

Министерство науки и высшего образования РФ
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Строительные материалы и изделия»

ВКР ПРОВЕРЕНА

Рецензент

/И.О. Фамилия/

« » _____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

/А.А. Орлов/

« » _____ 2019 г.

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе

08.03.01.2019.00.00.ПЗ

Исследование влияния топливных шлаков на свойства гипсовых смесей.

Руководитель ВКР

/М.Д. Бутакова/

« » _____ 2019 г.

Автор ВКР

Студент группы АС – _____

/Е.С. Алабжина/

« » _____ 2019 г.

Нормоконтролёр

/А.А. Курсанова/

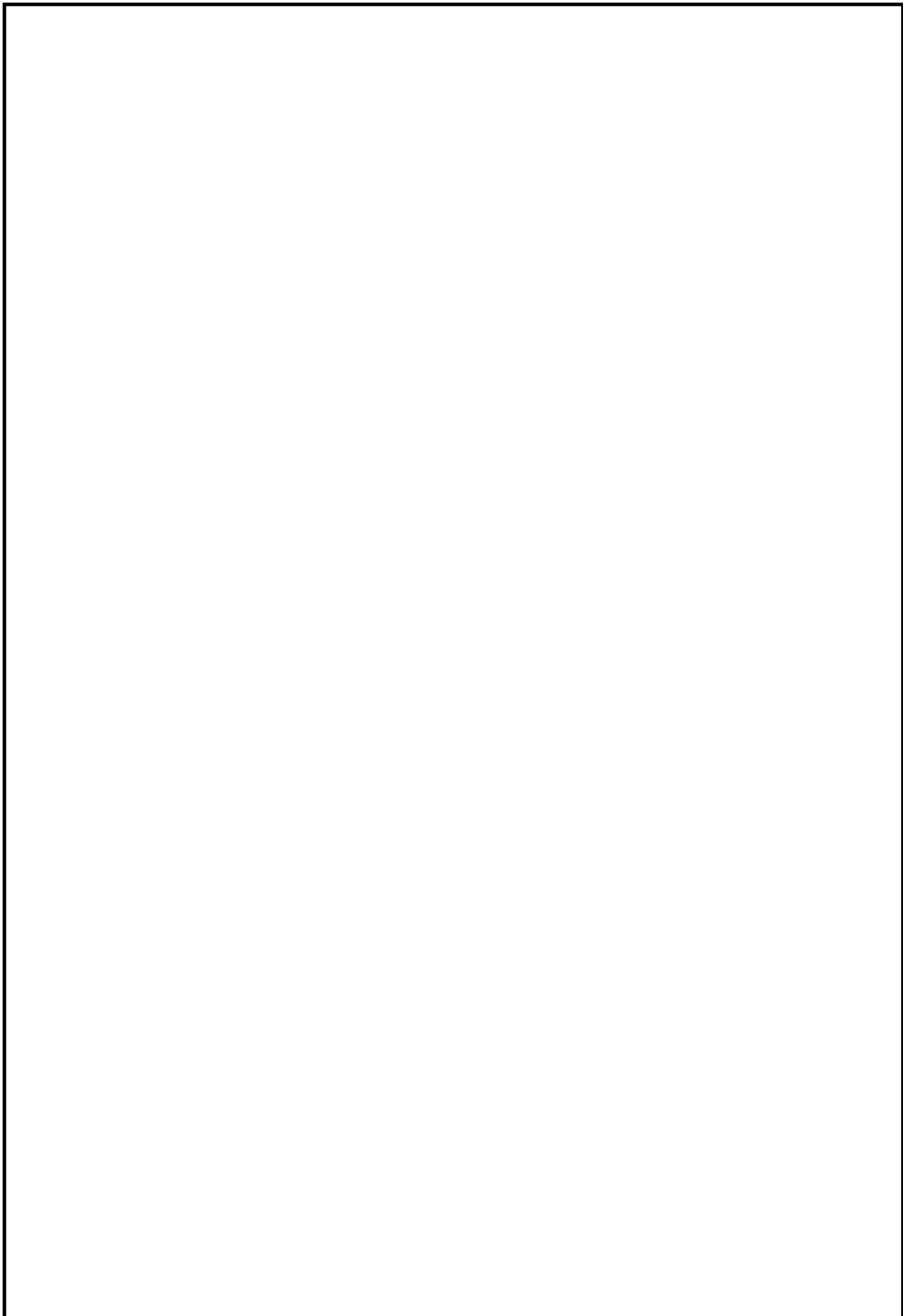
« » _____ 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	6
1.1 Актуальность выбранной темы	6
1.2 Характеристика гипсовых вяжущих материалов	6
1.3 Свойства строительного гипса	8
1.4 Твердение строительного гипса	13
1.5 Применение строительного гипса	15
1.6 Применение пластифицирующих добавок для гипсовых вяжущих.....	17
1.7 Состав структура и свойства искусственного камня. Полученного в процессе твердения композиционного гипсоизвестковокерамзитшлакового вяжущего	22
1.8 Минимизация удельной поверхности гипсового вяжущего	28
1.9 Композиционное гипсовое вяжущее с минеральной добавкой бетонного лома.....	31
1.10 Модифицированные гипсовые дисперсные системы негидратационного твердения	35
1.11 Шлаки и их свойства	38
1.12 Троицкий ГРЭС	43
1.13 Штукатурная гипсовая сухая строительная смесь	47
ВЫВОДЫ ПО ЛИТЕРАТУРНОМУ ОБЗОРУ:	54
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ.....	56
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЫ.....	57
2.1 Исходные материалы	57
2.1.1. Вяжущее	57
2.1.2. Суперпластификатор СП – 1.....	57
2.1.3. Вода	57
2.1.4. Отсев от дробления щебня.....	58
2.1.5. Песок	58
2.1.6. Зола Троицкой ГРЭС	59
2.2 Дифференциально – термический анализ (ДТА) и термогравиметрия (ТГ) и порядок получения показаний.....	59
ВЫВОДЫ ПО 2 ГЛАВЕ:	65

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		1

3	ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	66
3.1	Методы испытания свойств гипса.....	66
3.1.1.	Определение нормальной густоты	66
3.1.2.	Определение сроков схватывания.....	69
3.1.3.	Определение предела прочности на изгиб и сжатие.....	71
3.2	Влияние топливных шлаков на свойства гипсовой смеси.....	75
	ВЫВОДЫ ПО 3 ГЛАВЕ:.....	80
4	ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА СМЕШАНОМ ВЯЖУЩЕМ	81
4.1	Определение подвижности пластичных растворных смесей.....	82
4.2	Определение водоудерживающей способности	86
4.3	Определение прочности сцепления с основанием (адгезии)	89
	ВЫВОДЫ ПО 4 ГЛАВЕ:.....	98
5	БЖД И ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	100
5.1	Безопасность жизнедеятельности.....	100
5.1.1.	Краткое описание рассматриваемого оборудования и др.....	100
5.1.2.	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	101
5.1.3.	Микроклимат	101
5.1.4.	Запыленность рабочей зоны	103
5.1.5.	Освещение	105
5.1.6.	Шум	106
5.1.7.	Безопасность производственных процессов и оборудования.....	107
5.1.8.	Электробезопасность	110
5.1.9.	Пожаробезопасность.....	111
5.2	Оценка экономической эффективности	114
	ВЫВОДЫ ПО 5 ГЛАВЕ:.....	118
	ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ	119
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	121



					<i>08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

ВВЕДЕНИЕ

Существует значительное количество разнообразных вяжущих. Однако в строительстве применяется лишь часть их них. Их называют строительными вяжущими веществами.

Строительными минеральными вяжущими веществами называют порошковидные материалы, которые после смешивания с водой образуют массу, постепенно затвердевавшую и переходящую в камневидное состояние.

Строительные материалы делят на две группы: неорганические (минеральные), главные из которых – портландцемент и его разновидности, известь гипс и другие, и органические, из которых больше всего используют продукты перегонки нефти и каменного угля (битумы, дегти), называемые черными вяжущими.

Строительные материалы сыграли большую роль в развитии культуры и техники. Без них невозможно было бы возведение зданий и сооружений. Одно из первых мест среди строительных материалов занимают вяжущие вещества, которые являются основой современного строительства.

Производство вяжущих веществ представляет собой комплекс химических и воздействий на исходные материалы, осуществляемых в определенной последовательности.

Вяжущие вещества – основа современного строительства. Их широко применяют для изготовления штукатурных и кладочных растворов, а также разнообразных бетонов (тяжелых и легких).

Примерно за 4–3 тыс. лет до н.э. появились вяжущие вещества, получаемые искусственно – путем обжига. Первым из них был – строительный гипс, получаемый обжигом гипсового камня при сравнительно невысокой температуре.

Гипсовые вяжущие – большая группа воздушных вяжущих веществ, к которым относятся гипс, ангидритовое вяжущее, высокообжиговый гипс (эстрихгипс) и ангидритовый цемент. Гипсовые вяжущие вещества получают путем обжига и помола из осадочной горной породы, в состав которой входит двуводный гипс. Гипсовые вяжущие обладают способностью быстро схватываться и затвердевать.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

В строительной практике очень часто гипс называют алебастром (от греч. alebastro – «белый»). Гипс – быстротвердеющее воздушное вяжущее, состоящее из полуводного сульфата кальция, получаемого низкотемпературной (< 200 °С) обработкой гипсового сырья.

Процесс производства строительного гипса состоит в основном из дробления, помола и тепловой обработки (дегидротации) гипсового камня. Тепловая обработка гипсового камня может производиться в варочных котлах, аппаратах для совмещенного помола и обжига гипса

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ					

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Актуальность выбранной темы

Для выявления актуальности выбранной темы исследования нами были рассмотрены уже имеющиеся исследования по характеристикам и свойствам гипса. Изучены данные по влиянию различных добавок на свойства гипса и его сроки схватывания. Рассмотрено влияние различных наполнителей и выявлен оптимальный состав.

1.2 Характеристика гипсовых вяжущих материалов

Гипсовые вяжущие материалы – вяжущие вещества, главным образом воздушные, состоящие из полуводного сульфата кальция – полуводные гипсовые вяжущие, либо из безводного сульфата кальция – ангидритовые вяжущие.

К полуводным гипсовым вяжущим материалам относятся: строительный гипс, формовочный гипс, высокопрочный гипс, гипсоцементнопущолановое вяжущее. Ангидритовые гипсовые вяжущие материалы включают: ангидритовый цемент, отделочный ангидритовый цемент, эстрихгипс (высокообжиговый гипс).

Исходным сырьем для получения полуводных гипсовых вяжущих материалов служит природный гипсовый камень или некоторые отходы химической промышленности, состоящие в основном из двуводного сульфата кальция. Двуводный гипс при нагревании выше 65 °С начинает обезвоживаться (дегидратируется) и при 100–140 °С превращается в полуводный гипс, имеющий модификации.

