандартной консистенции, кг/м³ (г/см³).

6.11 Транспортирование сухих смесей осуществляется в чистых сухих вагонетках, закрытых водонепроницаемым материалом (полиэтиленовой пленкой, прорезиненной тканью и т.д.).

6.12 Сухие смеси являются гигроскопичными ввиду присутствия цементного вяжущего и особенно хлористого кальция. Срок хранения в шахте при условии тщательной изоляции водонепроницаемым материалом – не более одного месяца.

6.13 Операции по погрузке и выгрузке бумажных мешков с сухой смесью должны быть минимизированы и выполняться без повреждений упаковки.

6.14 Свойства сухой цементной смеси, предназначенной для возведения взрывоустойчивых перемычек в шахтах, определяется в специализированной лаборатории независимо от наличия паспортных данных завода-поставщика. Из каждой поставляемой партии сухой смеси отбираются для испытания пробы по ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии».

6.15 В лаборатории определяется стандартная консистенция, прочность на сжатие (ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»), средняя плотность затвердевшего раствора (в дальнейшем – плотность).

6.16 Плотность затвердевшего раствора на основе цементного вяжущего при стандартной консистенции определяется путем взвешивания образцов-балочек размером 40х40х160 мм и дальнейшего расчета по формуле:

$$\rho_{\text{ст}} = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{M_1}{V_1} + \frac{M_2}{V_2} + \frac{M_3}{V_3} \right),$$

где $\rho_{\text{ст}}$ – плотность раствора, имеющего стандартную консистенцию, г/см³
(плотность затвердевшего раствора, имеющего стандартную консистенцию практически совпадает с плотностью жидкого раствора этой же консистенции);

M_1, M_2, M_3 – масса образцов-балочек, г;

V_1, V_2, V_3 – объем образцов-балочек, см³.

6.17 Паспортные данные каждой партии вяжущего (прочность, стандартная консистенция, плотность) являются входным контролем поступившего материала и должны находиться на КП с оперативной документацией.

6.18 Ориентировочный перечень приборов для определения основных физико-механических свойств смесей на основе цементных вяжущих в специализированной лаборатории приведен в таблице Г.1 приложения Г.

6.19 При отсутствии паспортных данных производится определение основных физико-механических свойств путем отбора проб по ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технические характеристики оборудование для приготовления и перекачивания цементных растворов

Таблица А.1 – Техническая характеристика пневмонагнетателя ПН-500

Наименование	Значение
Тип насоса	пневматический
Производительность, м ³ /час	5 – 8
Давление на смесь, МПа	до 0,7
Высота подачи, м	до 40
Дальность подачи, м	до 100
Диаметр подключаемого бетонопровода, мм	65/75/100
Емкость резервуара, м ³	0,6
Объем готового замеса, м ³	0,5
Габаритные размеры, м	2,86 x 1,46 x 1,48
Вес, кг	910
Тип привода	электрический
Мощность, кВт	18,5
Тип компрессора	нет
Производительность (рекомендованная), м ³ /мин	4,2
Давление (рекомендованное), МПа	0,7
Размер заполнителя, мм	до 30

Таблица А.2 – Техническая характеристика винтовой компрессорной установки серии УКВШ (Украина)

Наименование	Значение	
	УКВШ-5/7	УКВШ-15/7
Объемная производительность, приведенная к начальным условиям, м ³ /мин	6,0	15,0
Давление абсолют., конечное, номин., МПа	0,7	0,7
Мощность установленного электродвигателя, кВт	55	90
Напряжение питания, В	380/660	380/660
Габаритные размеры, мм:		
длина	2150	3140
ширина	1050	1140
высота	1500	1600
База транспортной тележки, мм/колея, мм	1250/600 (900)	1650/600 (900)

Таблица А.3 – Техническая характеристика счетчиков воды многоструйных крыльчатых МТК-UA, МТW-UA

Наименование	Значение						
	15	20	25	32	40	50	50F
Номинальный диаметр счетчика, DN, мм	15	20	25	32	40	50	50
Максимальный расход, $Q_{\max}$, м ³ /ч	3,0	5,0	7,0	12,0	20,0	30,0	30,0
Номинальный расход, Q_n , м ³ /ч	1,5	2,5	3,5	6,0	10,0	15,0	15,0
Переходной расход, Q_t , м ³ /ч	0,12	0,20	0,28	0,48	0,80	1,2	1,2
Минимальный расход, $Q_{\min}$, м ³ /ч	0,03	0,05	0,07	0,14	0,20	0,3	0,3
Порог чувствительности, л, не более	15	15	20	20	40	40	40
Температура измеряемой воды, °C,	5-30 (X), 30-90 (Г)						
Максимальное рабочее избыточное давление измеряемой воды, МПа	1,0						
Потеря давления, МПа, не более	0,1						
Емкость счетного устройства, м ³	99999						
Цена деления счетного устройства, л	0,05	0,05	0,05	0,05	0,5	0,5	0,5
Масса без монтажных штуцеров, кг	1,36	1,55	2,0	2,25	4,4	6,8	11,5
Длина без монтажных штуцеров, L ₁ , мм	165	190	260	260	300	300	300
Высота счетчика, Н, мм	106	106	115	115,5	142	177	181,5
Высота счетчика, Н ₁ , мм	191	191	206	206	256	292	300
Ширина счетчика, W, мм	94	94	98	98	122	145	165
Номинальный диаметр резьбового соединения счетчика, G ₁ , дюйм	3/4	1	1/4	1 1/2	2	2 1/2	F
Номинальный диаметр резьбового соединения монтажных штуцеров, G ₂ , дюйм	1/2	4		1 1/4	1 1/2	2	D=165 D ₁ =125