Кристаллы этих модификаций существенно различаются между собой размерами, оптическими характеристиками и другими свойствами. При затворении водой полуводный гипс схватывается и затем твердеет, переходя в кристаллический двуводный гипс. Этот процесс связан с образованием пересыщенного (по отношению к двуводному гипсу) раствора, в результате чего последний выделяется

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

в коллоидно – дисперсном состоянии, а затем кристаллизуется с образованием агрегатного сростка. Конечная прочность кристаллического сростка достигается после его высыхания. Гидратация полуводного гипса сопровождается выделением тепла и некоторым увеличением объема. [1]

Строительный гипс получают путем термической обработки дробленого или предварительно размолотого гипсового камня при температуре 140 – 190 °С в различных обжигательных аппаратах – варочных котлах, вращающихся печах, а также установках, позволяющих совмещать помол и обжиг. Сырье дробится в щековых или молотковых дробилках, помол производится в роликовых центробежных мельницах, шахтных и аэробильных мельницах.

Наиболее распространено производство гипса в варочных котлах аппаратах периодического действия, представляющих собой стальные цилиндры, обмурованные кирпичной кладкой. Гипсовый камень поступает в котел в размолотом состоянии. Внутри котла помещаются лопасти для перемешивания нагреваемого порошка. Емкость котлов от 2,5 до 15 м³, производительность до 7–8 т/час. Начинают применяться варочные котлы непрерывного действия производительностью до 15 т/час. Непрерывный процесс производства гипса может быть также организован во вращающихся печах, имеющих производительность до 12 т/час. Обжиг гипса происходит в этом случае при обогревании топочными газами наружной поверхности вращающегося барабана или путем пропуска газов через барабан, где они непосредственно соприкасаются с гипсом. Строительный гипс, состоящий в основном из полугидрата, имеет объемный вес в рыхлом состоянии 800 – 1100 кг/м³, в уплотненном состоянии 1250 – 1400 кг/м³.

Строительный гипс применяется для производства гипсовых изделий, которые изготавливаются из гипсового теста или гипсовых растворов и бетонов. Растворы на основе строительного гипса используются также для штукатурных и кладочных работ.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Формовочный гипс получают в основном теми же способами, что и строительный, но из более чистого сырья. Формовочный гипс имеет более тонкий помол – остаток на сите (918 отв/см²) составляет не более 2,5 % по весу. Сроки схватывания примерно такие же, как и у строительного гипса. Предел прочности при растяжении образцов, высушенных до постоянного веса, – не менее 25 кг/см². Объемное расширение изделий при затвердевании ограничено 0,15 %. Формовочный гипс применяется в виде теста для изготовления различных форм в керамической промышленности, а также для архитектурных деталей.

Высокопрочный (технический) гипс изготавливается путем обработки гипсового камня насыщенным паром под давлением более 1,3 ат в спец. замкнутых аппаратах (автоклавах, демпферах, самозапарниках) с последующей сушкой материала. Сроки схватывания высокопрочного гипса мало отличаются от тех же сроков строительного гипса.

Изделия на основе высокопрочного гипса отличаются повышенными пластическими деформациями при работе под нагрузкой, в особенности во влажных условиях.

Эстрихгипс (высокообжиговый гипс) получают путем обжига природного гипсового камня или природного ангидрита при температуре 900 °С и выше с помолем обожженного продукта в порошок. При этом кроме ангидрита, образуется свободная известь, которая и служит катализатором. Он медленно схватывается и твердеет: начало схватывания наступает не ранее 2 часов, конец схватывания – через 6 – 10 часов. Эстрихгипс имеет предел прочности при сжатии через 28 дней твердения от 100 до 200 кг/см². Удельный вес 2,8 – 3,0 г/см³, объемный вес в рыхлом состоянии 900 – 1200 кг/м³, а в уплотненном – 1300 – 1700 кг/м³. [2]

1.3 Свойства строительного гипса

Для затворения строительного гипса приходится брать воду в значительно большем количестве, чем это необходимо для химических реакций. Чтобы получить

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

гипсовое тесто нормальной консистенции при изготовлении литых изделий, требуется 60 – 80 % воды от массы обычного строительного гипса и 35 – 45 % воды от массы высокопрочного гипса. На химические же реакции нужно только 18,6 % воды. Избыточное количество воды, оставшейся в порах затвердевшего материала, в дальнейшем испаряется и вызывает характерную для гипсовых изделий пористость, которая при использовании обычного строительного гипса составляет после высыхания 50 – 60 % от общего объема затвердевшего гипса. Чем меньше воды было взято для затворения, тем плотнее и прочнее получается гипсовое изделие.

Водопотребность гипса зависит от формы и размеров кристаллов и от плотности кристаллических сростков. Существует ряд добавок – разжижителей, снижающих количество воды, потребное для получения теста нормальной густоты, и вместе с тем повышающих прочность затвердевшего гипса: глюкоза, меласса, декстрин, сульфитно – спиртовая барда и ее термополимеры, двууглекислая сода, глауберова соль и ряд других. Первые три добавки вводятся в гипс в смеси с известью.

При затворении строительного гипса водой во избежание комкования следует всыпать гипс в воду, а не наоборот. Плотность строительного и формовочного гипса обычно составляет 2500 – 2800 кг/м³, объемная масса в рыхлом состоянии 800 – 1100 кг/м³, а в уплотненном 1250 – 1450 кг/м³. Согласно ГОСТ 125 – 2018, тонкость помола характеризуется остатком гипса на сите № 02 (номинальный размер ячейки в свету 0,0002 м): для 1-го сорта – не более 15 %, для 2-го – 20 %, а для 3-го – 30 % – Предел прочности при сжатии через 1,5 ч от начала затворения – соответственно не менее 5,5; 4,5 и 3,5 МПа. Начало схватывания для всех сортов строительного гипса должно наступать не ранее чем через 4 мин

Водопотребность. Теоретически для гидратации полуводного гипса с образованием двуводного необходимо 18,6 % воды по массе вяжущего вещества. Практически же для получения теста стандартной консистенции по ГОСТ 23789 – 2018 (нормальная густота) для (β – полугидрата требуется 50 – 70 %

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

воды, а для α – полугидрата – 35 – 45 %. Стандартной консистенции соответствует расплав массы до диаметра 180 ± 5 мм.

Затвердевший гипс представляет собой твердое тело с высокой пористостью, достигающей 40 – 60 % и более. Естественно, что с увеличением количества воды затворения пористость гипсового изделия возрастает, а прочность уменьшается.

Водопотребность гипса увеличивается с повышением степени его измельчения. Вместе с тем измельчение его до удельной поверхности примерно 2500 – 3000 даже при некотором увеличении водопотребности смеси приводит к повышению прочности гипсовых отливок, поэтому целесообразно измельчать гипс тоньше, чем это предусмотрено стандартом.

Сроки схватывания гипса зависят от свойств сырья, технологии изготовления, длительности хранения, количества вводимой воды, температуры вяжущего вещества и воды, условий перемешивания, наличия добавок и др. Быстрее всех схватывается полуводный гипс, содержащий некоторое количество частичек неразложившегося двуhydrата, являющихся центрами кристаллизации и вызывающих ускоренную гидратацию полуводного гипса. Схватывание гипса значительно ускоряется при за – творении его пониженным количеством воды по сравнению с тем, какое требуется для теста нормальной густоты, и наоборот.

Повышение температуры гипсового теста до 40 – 46 °С способствует ускорению его схватывания, а выше этого предела, наоборот – замедлению. При температуре гипсовой массы 90 – 100 °С схватывание и твердение прекращаются. Это объясняется тем, что при указанных и более высоких температурах растворимость полуводного гипса в воде становится меньше растворимости двуhydrата. В результате прекращается переход полугидрата в двуhydrат, а, следовательно, и связанное с ним твердение. Схватывание замедляется, если гипс применяют в смеси с заполнителями – песком, шлаком, опилками и т. д.

Быстрое схватывание полуводного гипса является в большинстве случаев положительным его свойством, позволяющим быстро извлекать изделия из форм.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Однако в ряде случаев быстрое схватывание нежелательно. Для регулирования сроков схватывания (ускорения и замедления) в гипс при затворении вводят различные добавки

Прочность гипсовых вяжущих определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 23789 – 2018. Для этих вяжущих применяется условное обозначение с учетом их марки по прочности, сроков схватывания и дисперсности, например, Г – 5АП – гипс прочностью 5 МПа, быстротвердеющий (А), среднего помола.

Прочность затвердевшего гипса в большой мере зависит от того количества воды, которое было взято при его затворении (водогипсовое отношение). По данным А. Г. Панютина, уменьшение водогипсового отношения с 0,7 до 0,4 позволяет увеличить прочность изделий из строительного гипса в 2,5 – 3 раза.

Прочность полуводного гипса при осевом растяжении в 6 – 9 раз меньше прочности при сжатии. Изделия из α – и β – полуhydrата, изготовленные при одинаковом водогипсовом отношении, имеют близкие значения прочности.

Прочность на сжатие затвердевшего гипсового вяжущего и изделий из него в большой степени зависит от их влажности. В частности, даже сорбционное увлажнение до 0,5 – 1 % сухого гипсового образца, находящегося в воздухе с относительным содержанием паров воды 80 – 100 %, снижает его прочность до 60 – 70 % прочности в высушенном состоянии.

Ползучесть гипсовых изделий значительно уменьшается при введении в него портландцемента совместно с пуццолановыми (гидравлическими) добавками.

Долговечность. Изделия из α – и β – полуводного гипса характеризуются большой долговечностью при службе их в воздушно – сухой среде. При длительном воздействии воды, особенно при низких температурах, когда изделия в водонасыщенном состоянии систематически то замерзают, то оттаивают, они разрушаются.

Гипсовые изделия выдерживают обычно 15 – 20 и более циклов замораживания и оттаивания.

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ					

Гипсовые изделия огнестойки. Они прогреваются относительно медленно и разрушаются лишь после 6 – 8 ч нагрева, т. е. при такой продолжительности пожара, которая маловероятна. Поэтому гипсовые изделия часто рекомендуют в качестве огнезащитных покрытий.

Стальная арматура в гипсовых изделиях в условиях нейтральной среды ($\text{pH} = 6,5 \dots 7,5$), особенно при значимой их пористости, подвергается интенсивной коррозии. Коррозия предотвращается при покрытии стали обмазками: цементно – битумной, цементно – полистирольной и др. Более надежно предварительно подвергать сталь металлизации цинком или алюминием, а затем покрывать указанными обмазками.

Строительный гипс является воздушным вяжущим веществом: при погружении затвердевшего гипса в воду прочность его снижается вследствие растворения двуhydrата в воде и вызываемого этим разрушения кристаллического сростка.