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Технические характеристики основного технологического оборудования

Таблица Б.1 – Техническая характеристика дробилки ШДС-I-0,9х2,9

Наименование	Значение
Производительность, т/ч: разгрузочная щель 2 мм разгрузочная щель 5 мм	0,2 – 0,4 0,4 – 0,8
Размер кусков исходного материала, мм	до 60
Размер приемного окна, мм	90х290
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	1150 800 1220
Масса, кг	1000

Таблица Б.2 – Техническая характеристика сушильного барабана СУ 0,8

Наименование	Значение
Производительность при влажности материала не более 40 %, т/ч	0,5 – 1
Число оборотов барабана, об/мин	5 – 20
Мощность привода, кВт	2,2
Диаметр, мм	800
Высота, мм	2000
Ширина, мм	950

Таблица Б.3 – Техническая характеристика весового дозатора ДВ-400

Наименование	Значение
Дозируемый материал	Цемент, песок, шлак и т.п.
Пределы дозирования, кг	20 – 500
Погрешность дозирования, %, не более	0,5
Давление воздуха, МПа	0,6
Масса, кг	160

Таблица Б.4 – Техническая характеристика смесителя сухих смесей
Проф-СС 350

Наименование	Значение
Объем смесителя, л	350
Длина, мм	1800
Ширина, мм	900
Высота, мм	1050
Вес, кг	840
Мощность двигателя, кВт	12
Скорость вращения вала, об/мин	60
Время перемешивания смеси, мин	2 – 6

Таблица Б.5 – Техническая характеристика установки ФАС-КМ2

Наименование	Значение
Тип мешков для фасовки	Клапанные, шитые
Ширина мешков, см	30 – 50
Длина мешков, см	30 – 75
Ширина клапанов, см	11 (9, 13)
Диапазон дозации, кг	10 – 50
Дозация, мешков в час	120
Мощность, кВт	6
Масса, кг	290

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчет ориентировочной себестоимости изготовления сухой смеси

В.1.1 Расчет ориентировочной себестоимости изготовления сухой цементно-шлаковой смеси

Основными статьями себестоимости производства сухой цементно-шлаковой смеси являются расход на приобретение материалов, заработную плату, электроэнергию. Исходя из небольшого объема годового производства, можем предположить, что работы по изготовлению сухой смеси будут производиться силами специалистов подразделений ГВГСС.

Рассчитаем массы компонентов цементно-шлаковой смеси необходимых для изготовления 1 т смеси. Исходя из вышеприведенного состава цементно-шлаковой смеси, составим уравнение

$$7x + 3x + 0,04 \cdot 7x = 1000,$$

где x – массовая доля цемента, кг.

Решая уравнение, находим

$$x = 97,28 \text{ кг.}$$

Отсюда: масса цемента – 680,09 кг, масса шлака – 291,84 кг, масса хлористого кальция – 27,20 кг. По состоянию на 1 кв. 2018 г. стоимость 1 кг цемента составляет 5,28 р. (5000 р./т, доставка цементовозом предприятия-изготовителя (25 т) 7000 р.), 1 кг шлака – 0,14 р., 1 кг хлористого кальция – 35 р. (оптовая цена). Тогда стоимость 1 т материалов для сухой смеси, C_m , равна

$$C_m = 680,09 \cdot 5,28 + 291,84 \cdot 0,14 + 27,2 \cdot 35 = 4583,73 \text{ р.}$$

Установленная мощность вышеуказанного технологического оборудования равна 37,2 кВт. Одна тонна продукции вырабатывается за 5 ч работы оборудова-

ния дробилки ШДС-I-0,9х2,9; 1 ч работы сушильного барабана; 0,286 ч работы смесителя Проф-СС-350; 0,33 ч работы фасовщика и шнековых транспортёров.

Поэтому затраты на потребляемую электроэнергию рассчитаем по формуле

$$C_э = (5 \cdot N_d + 1 \cdot N_c + 0,286 \cdot N_{см} + 0,33 \cdot N_{ф} + 2 \cdot 0,33 \cdot N_{ш})T,$$

где N_d , N_c , $N_{см}$, $N_{ф}$, $N_{ш}$ – мощности электродвигателей дробилки, сушильного барабана, смесителя, фасовщика, шнекового транспортера соответственно, кВт;

$T = 4,143$ р. – тариф на электроэнергию (по состоянию на 1 кв. 2018 г.).