Наряду с этим при увлажнении затвердевшего гипса влага адсорбируется внутренними поверхностями микрощелей и микротрещин и возникающее при этом расклинивающее действие водных пленок разъединяет отдельные элементы кристаллической структуры. При работе гипсовых изделий во влажных условиях начинают протекать процессы перекристаллизации, состоящие в растворении термодинамически неравновесных кристаллизационных контактов и росте свободных кристаллов двухводного гипса, что приводит к снижению прочности. В проточной воде затвердевший гипс разрушается особенно быстро. При последующей сушке прочность гипса снова возрастает. Защищенные от действия атмосферных осадков и сырости гипсовые изделия долговечны.

Зависимость прочности затвердевшего строительного гипса от влагосодержания выражается коэффициентом размягчения, представляющим собой отношение прочности образцов, насыщенных водой, к прочности образцов того же состава и возраста, высушенных до постоянной массы. Этот коэффициент колеблется от 0,3 до 0,5.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Известен ряд способов повышения водостойкости гипса:

- 1) более сильное уплотнение при формировании гипсовых изделий;
- 2) введение в гипсовый порошок кремнийорганических соединений, синтетических смол или пропитка ими гипсовых изделий;
- 3) нанесение защитных покровных пленок из различных смол, гидрофобных веществ и ряда других материалов;
- 4) добавка портландцемента или доменных гранулированных шлаков совместно с активными минеральными добавками. Последний способ получил в настоящее время широкое распространение. [3]

1.4 Твердение строительного гипса

Схватывание и твердение вяжущего вещества заключается в том, что при смешивании с водой оно образует пластичную массу, превращающуюся впоследствии в твердое камневидное тело с определенной прочностью. Это превращение происходит не сразу, а постепенно и обуславливается рядом химических и физических процессов.

Способность вяжущего вещества давать в смеси с водой пластичную массу является весьма ценным свойством. Это свойство сообщает строительным растворам удобообработываемость, позволяющую заполнить все детали формы или опалубки и придать еще не схватившейся массе ровную поверхность.

Процесс схватывания выражается в том, что пластичная масса, обладающая большой подвижностью, начинает густеть и уплотняться, что отвечает началу схватывания. В дальнейшем эта масса все больше уплотняется, окончательно теряет пластичность и постепенно превращается в твердое тело, не обладающее сначала существенной прочностью. Этот момент соответствует концу схватывания. После этого происходят дальнейшие химические и физические преобразования, сопровождающиеся нарастанием прочности. Последнее характеризует собой твердение вяжущих веществ. Схватывание рассматривают как начальную стадию

процесса твердения, при которой происходит превращение пластичной массы в твердое тело.

При схватывании и твердении гипса полугидрат переходит в кристаллический двуводный гипс.

Большинство исследователей объясняет твердение вяжущего возникновением кристаллического сростка гидратных новообразований, выпадающих из раствора. При затворении вяжущего водой оно начинает растворяться с образованием насыщенного по отношению к вяжущему раствора. В результате реакции в растворе между компонентами вяжущего и водой возникают новообразования, менее растворимые, чем исходное вещество. По отношению к этим соединениям раствор оказывается пересыщенным, вследствие чего и происходит кристаллизация этих новообразований.

Растворимость полуводного гипса примерно в 3,5 раза выше растворимости двуводного. Поэтому раствор, насыщенный по отношению к полуводному гипсу, является пересыщенным по отношению к образующемуся двуводному, вследствие чего последний будет выделяться из раствора в виде кристаллов. В результате этого в растворе становится меньше сернокислого кальция. Это дает возможность раствориться в нем новой порции полуводного гипса до образования насыщенного раствора, из которого снова будут выделяться кристаллы двуводного гипса. Этот процесс продолжается до полной гидратации и кристаллизации всего полуводного гипса. [4]

Процесс твердения строительного гипса делится, по А. А. Байкову, на три периода.

Первый период: растворение и образование раствора – сопровождается небольшим повышением температуры, так как положительный эффект химической реакции компенсируется отрицательным эффектом растворения.

Второй период: образование коллоидальной массы, или схватывание, характеризуется тем, что образующиеся в результате реакции гипса с водой

												Лист
												14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ							

продукты не могут растворяться в окружающей жидкой среде, а получаются в коллоидальном состоянии в виде геля, минуя растворение. В течение этого периода наблюдается быстрое повышение температуры (из – за отсутствия процесса растворения), в результате чего скорость реакции увеличивается. Затворенная водой масса теряет свою пластичность, но не приобретает механической прочности, так как между частицами материала еще нет сцепления.

Третий период: кристаллизация и твердение – характеризуется превращением геля в кристаллический сросток. В течение этого продолжительного периода, сопровождающегося ничтожным выделением тепла, нарастает механическая прочность массы.

Эти периоды твердения наступают не в строгой последовательности один за другим. Так, еще до образования насыщенного раствора на поверхности зерен гипса начинают появляться коллоидальные массы, а превращение этих масс в кристаллы начинается ранее окончания процесса коллоидации по всей массе затворенного водой материала. [5]

1.5 Применение строительного гипса

Строительный гипс широко применяется для производства различных строительных изделий: панелей и плит для перегородок, листов для обшивки стен и перекрытий (гипсовая сухая штукатурка), стеновых камней, архитектурно – декоративных изделий, вентиляционных коробов и т. д.

Изделия из строительного гипса изготавливаются без заполнителей (гипсовые) или с применением их (гипсобетонные). В качестве заполнителей используют древесные опилки, котельные и доменные шлаки, кварцевый песок. Органические заполнители улучшают гвоздимсть и уменьшают объемную массу изделий.

Для армирования гипсовых изделий применяют деревянные рейки, картон, камыш, растительные волокна, древесную фибру, измельченную бумажную массу и другие волокнистые материалы. Обычная стальная арматура без защитного

					<i>08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

поверхностного слоя (цементно – битумных, цементно – полистирольных и других обмазок) не может применяться в гипсовых изделиях, так как она подвергается коррозии.

Из строительного гипса можно изготавливать ячеистые изделия (пено – и газогипс), представляющие собой термоизоляционный строительный материал равномерно распределенными мелкими воздушными порами, образующимися вследствие введения в гипсовое тесто пено – или газообразующих веществ.

Гипсовые изделия обладают сравнительно небольшой объемной массой, негорюмостью и рядом других ценных свойств. Гипсовые изделия применяются в сборном строительстве, что позволяет индустриализовать процесс строительного производства. Недостатками гипсовых изделий являются значительное снижение прочности при увлажнении, а также ползучесть, т. е. пластические (остаточные) деформации под нагрузкой, увеличивающиеся со временем, особенно если изделие увлажняется, поэтому гипсовые изделия не рекомендуется применять в помещениях с повышенной влажностью.

Строительный гипс используют для изготовления известково – гипсовых штукатурных растворов внутренних стен зданий. В известково – гипсовых растворах на одну объемную часть гипса берут от одной до пяти объемных частей известкового теста, которое замедляет схватывание и увеличивает пластичность раствора. С целью уменьшения расхода, вяжущего и во избежание появления трещин при твердении известки к смеси прибавляют до трех объемных частей песка или другого заполнителя: шлака, пемзы, древесных опилок и т. п. Строительный гипс можно применять для штукатурки и без добавки известки, однако тогда необходимо введение замедлителей схватывания.

Из – за большой пористости затвердевший гипс обладает малой теплопроводностью, поэтому он вместе с асбестом и другими материалами входит в состав термоизоляционных композиций.

					<i>08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В стекольном производстве гипс применяют для фиксации стеклоизделий при полировке, в частности в производстве зеркального стекла.

Формовочный гипс используют для отливки моделей, капов и форм в фарфорофаянсовой и керамической промышленности, а технический (высокопрочный) гипс – для изготовления моделей и форм в машиностроении. Оба эти вида гипса могут также использоваться для изготовления архитектурных и скульптурных изделий.

1.6 Применение пластифицирующих добавок для гипсовых вяжущих

Гипсовые вяжущие вещества и материалы на их основе являются прогрессивными строительными материалами благодаря простоте, экономичности и малой энергоемкости производства. Однако гипсовые вяжущие имеют высокую водопотребность, а изделия из них характеризуются низкой водостойкостью, ограниченной прочностью, малой морозостойкостью.

Анализ работ по повышению эксплуатационных характеристик гипсовых материалов показывает, что одним из способов улучшения технических свойств гипсовых вяжущих является применение химических добавок. в том числе пластифицирующих, позволяющих модифицировать различные свойства гипсовых вяжущих.

Пластифицирующие добавки, в том числе и современные, разработанные главным образом для цементных систем, не проявляют высокого водоредуцирующего эффекта в гипсовых вяжущих дисперсиях. Более того, наличие в молекулах пластификаторов сульфогрупп, а иногда и солей сульфатов, приводит к ускорению их твердения.

Поэтому назрела необходимость разработки «линейки» пластификаторов, адаптированных к специфическим свойствам гипсовых вяжущих. Эта специфичность обусловлена синхронным протеканием процессов структуро - образования при твердении этих вяжущих, а также преобладанием точечных

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				

контактов в структуре гипсового камня. [6] В этой работе рассмотрено влияние пластификаторов различной природы на твердение гипсового вяжущего.

Для исследования были использованы суперпластификаторы на основе нафталинформальдегида (SNF) и меламинформальдегида (SMF) и гиперпластификатор на основе полнкислотного эфира (PCE). Все исследования проведены на гипсовом тесте с постоянным водогипсовым от – ношением ($V/G = 0,56$) и при одинаковом содержании добавок (0,5 % от массы вяжущего). В качестве вяжущего применялся строительный гипс марки Г5 Челябинского завода «Биопласт».

Для исследования твердения гипсовых дисперсий использованы потенциалометрический и электрофизический методы, которые позволяют получить полную информацию о физико – химических явлениях, определяющих изучаемый процесс. [6]

Как показали проведенные исследования в системе с добавкой PCE достигается максимальная энергия связи влаги с материалом. Следует полагать, что в присутствии пластификатора поликарбонатного типа формируется структура с пораами и капиллярами малого размера, что и предопределяет высокую энергию связи влаги с материалом. Данный вывод хорошо согласуется с результатами электронно – микроскопического исследования (рисунок 1).

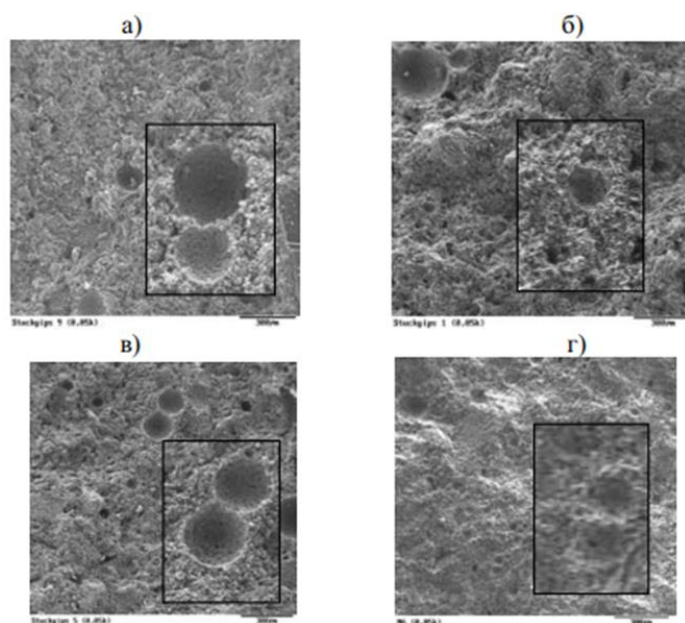


Рисунок 1 – Капиллярно – пористая структура гипсового камня:

а) без добавок; б) SNF; в) SMF; г) PCE

Это хорошо согласуется с прочностными характеристиками гипсового камня (рисунок 2).

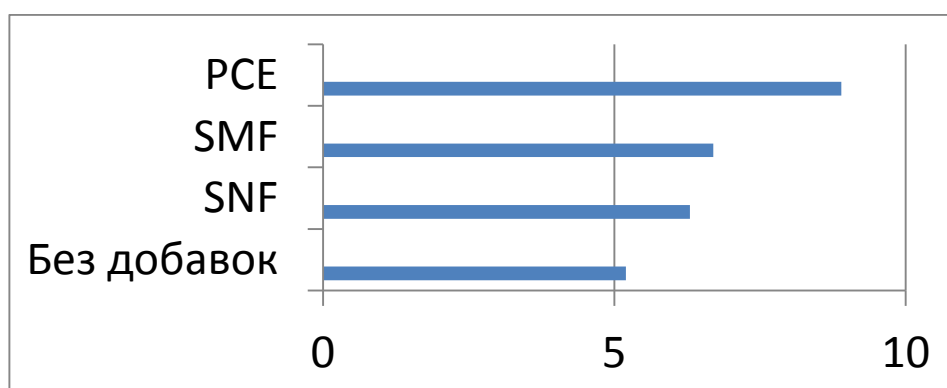


Рисунок 2 – Прочность гипсового камня

PCE достигается максимальная прочность камня. При использовании суперпластификаторов нафталинформальдегидного и меламниформальдегидного типа лучшие показатели достигаются в дисперсии с первым пластификатором, что обусловлено его химической структурой, хотя различия в характеристиках гипсового камня достаточно малы.

Как известно, прочность искусственного камня определяется как прочностью индивидуального контакта между частицами, так и числом контактов на единицу поверхности разрушения. Прочность контакта зависит от интенсивности взаимодействия между частицами, а число контактов от размера частиц. Ослабляя силы молекулярного взаимодействия между частицами, в связи с изменением электрокинетического потенциала их поверхности, добавки пластификаторов SNF и SMF способствуют их сближению и более плотной упаковке. Действие пластификаторов PCE основано на совокупности электростатического и стерического факторов, что достигается с помощью боковых гидрофобных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. Поэтому при их использовании в гипсовой дисперсии создаются наиболее благоприятные условия для интенсивного взаимодействия между частицами и увеличения прочности индивидуальных контактов.

В результате проявления эффекта адсорбционного модифицирования в присутствии пластификаторов значительная часть гидратов образуется в виде частиц высокой дисперсности, что предопределяет формирование большого числа достаточно прочных точечных контактов. [7]

Полученные результаты находятся в хорошем соответствии с данными электрофизического исследования процесса твердения (рисунок 3). Как следует из приведенных данных, введение в гипсовую дисперсию пластификаторов SNF и SMF, содержащих в своем составе сульфогруппы, практически не изменяет ее характера твердения.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

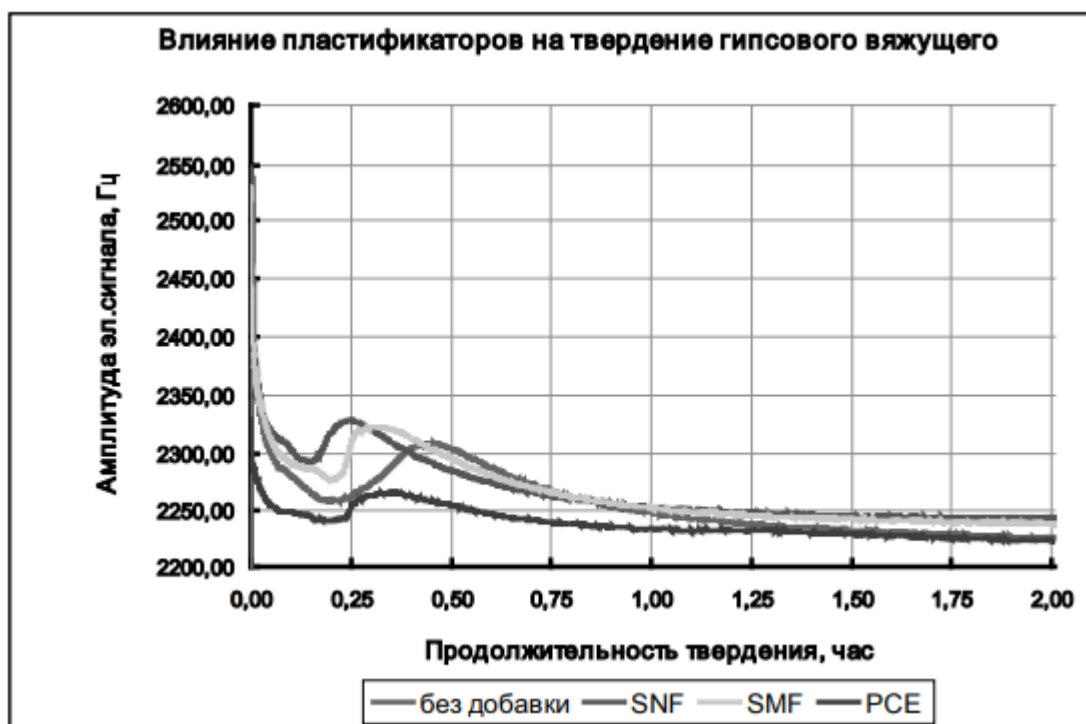


Рисунок 3 – Кинетика изменения электрического сигнала

При твердении гипсового вяжущего с пластификаторами.

При твердении же гипсовой дисперсии с добавкой поликарбоксилатного пластификатора PCE характер кривой изменения электрического сигнала подобен аналогичной кривой, характерной для твердения цементных систем, [6] что свидетельствует о максимальной перестройке образующейся структуры гипсового камня.

Таким образом, проведенные исследования показали, что природа используемого пластификатора существенно влияет на твердение гипсового вяжущего и прочностные показатели образующегося камня.

Следует иметь в виду, что при использовании пластификаторов в гипсовых дисперсиях часто преследуется цель максимального сокращения водосодержания смеси, а в идеале иметь В/Г, соответствующее стехиометрии реакции гидратации полуводного гипса. Однако при снижении В/Г может измениться не только кинетика, но и механизм гидратации вяжущего вещества, что закономерно отразится на структуре гипсового камня и его свойствах. Поэтому и разработка, и

применение пластификаторов для гипсовых дисперсий должны осуществляться с учетом их влияния на кинетику и механизм твердения.

При этом авторам, в данной работе необходимо учесть следующие моменты:

а) величина и стабильность рН вяжущей дисперсии;
б) влияние пластификаторов на морфологию и размер частиц двуводного гипса;
в) характер адсорбции пластификатора на частицах двуводного гипса, предотвращающий его «вымывание» при эксплуатации гипсовых материалов и изделий;

г) совместимость пластификаторов и функциональными добавками, и наполнителями в составе сухих строительных смесей на основе гипсовых вяжущих.

Это только основные факторы, которые следует принять во внимание. Все это позволит подойти к созданию пластифицирующих добавок для гипсовых вяжущих, обеспечивающих получение при их использовании заданного эффекта и получать материалы с необходимыми строительно-техническими свойствами.

1.7 Состав структура и свойства искусственного камня. Полученного в процессе твердения композиционного гипсоизвестковокерамзитшлакового вяжущего

В 80 – х годах XX века в строительном материаловедении получило развитие направление, связанное с разработкой водостойких композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности, технология получения которых предусматривает применение пластифицирующих и пуццолановых добавок в сочетании с механохимической активацией компонентов вяжущего и содержанием клинкерного цемента менее 15 %. [8]

В качестве пуццолановых добавок к композиционным гипсовым вяжущим применяется широкий ряд материалов природного и техногенного происхождения. В ряде работ выявлена эффективность введения в состав композиционных гипсовых и ангидритовых вяжущих гибридных минеральных добавок, например, молотого

						08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			22

доменного шлака и трепела [9], цеолит содержащей породы и известняка [10]. Цеолитосодержащей породы и микрокремнезема. [11]

В Казанском государственном архитектурно – строительном университете выполнены исследования влияния совместного введения добавок молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака на основные физико - механические свойства композиционного гипсоизвестковокерамзитошлакового вяжущего (КГИКШВ). Установлены оптимальные значения удельных поверхностей добавок молотых керамзитовой пыли и гранулированных доменных шлаков различного минерального состава [12].

КГИКШВ получали на основе строительного гипса марки Г – 6Б11 по ГОСТ 125 – 2018.

В состав КГИКШВ вместе с вышеназванными добавками вводились также добавки извести и суперпластификатора Полипласт СП – 1ВП.

В настоящей работе исследованы состав, структура и основные физико – механические свойства искусственного камня, полученного при твердении КГИКШВ оптимального состава с комплексной модифицирующей добавкой, включающей молотые до 500 м²/кг керамзитовую пыль, отобранную с циклонов пылеочистки цеха по производству керамзитового гравия Нижнекамского ООО «Камэнергостройпром» и гранулированный доменный шлак Череповецкого металлургического комбината (табл. 1).

Керамзитовая пыль обладает следующим химическим составом (в % по массе): SiO₂ 59,12; Al₂O₃ –17,85; Fe₂O₃ – 9,7; MgO –3,01; CaO –1,74; K₂O –2,26; SO₃ – 0,93; TiO₂ ; Na₂O – 0,81; P₂O₅ –0,22; MnO –0,2; потери при прокаливании – 3,11. Минералогический состав керамзитовой пыли представлен (% по массе): недегидратированными и дегидратированными глинистыми минералами – 53; кварцем – 15; палевыми шпатами – 5; ангидритом – 3; рентгеноаморфной фазой – 27. С помощью метода набухания по ГОСТ 8735 установлено, что в составе керамзитовой пыли присутствует 9,5 % недегидратированной глины. Пуццолановая

						08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			23

активность по поглощению СаО для керамзитовой пыли, молотой до достижения удельной поверхности 500 м²/ кг составила 462 мг/г.