Подставляя значения установленных электрических мощностей оборудования, получаем

$$C_э = (5 \cdot 7 + 1 \cdot 2,2 + 0,286 \cdot 12 + 0,33 \cdot 6 + 2 \cdot 0,33 \cdot 5) 4,143 = 190,21 \text{ р.}$$

Для упаковки 1 т сухой цементно-шлаковой смеси в мешки по 30 кг потребуется 34 мешка. По состоянию на 1 кв. 2018 г. стоимость одного мешка закрытого клапанного типа 58х45х11 3 сл. МК вместимостью 21,69 л производства ООО «МЦ Крафт» равной 14,27 р. С учетом этого, стоимость упаковочного материала для одной тонны продукции составит $C_{уп} = 34 \cdot 14,27 = 485,18$ р.

Суммарная стоимость одной тонны сухой цементно-шлаковой смеси, вычисленная по затратам на материалы, электроэнергию и упаковку, равна

$$C = C_{мс} + C_{уп} + C_э = 4583,73 + 485,18 + 190,21 = 5259,12 \text{ р.}$$

В.1.2 Расчет ориентировочной себестоимости изготовления сухой цементно-зольной смеси

Масса компонентов, необходимых для изготовления 1 т сухой цементно-зольной смеси определяется уравнением

$$7x + 3x + 0,03 \cdot 7x = 1000.$$

Отсюда, масса цемента равна 685,60 кг, масса золы – 293,82 кг, а масса хлористого кальция – 20,57 кг.

Стоимость золы-уноса принимаем равной стоимости самовывоза с Зуевской ТЭС – 0,17 р./кг.

Стоимость материалов для изготовления 1 т сухой цементно-зольной смеси равна

$$C_3 = 685,60 \cdot 5,28 + 293,82 \cdot 0,17 + 20,57 \cdot 35 = 4389,87 \text{ р.}$$

Для упаковки 1 т сухой цементно-зольной смеси в мешки по 16 кг потребуется 63 мешка. Тогда стоимость упаковочного материала равна

$$C_{\text{уп}} = 63 \cdot 14,27 = 899,01 \text{ р.}$$

Затраты на потребляемую электроэнергию будут аналогичными затратам при производстве цементно-шлаковой смеси за исключением затрат электроэнергии на дробление

$$C_9 = (1 \cdot N_c + 0,286 \cdot N_{\text{см}} + 0,33 \cdot N_{\text{ф}} + 2 \cdot 0,33 \cdot N_{\text{м}}) T.$$

Откуда $C_9 = 155,21 \text{ р.}$

Суммарная стоимость 1 т сухой цементно-зольной смеси составляет

$$C = C_3 + C_{\text{уп}} + C_9 = 4389,87 + 899,01 + 155,21 = 5444,09 \text{ р.}$$

В.1.3 Произведем сравнительный анализ стоимости 1 м³ цементно-шлаковой и цементно-зольной смесей. Поскольку масса 1 м³ цементно-шлакового раствора содержит 1469 кг сухой смеси, а 1 м³ цементно-зольного раствора – 899 кг сухой смеси, то стоимость 1 м³ раствора составит:

– из цементно-шлаковой смеси $5259,12 \cdot 1,469 = 7725,65 \text{ р.};$

– из цементно-зольной смеси $5444,09 \cdot 0,899 = 4894,24 \text{ р.}$

Таким образом, стоимость возведения перемычки из цементно-зольного материала в 1,58 раза дешевле, чем стоимость возведения перемычки из цементно-шлакового материала.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Перечень приборов для определения основных физико-механических свойств смесей

Таблица Г.1 – Ориентировочный перечень приборов для определения основных физико-механических свойств смесей на основе цементных вяжущих в специализированной лаборатории

Наименование	Тип, марка	Назначение	Количество, шт.
Машина для испытания образцов из смесей на основе цементного вяжущего на изгиб	МИИ-100	Испытание образцов-балочек на изгиб	1
Пресс гидравлический	ПСУ-10	Испытание образцов-балочек на сжатие	1
Лабораторная мешалка	ЛМ	Приготовление проб	1
Форма балочек ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»	ФБС	Форма для получения образцов-балочек	10
Влагомер (Sartoriks Biohid)	МА35М-00230V	Определение влажности сухой смеси	1
Прибор для измерения плотности растворов	АБР-1М	Измерение плотности растворов, жидкостей и пульп	1

Производственно-практическое издание

**Рекомендации по ведению изоляционных работ на участках
с осложнившимся пожаром с использованием смесей
на основе цементных вяжущих**

Ответственный за выпуск

Г.И. Пефтибай

Подписано в печать 18.03.2020. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная. Гарнитура таймс.

Печать лазерная. Усл. печ. л. 2,5. Тираж 20 экз. Заказ № 7

НИИГД «Респиратор», ул. Артема, 157, Донецк, 283048