Таблица 1 – Химический состав гранулированного доменного шлака Череповецкого

Содержание в %							Модуль основности	Модуль активности
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	FeO	MnO		
48,4	39,3	4,3	3,4	0,6	0,5	0,4	1,19	0,11

Испытания гипсовых вяжущих проводились в соответствии с ГОСТ 125. Образцы камня испытывались в возрасте 28 суток и 1 года твердения в нормальных условиях. Коэффициент размягчения камня определялся по ТУ 21 – 0284757.

С использованием метода ротатбельного композиционного центрального планирования эксперимента определен оптимальный состав комплексной модифицирующей добавки (в % от массы КГИКШВ): молотый доменный гранулированный шлак – 30 %. молотая керамзитовая пыль – 20 %, известь – 3 %. суперпластификатор Полипласт СП – 1 – 0,5 %. В таблице 2 приведены основные физико – механические свойства КГИКШВ

Таблица 2 – Основные физико – механические свойства КГИКШВ

Наименование показателя	Значение показателя
Тонкость помола, остаток на сите № 02, %	1,5
Нормальная густота, %	36
Сроки схватывания, мин:	
– начало	8,5
– конец	13
Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте:	
– 28 суток	30,5
– 1 года	35,7
Коэффициент размягчения в возрасте:	
– 28 суток	0,92
– 1 года	0,96

Для исходного бездобавочного строительного гипса, твердевшего в течение 28 суток прочность при сжатии составляет 17,5 МПа. коэффициент размягчения – 0,31.

Таким образом, при введении комплексной модифицирующей добавки искусственный камень на основе КГИКШВ в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях имеет прочность при сжатии на 74,6 % и коэффициент размягчения в 3 раза выше, чем у камня на основе исходного строительного гипса.

Исследование показателей пористости полученного искусственного камня осуществлялось по ГОСТ 12730.0 – ГОСТ 12730.4.

Минералогический состав искусственного камня изучали с применением рентгенофазового анализа на дифрактометре марки «D8 Advance» корпорации «Bruker» и методом комплексного дифференциально – термического анализа с применением синхронного термоанализатора «STA 409 PC» компании «Netzsch».

Микроструктуру искусственного камня исследовали на электронном растровом микроскопе РЭММА – 202М ПО «Электрон».

Анализ дифрактограмм искусственного камня на основе КГИКШВ. твердевшего в нормальных условиях 28 суток и I год (рис. 1). показывает следующее.

Основным минералом, слагающим исследуемый искусственный камень, является гипс ($d=7,65; 4,29; 3,06; 2,87; 2.68 \text{ \AA}$). Кроме того, в составе искусственного камня присутствует этрингит ($d = 9,73; 5,61 \text{ \AA}$), кварц ($d = 4,26, 3,34 \text{ \AA}$), кальцит ($d = 3,05; 2,44; 2,18; 1,89; 1,87 \text{ \AA}$), ангидрит ($d = 3,50; 2,45 \text{ \AA}$), бассанит ($d= 6,00; 3,01 \text{ \AA}$), реликтовая полиминеральная (в основном гидрослюди стая) глина ($d = 4,49 \text{ \AA}$).

На дифрактограммах не зафиксированы рефлексы, соответствующие закристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция типа SCH(B) ($d = 3,04; 2,80; 1,82 \text{ \AA}$), так как их перекрывают рефлексы гипса, но наличие широких дифракционных максимумов ($d=2,8 – 3,3 \text{ \AA}$) указывает на наличие новообразованной рентгеноаморфной фазы, соответствующей незакристаллизованным низкоосновным гидросиликатам кальция.

										<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	25

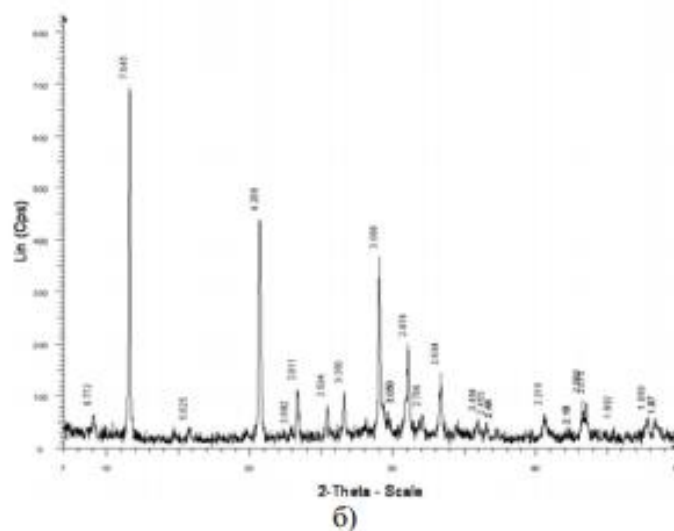
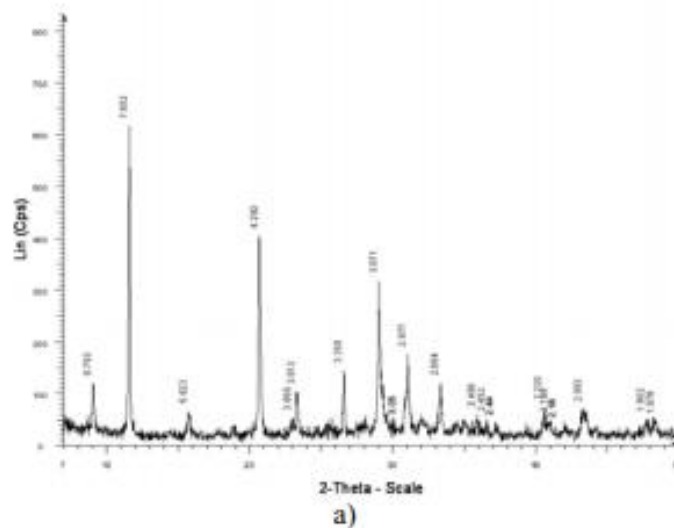


Рисунок 4 – Дифрактограмма искусственного камня на основе КГИКШВ твердеющего в нормальных условиях: а) 28 суток; б) 1 год;

В таблице 3 приведены сравнительные данные исследований показателей пористости камня в возрасте 28 суток на основе бездобавочного строительного гипса и КГИКШВ.

Анализ приведенных показателей пористости показывает, что общая пористость искусственного камня на основе КГИКШВ ниже по сравнению с камнем на основе строительного гипса на 42,7 %. При преобладающей доле закрытых пор в полном объеме пор. Закрытая пористость искусственного камня на основе КГИКШВ выше

					Лист
					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	26

по сравнению с камнем на основе строительного гипса на 19,84 %. Наблюдается также уменьшение среднего размера пор:

Таблица 3 – Показатели пористости искусственного камня на основе строительного гипса и КГИКШВ

Наименование показателей	Значение показателей искусственного камня на основе	
	Строительного гипса	КГИКШВ
Средняя плотность, кг/м ³	1360	1564
Водопоглощение по массе, %	27	9,0
Полный объем пор, %	50,37	31,88
Объем открытых капиллярных пор, %	35,14	14,01
Объем открытых некапиллярных пор, %	0,86	0,69
Объем условно закрытых, %	14,37	17,11
Показатель среднего размера открытых капиллярных пор, %	0,68	0,15
Показатель микропористости ($P_{мк}$)	0,197	0,376
Показатель однородности размеров открытых пор (α)	0,5	0,4

Таким образом, наблюдаемое изменение структуры пористости в результате образования повышенного объема водостойких новообразований при твердении искусственного камня на основе КГИКШВ при введении комплексной модифицирующей добавки обеспечивает увеличение показателей прочности и водостойкости.

Исследование микроструктуры образцов на основе КГИКШВ по сравнению с образцами на основе бездобавочного строительного гипса показало, что введение комплексной модифицирующей добавки обеспечивает формирование искусственного камня с низкопористой структурой, возникновению значительного количества нерастворимых соединений в виде сферических образований из высокоосновных гидросиликатов кальция, заполняющих поровое пространство, уплотняющих структуру камня, создающих дополнительные контакты в основной

матрице, защищающие контакты срастания гипсовых кристаллов от растворения. Образуется достаточно слитная структура, с равномерным распределением пор.

Сравнение микроструктуры образцов на основе КГИКШВ, твердевших в нормальных условиях в течение 28 суток и 1 года, показало, что в процессе твердения до 1 года новообразования продолжают равномерно заполнять поры по всему объему искусственного камня, увеличивая число контактов, обеспечивая образование более слитной микроструктуры и способствуя повышению прочности и водостойкости камня.

Таким образом, при введении комплексной модифицирующей добавки, включающей молотые керамзитовую пыль и гранулированный доменный шлак, совместно с добавками извести и суперпластификатора обеспечивается образование более плотной, слитной и мелкозернистой структуры искусственного камня с повышенным содержанием нерастворимых продуктов гидратации. В связи с этим камень на основе КГНКШВ с комплексной модифицирующей добавкой имеет прочность при сжатии на 74.6 % и коэффициент размягчения почти в 3 раза выше, чем у камня на основе исходного бездобавочного строительного гипса.

Разработанные КГИКШВ экономичны в производстве, так как содержат в своем составе до 50 % по массе техногенного сырья в виде молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака. [13]

1.8 Минимизация удельной поверхности гипсового вяжущего

Накопленный производственный опыт показал, что дальнейшее развитие производства гипсовых вяжущих высоких марок возможно при условии существенного сокращения технологических операций, повышения производительности и снижения расхода топлива и энергии.

Процессы превращения гипса в полуводный сульфат кальция при гидротермальной обработке можно разделить на три периода:

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

1. Подготовительный латентный (инкубационный) период. В этот период создаются условия для последующего превращения – образуется насыщенный водный раствор необходимой концентрации.

2. Период образования центров кристаллизации полугидрата (зародышей кристаллов). При этом зародыши кристаллов, что установлено авторами экспериментально, образуются преимущественно на дефектах структуры кристаллов исходного гипса.

3. Период преимущественного роста кристаллов полуводного сульфата кальция и образования кристаллических сростков.

На продолжительность каждого из этих периодов существенно влияют кристаллическая структура гипса, способ подготовки сырья, режим тепловой обработки.

В работах показано, что используя пластическую деформацию сырья перед гидротермальной обработкой, изменяя режимы и среду ее проведения, возможно существенно сократить продолжительность технологии.

Авторами показано, что в условиях локализованной нагрузки на гранях кристаллов возникают фигуры давления или фигуры удара, формы и строения которых зависят от структуры кристаллической решетки.

Исследования выполнены на гипсовом камне Бебяевского месторождения с содержанием основного минерала ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – 98 %.

С этой целью тисовый камень подвергали дроблению, с последующим отбором пробы, просеянной через сито 10 мм. (Проба №1). Часть пробы подверглась механическому воздействию (пластической деформации) на бегунах (Проба №2).

В результате дифференциально – термического анализа установлено, что эндотермические эффекты перехода двухводного гипса в полуводный и ангидрит у пробы №2 наступает при температурах на $11,5^\circ\text{C}$ и 11°C ниже чем у пробы №1.

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

Смещение эндотермических эффектов в область более низких температур может быть обусловлено изменением концентраций дефектов кристаллической структуры гипса пробы №2.

Последующее микроскопическое исследование образцов в проходящем свете показывает, что признаки дегидратации гипса концентрируются вдоль дефектов кристаллов гипса и появляются ранее у гипса пробы №2.

Механически обработанную в присутствии поверхностно – активных веществ пробу №2 подвергали автоклавной обработке при избыточном давлении 0,3 МПа с последующей сушкой. Зерновой состав исходной пробы приведен на рис. 5. Зерновой состав полученного вяжущего – на рис. 6.

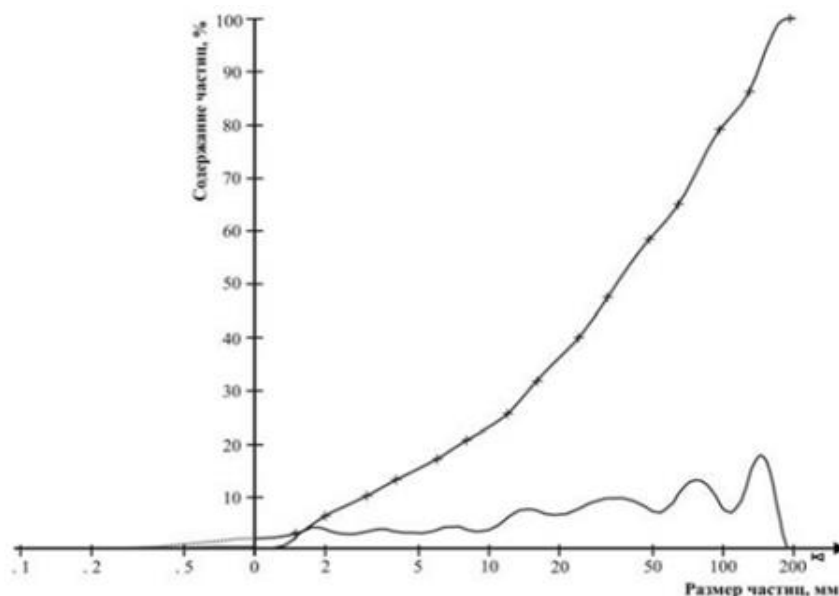


Рисунок 5 – Зерновой состав гипсового сырья после МХА

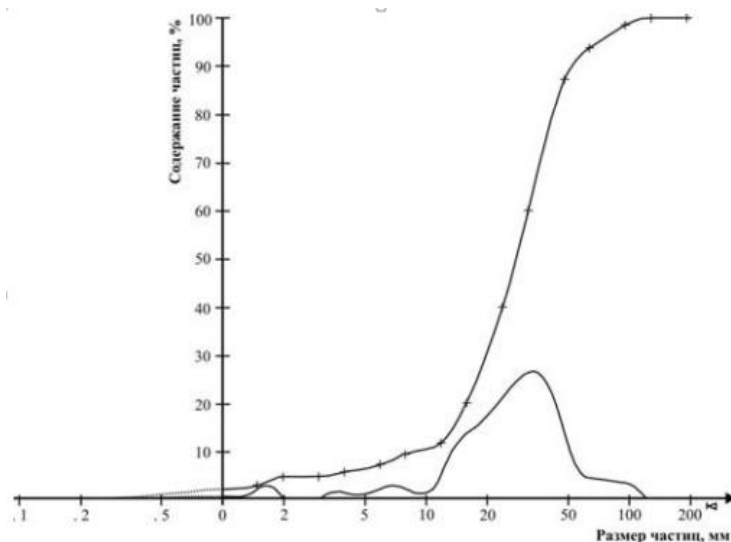


Рисунок 6 – Зерновой состав гипсового вяжущего

Из результатов, представленных на рис. 5 и 6 следует, что в процессе автоклавной обработки происходит изменение зернового состава сырья при дегидратации.

Полученное вяжущее удовлетворяет требованиям ГОСТ 125 – 2018 по зерновому составу (размер частиц не превышает 0,2 мм). Отмечен эффект «самоизмельчения» гипса при дегидратации – у вяжущего отсутствуют частицы размером 120 – 200 мкм. в отличие от частиц сырья.

Вяжущее после сушки не требует помола и разделяется на фракции без усилий, например, просеиванием или проходом через вальцы.

При этом величина удельной поверхности пробы №2 оцененной по воздухопроницаемости составляет 2500 см²/ г, а вяжущего – 1500 см² /г.

Нормальная густота гипсовой теста из вяжущего, полученного по разным режимам составляет от 28 до 32 %. У вяжущего отмечается замедленные сроки схватывания: начало 10 – 25 мин., конец 15 – 30 мин. Получено вяжущее марок по прочности Г16 – Г25 в стандартном возрасте. [14]

1.9 Композиционное гипсовое вяжущее с минеральной добавкой бетонного лома

В практике строительства ведущих стран мира темпы выпуска стеновых материалов на основе гипсобетонов стремительно растут. Особенно это касается композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) повышенной водостойкости. Большой интерес как объект исследований представляет использование тонкомолотого бетонного лома в качестве минеральной добавки в составе КГВ (таблица 4). Его вяжущая часть состоит из гидросиликатов кальция группы C_2SH_2 по номенклатуре Богга, гидроксида кальция и остатков не прогидратированных клинкерных минералов, в основном белита [15].

Таблица 4 – Химический состав минеральной добавки

Материал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _{об}	CaO	MnO	SO ₃	Na ₂ O +K ₂ O	TiO ₂	ClO ₂	MnO ₂	Всего
Бетонный лом	52,4	4,9	3,7	1,2	0,5	0,5	0,5+1,5	0,2	0,3	0,087	99,96

Этот материал обладает заметными вторичными вяжущими свойствами и в соответствии с законом сродства структур [16] при его использовании синтезируется композит с ростом предела прочности на сжатие на 15 – 20 % выше по сравнению с природными кремнеземсодержащими компонентами.

Для активации процессов гидратации КГВ осуществляли помол бетонного лома до удельной поверхности 500 м²/кг. с последующим перемешиванием с портландцементом и гипсовым вяжущим, совмещенным с кратковременным помолом (3 мин).

Одним из основных условий создания долговечных и водостойких КГВ является правильно подобранное и скорректированное соотношение между гидравлическим вяжущим и активной минеральной добавкой, при котором нарушаются условия стабильного существования высокоосновных гидроалюминатов кальция (C_3AH_{13} , C_3AH_6) и создаются предпосылки к переходу их в более устойчивые низкоосновные гидроалюминаты ($C/A=1 \dots 2$). Необходимое количество минеральной добавки в составе КГВ подбиралось по концентрации оксида кальция (по ТУ 21 – 31 – 62 – 89) в твердеющей системе до регламентированных пределов.

Разработан состав КГВ при соотношении минеральная добавка: портландцемент – 1:1, со значениями предела прочности на сжатие гипсоцементного камня в 28 суточном возрасте до 28 МПа (таблица 5). [17]

Таблица 5 – Состав и свойства КГВ

Состав КГВ, % по массе			В/Вязж	Rсж, МПа		
Гипс	Цемент	Бетонный лом		2 часа	7 суток	28 суток
60	20	20	0,45	4.42	18.61	28.1
100	–	–	0,45	5,6	–	18,0

Исследование микроструктуры гипсоцементного камня с минеральной добавкой бетонного лома проводили на растровом электронном микроскопе Tescan MIRA 3 (рисунок 7).

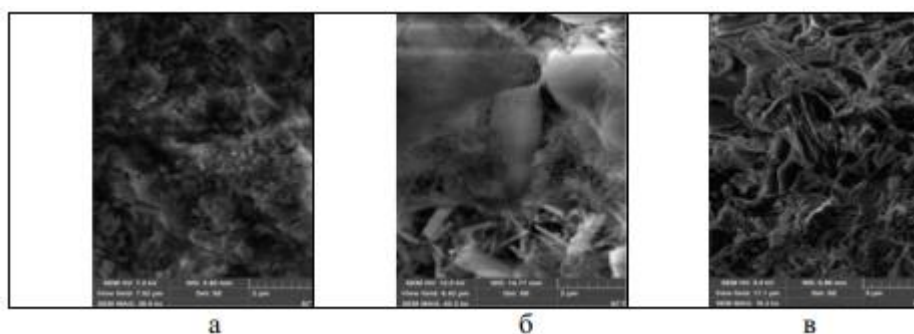


Рисунок 7– Микроструктура затвердевшего КВГ с бетонным ломом через

А) 2 часа; Б) 7 суток; В) 28 суток;

На ранней стадии гидратации (через 2 часа) образуются новообразования, которые, судя по данным микроанализа и характерной морфологии, можно отнести к С – S – Н – гелю, в основном, имеющему переменный состав и аморфную природу. К 28 суткам оболочка гидросиликатов становится достаточно плотной, частицы объединяются в непрерывную мелкокристаллическую структуру ($\leq 0.1 \mu\text{m}$) предположительно гидросиликатов, гидроалюмосиликатов, гидроаллюмо – ферритов кальция и двуводного сульфата кальция, как результат твердения портландцемента и полуволенной гипса.

Методами ДТА и РФА изучали фазовый состав гипсоцементной матрицы. На термограммах гидратированную КГВ в интервале температур 140 – 150°C двухводный гипс дегидратирует до полуводного гипса. Эндотермический эффект с максимумом при температуре 440 – 460 °С связан с дегидроксилизацией портландита. Слабый эндоэффект при температуре 675 – 750 °С в основном связан с декарбонизацией слабо закристаллизованных метастабильных форм карбоната кальция (CaCO₃), которые образовались за счет частичной карбонизации гидроксида кальция.

При температуре 780 – 800 °С – экзотермические эффекты разложения CSH(V). Экзотермический эффект в области температур от 350 – 390 °С очевидно получается от наложения нескольких эффектов, потому его можно отнести за счет процессов кристаллизации гелевидных соединений. В этом же интервале температур происходит удаление воды из C₃AH₆.

Результаты РФА показали (рисунок 8): в составах КГВ с минеральной добавкой бетонною лома достаточно активная гидратация основных клинкерных минералов алита и белита, о чем свидетельствует характеристика их межплоскостных расстояний 2,78 и 2,76 Å.

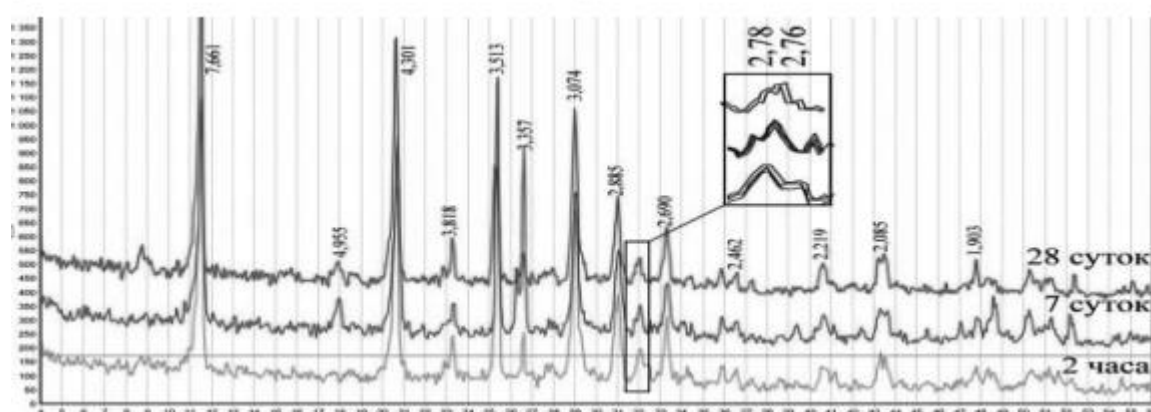


Рисунок 8 – РФА затвердевшего КГВ с бетонным ломом

Сравнительный анализ основных межплоскостных расстояний клинкерных минералов и продуктов их гидратации позволил установить закономерности их

поведения и влияния на структурные особенности образцов и основные физико-механические характеристики. Минеральная добавка бетонного лома и гетерогенный состава КГВ оказывают направленное воздействие на формирование плотной, мелкозернистой структуры композита за счет увеличения содержания низкоосновных гидросиликатов кальция, уменьшения количества $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а также устранения условий роста этtringита, что ведет к повышению прочности, водостойкости и долговечности затвердевшей матрицы. [18]

1.10 Модифицированные гипсовые дисперсные системы негидратационного твердения

Одним из перспективных способов повышения технологических свойств и качественных показателей гипсовых изделий является модифицирование гипсового камня различными добавками. В частности, эффективными добавками в гипсовые системы признаны супер и гиперпластификаторы [19,20]. Введение пластификаторов в состав сырьевых смесей позволяет снизить водогипсовое отношение и тем самым повысить прочностные характеристики. При этом сокращаются энергетические затраты за счет ускорения кинетики нарастания прочности материалов при использовании естественной сушки. Использование добавки поливинилового спирта в составе гипсовых систем на основе полуводного гипса достаточно широко исследовано и признано недостаточно эффективным [21]. Однако процесс структурообразования дисперсных систем на основе двухводного гипса, лежащий в основе твердения безобжиговых гипсовых вяжущих, имеет не которые особенности, позволяющие с большей эффективностью использовать поливиниловый спирт в системах негидратационного твердения.

Использование поливинилового спирта в комплексе с внешним механическим воздействием (прессованием) позволяет активизировать процесс структурообразования безобжигового гипсового вяжущего, одновременно повысить технологичность процесса формования и улучшить свойства изделий.

Для проверки этой гипотезы исследовалось влияние поливинилового спирта и водотвердого отношения на формовочные свойства порошкообразных сырьевых смесей на основе двухводного гипса, плотность и прочность получаемого материала. В качестве основного сырья применялся двухводный техногенный гипс – отход керамической промышленности – отработанные формы Конаковского фаянсового завода, полученные литьевым способом из полуводного гипсового вяжущего марки Г6БШ Пешеланского гипсового завода. Исследования проводились с использованием бинарных сырьевых смесей порошков двухводного гипса оптимального зернового состава [22].

Оценку влияния добавок на свойства гипсовых систем негидратационного твердения проводили на образцах цилиндрах с высотой и диаметром 50 мм, изготовленных методом полусухого прессования. Давление на образцы составляло 30 МПа, испытания проводились в возрасте 14 сут. Твердение образцов осуществлялось в эксикаторе над водой.

В качестве добавки был использован поливиниловый спирт (ПВС) марки ГФ в виде раствора. Содержание добавки варьировалось от 0,15 до 0,45 % от массы двухводного техногенного гипса.

Критерием оценки влияния добавки поливинилового спирта на процесс уплотнения пресспорошка двухводного гипса были приняты средняя плотность и упругое расширение материала после снятия давления, которое может вызвать в системе деструктивные процессы и привести к снижению прочности, а при увеличении упругого расширения сверх допустимого значения – и к появлению трещин. Для изучения формовочных свойств гипсовых порошковидных сырьевых смесей использовалась методика [23], предложенная И.И. Бернеем и В.В. Беловым с использованием прибора ПОФС – 1, разработанного для исследования формовочных свойств керамических порошков [24].

Схожесть свойств керамических масс с гипсовыми порошками позволяет использовать устройство для определения деформаций при уплотнении.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				36

Обратная величина средней плотности уплотненного пресспорошка двуводного техногенного гипса и упругое расширение материала рассчитывались аналитическим путем по формулам, предложенным И.И Бернеем и В.В. Беловым. [23]

Введение добавки поливинилового спирта дает пластифицирующий эффект, позволяющий повысить плотность материала в среднем на 25–30 %. С увеличением процентного содержания добавки поливинилового спирта до 0,35 % средняя плотность увеличивается, что объясняется улучшением удобоукладываемости сырьевой смеси за счет создания на поверхности частиц монослоя пластификатора. Добавка поливинилового спирта не только повышает плотность материала, но и снижает величину упругого расширения, уплотненного пресспорошка двуводного гипса после снятия давления в результате образования первичных структурных связей в момент приложения нагрузки.

Улучшение формовочных свойств сырьевых смесей на основе двуводного гипса за счет введения добавки ПВС приводит к повышению прочности прессованных изделий. Введение добавки поливинилового спирта увеличивает прочность прессованных образцов в среднем на 26 %.

Максимум прочности достигается при содержании добавки ПВС 0,3–0,35 %, что соответствует максимальной плотности, а, следовательно, максимальному количеству эффективных контактов, которые и обеспечивают образование структуры дисперсной системы не гидратационного твердения.

Повышению прочности образующейся структуры способствует взаимодействие поливинилового спирта с кристаллами гипса, содержащими молекулы воды.

Образующиеся в результате взаимодействия водородные связи повышают прочность единичных контактов и, следовательно, прочность всей структуры.

Для более эффективного воздействия добавки необходимо учитывать влияние влажности пресспорошков на прессуемость сырьевой смеси на основе двуводного гипса и физико – механические свойства получаемых прессованных материалов.

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				

Толщина пленки жидкой связки с добавкой пластификатора должна обеспечивать скольжение частиц порошка двухводного гипса при прессовании и в тоже время не препятствовать сближению частиц на расстояние действия межмолекулярных сил, обеспечивающих образование структуры в системах негидратационного твердения.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что добавка поливинилового спирта положительно влияет на формовочные свойства сырьевой смеси, среднюю плотность и прочность безобжиговых гипсовых прессованных изделий, что открывает новые возможности в производстве строительных материалов по малоэнергоемким и ресурсосберегающим технологиям, так как позволяет сократить энергозатраты на формование изделий.

1.11 Шлаки и их свойства

Наряду с активными минеральными добавками природного происхождения в качестве компонента цементов широкое применение получили побочные продукты смежных производств (доменные и электротермофосфорные шлаки, белитовый шлам и т. д.) или отходы при сжигании углей и других твердых горючих ископаемых (золы и шлаки, пыль, уловленная электрофильтрами мощных ГРЭС и ТЭЦ, и др.). Использование их позволяет, с одной стороны, резко снизить затраты тепловой и других видов энергии на производство цементов, а с другой – успешно решать вопросы охраны окружающей природы, экологической защиты земель, воды и атмосферного воздуха, резко снизить расходы по оборудованию отвалов и отстойников для хранения этих материалов.

Доменный шлак получают в результате обжига железной руды совместно с флюсами в восстановительной среде с использованием кокса в качестве топлива и восстановителя оксидов железа до металлического Fe и получения чугуна. В качестве флюса при обжиге добавляют карбонатные породы, состоящие из доломитизированных известняков, активно вступающих при плавлении руды в

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	
					Лист	
					38	

восстановительной среде в химическое взаимодействие с оксидами SiO_2 , Al_2O_3 и др., содержащимися в руде в качестве примесей, а также минеральным остатком при сгорании кокса (зола), образуя в расплаве силикаты и алюминаты кальция и магния.

Резко отличаясь по плотности, расплавы чугуна и шлака образуют в нижней части домы два слоя не смешивающихся между собой жидкостей. Жидкий шлак алюмосиликатного расплава сливают через летку в ковши, футерованные изнутри огнеупорным кирпичом, в которых доставляют его на грануляцию или в отвал. [25]

В настоящее время для быстрого охлаждения шлака применяют мокрый и полусухой способы грануляции. При мокром способе грануляции расплавленный шлак сливают из летки доменной печи в шлаковозные ковши, в которых доставляют к месту грануляции. Ковш медленно наклоняется в сторону гранулятора и из него через край постепенно небольшой струей выливается шлак в специальные желоба, по которым он тонким слоем сливается в специальный железобетонный бассейн, наполненный водой. В результате соприкосновения шлака с водой он вспучивается и дробится на отдельные гранулы округлой формы, сильно пористые из-за оставшихся в его массе пузырьков газов и паров воды. Бассейн разделен на несколько отсеков, чтобы при сливе шлака из ковшей в один или несколько бассейнов можно было выгружать «закаленный» шлак грейферными кранами из соседних бассейнов, перегружая его в склад или в полувагоны, в которых его транспортируют потребителю.

Достоинства мокрой грануляции шлака: простота и высокая скорость охлаждения; однако для грануляции расходуется много воды, а после грануляции шлак имеет высокую влажность – 15 – 35 % и на сушку 1 т шлака надо затратить до 70 кг условного топлива. При перевозке влажного шлака железнодорожным или другим видом транспорта приходится транспортировать воду (до 30 % сухой массы шлака). При перевозке в зимнее время шлак смерзается в вагонах, что значительно повышает время простоев вагонов под разгрузкой и для его размораживания и

										<i>Лист</i>
										39
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

выгрузки затрачивают много тепловой энергии; для ускорения выгрузки шлака применяют бурорыхлительные установки.

При полусухой грануляции шлака его сливают на желоб грануляционной установки, в конце которого через дно вдувают сжатый воздух и небольшое количество воды, которая резко охлаждает шлак, и он в полужидком состоянии попадает на вращающийся с большой скоростью барабан, лопастями которого разбивается струя шлака. В результате частых ударов масса шлака дробится на мелкие гранулы, которые получают ускорение движения и отлетают на значительное расстояние, охлаждаясь за время полета воздухом. Влажность шлака после полусухой грануляции составляет 5 – 10 %.

В некоторых случаях при перевозке шлака к грануляционной установке в шлак вводят дополнительное количество предварительно декарбонизированной извести с целью повышения коэффициента качества шлака. Можно также вводить и другие добавки, улучшающие свойства шлака. Указанное мероприятие значительно усложняет технологическую схему грануляционной установки и затрудняет грануляцию шлака в связи с увеличением его вязкости и снижением температуры. Обогащение шлака известью можно производить в печах, в которые постепенно сливается жидкий шлак и подается добавка. В этом случае значительно улучшается смешение компонентов. Получаемый при этом обогащенный шлак имеет химический состав, приближающийся к составу клинкера с низким коэффициентом насыщения, и обладает высокой гидратационной активностью. Такой шлак применяют не только при производстве шлакопортландцемента, но и в качестве самостоятельного вяжущего.

Аналогично гранулируют шлак силикатного расплава, получаемый при производстве фосфора методом возгонки в электропечах, – электротермо – фосфорный шлак. [26]

Доменные гранулированные шлаки по химическому составу в основном (на 90 % и более) состоят из четырех оксидов (SiO_2 , Al_2O_3 , CaO и MgO) и содержат в

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

незначительном количестве оксиды TiO_2 , MnO , FeO и сульфиды CaS , MnS , FeS . Оксиды Al_2O_3 и CaO повышают гидравлическую активность шлаков, а SiO_2 уменьшает ее; до 10 % MgO можно считать практически равноценным по активности оксиду кальция. Оксид магния в шлаках находится в химически связанном состоянии и не кристаллизуется в виде отдельной фазы, в связи с чем он не вызывает неравномерности изменения объема цемента.

Содержание оксидов титана и закиси марганца в шлаке ограничивается; при нормальном режиме работы доменной печи содержание FeO в шлаках мало и его влияние на качество шлака незначительно. Присутствие в шлаке небольшого количества сернистого кальция (до 7 %) несколько повышает его активность; при длительном вылеживании шлака на складе в присутствии паров воды и углекислого газа это соединение разлагается на $CaCO_3$ и H_2S ; часть CaS при хранении на воздухе может окисляться до $CaSO_4$.

Основной показатель гидравлических свойств доменного гранулированного шлака – коэффициент качества K , определяемый в % в зависимости от содержания MgO .

В зависимости от химического состава и коэффициента качества доменные гранулированные шлаки подразделяют на три сорта.

Химический состав электротермофосфорных гранулированных шлаков: диоксид кремния SiO_2 – не менее 38 %; сумма оксидов кальция CaO и магния MgO – не менее 43 %; пятиоксид фосфора P_2O_5 – не больше 2,5 %.

В зависимости от скорости охлаждения доменные и электротермофосфорные шлаки приобретают резко отличающиеся свойства, которые зависят от степени их закристаллизованности, гидравлической активности и т. д.

При медленном охлаждении шлаков, содержащих повышенное количество CaO (больше 45 – 46 %), они могут рассыпаться в тонкий порошок из – за полиморфного перехода при $675 \text{ }^\circ\text{C}$ C_2S , который сопровождается увеличением объема этого минерала на 10 % и появлением больших напряжений в системе; застывающий шлак

					<i>08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

растрескивается и рассыпается. Это явление называют силикатным распадом шлака. В ряде случаев может наблюдаться известковый распад, возникающий при гашении включений свободной извести, образовавшейся в шлаке в повышенном количестве в виде самостоятельной фазы, а также железистый распад, наблюдающийся при повышенном содержании сульфида железа FeS, который при взаимодействии с атмосферной влагой в процессе хранения шлака образует $Fe(OH)_2 + H_2S$. В результате этой реакции происходит увеличение объема системы на 38 % и частичный или полный распад шлака; аналогично может происходить марганцевый распад.

В результате медленного охлаждения и практически полной кристаллизации основного доменного шлака происходит значительное снижение его активности в связи с образованием кристаллических фаз, практически не обладающих гидравлическими свойствами, а образующийся в небольшом количестве C_2S медленно набирает прочность, из – за чего медленно охлажденные доменные шлаки практически не используются в качестве добавки при производстве ШПЦ.

При быстром охлаждении огненно – жидких шлаков в процессе их грануляции они приобретают метастабильную (неустойчивую) стекловидную структуру. Такая система обладает повышенным запасом внутренней химической энергии. Присутствующий в основном доменном шлаке сульфид кальция при взаимодействии с водой гидролизуется, выделяя гидроксид кальция $CaS + 2H_2O = H_2S + Ca(OH)_2$, который благоприятствует проявлению основными доменными шлаками способности взаимодействовать с водой и медленно твердеть в воде в результате гидратации кристаллической и стекловидной фаз в присутствии $Ca(OH)_2$. Проявляя слабовыраженные гидравлические свойства, основные доменные шлаки в качестве самостоятельного вяжущего применяться не могут. Кислые шлаки, имея лишь скрытые вяжущие свойства, в этих условиях гидратационной активности не проявляют.

						08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			42

С целью придания основным и кислым гранулированным шлакам гидравлических свойств к ним в качестве возбудителя твердения добавляют щелочи (щелочная активизация) или сульфаты (сульфатная активизация) некоторых металлов, действующие на стекловидную составляющую как активаторы гидратации и твердения. При совместном введении щелочей и сульфатов говорят о комбинированной активизации шлаков.

Шлаки алюмосиликатного состава с повышенным содержанием Al_2O_3 гидратируются и твердеют значительно быстрее шлаков, содержащих большое количество кремнезема.

В зависимости от химического состава шлака, температуры, от которой начинается его грануляция, и скорости охлаждения гранулированный шлак содержит (наряду со стекловидной) кристаллическую фазу, а медленно охлажденный шлак успевает практически полностью закристаллизоваться. Если в процессе сушки гранулированный шлак нагреть до $600 - 700\text{ }^\circ\text{C}$, то может произойти его расстекловывание, интенсивно протекающее при дальнейшем медленном охлаждении в сушильном барабане или другом агрегате, что приводит к резкому снижению его гидравлической активности и качества. Это свойство необходимо учитывать при сушке гранулированного шлака.

По химическому составу топливные шлаки и золы в зависимости от месторождения углей отличаются весьма значительно и могут содержать $30 - 65\%$ SiO_2 , $5 - 20\%$ CaO , $12 - 15\%$ Al_2O_3 и $5 - 20\%$ Fe_2O_3 .

В зависимости от способа сжигания углей (в слое или пылевидном состоянии), скорости охлаждения, химического состава зол и шлаков их гидравлическая активность сильно различается, основными составляющими, шлаков и зол являются обожженное глинистое вещество, кварц, стекловидная фаза, магнезит в виде оплавленных шариков, а также частично несгоревшее органическое вещество, содержащееся в крупных пористых зернах, а также частицы угля. [27]

1.12 Троицкий ГРЭС

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

Золоотвал Троицкой ГРЭС (296,3га) включает аварийную секцию 2 и законсервированные секции 3 и 4. Система золошлако – удаления гидравлическая с багерными насосами мощн. 2000 тыс. тон/год.

В настоящее время станция использует больший по вместительности золоотвал близ пос. Шобарколь в Казахстане. [28]

В настоящее время на Троицкой ГРЭС для удаления золы уноса и шлака используется система оборотного гидрозолоудаления. Зола и шлак смываются водой и транспортируются по трубам на золоотвал, который находится в 20 км от станции в чаше озера Шобарколь. Озеро Шобарколь находится на территории Республики Казахстан. Постановлением Правительства РК от 15.10.2007 г. № 947 «О ввозе золошлаковых отходов филиалом ОАО «ОГК – 2» Троицкая государственная районная электрическая станция», разрешено трансграничное перемещение ЗШО на территорию Казахстана и их размещение на золоотвале оз. Шобарколь до конца 2018 года. [29]

По результатам геологических съемок свободные емкости позволяют размещать ЗШО до 2020 года. По условиям Межправительственных решений перед Троицкой ГРЭС стоит задача дальнейшего размещения ЗШО после 2020 года на территории Российской Федерации. [30]

Результаты оценки варианта строительства нового золоотвала на территории России показали, что стоимость проекта будет около 28 млрд. руб. Общие характеристики – 1, 2, 3 очередь станции Топливо В котлах сжигается экибастузский каменный уголь, имеющий следующие характеристики (проектные данные):

- теплота сгорания (Q_H) 4165 ккал/кг;
- зольность (A_p) 40 %;
- влажность (W_p) 5,7 %;
- углерод (C_p) 44,6 %;
- сера (S_p) 0,66 %;
- выход летучих (V_p) 22...24 %.

						08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			44

Зола

Плотность 2.06 т/м³, насыпная плотность 0.7 т/м³.

Фракционный состав (%): – менее 0,01 мм 29,5 – 0,01 – 0,05 мм 36,3 – 0,05 – 0,1 мм 18,8 – 0,10 – 0,25 мм 14,7 – более 0,25 мм 0,8

Существующий в настоящее время способ удаления золы из котлоагрегатов и электрофильтров – гидравлический. Организован частичный отбор сухой золы потребителям от реконструированного энергоблока №7. КТЦ – 1 Котлоагрегаты ПК – 14 – 2 (6 котлов). Золоулавливающие установки мокрого типа – эмульгаторы 2 – го поколения. Вопрос замены на ЗУ сухого типа весьма затретен. [31]

Золошлакоудаление

Летучая зола, шлак и зола с включениями пирита (далее пирит) обрабатывается, хранятся и транспортируются отдельно. Летучая зола и шлак из – под котла и из – под электрофильтров транспортируется системами как сухого, так и гидравлического золошлакоудаления.

Состав системы сухого шлакоудаления

Система сухого удаления шлака и золы из каждого котла является автоматизированной системой. Каждый котел комплектуется:

одним металлическим конвейером золы с изменяемой скоростью движения и номинальной пропускной способностью 9 – 28 т/ч, максимальная пропускная способность конвейера составляет 40 т/ч;

одной первичной дробилкой пропускной способностью 60 т/ч;

одним буферным бункером первой ступени;

двумя вторичными шлаковыми дробилками пропускной способностью 60 т/ч (1 в работе, 1 в резерве);

двумя буферными бункерами второй ступени (1 в работе, 1 в резерве);

двумя питателями шлака пропускной способностью 9 – 28 т/ч (1 в работе, 1 в резерве), максимальная пропускная способность составляет 40 т/ч.

В состав системы сухого удаления шлака и золы также входят:

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				

- шлакохранилище с комплектом оборудования;
- золохранилище с комплектом оборудования;
- разгрузочные узлы для выдачи золы и шлака;
- пневмозолопроводы;
- узел подачи сжатого воздуха с комплектом воздухопроводов;
- узел подачи увлажняющей воды с комплектом трубопроводов. [32]

Золоудаление

Зола, осажденная в экономайзере котла, сыпается в приемные бункера экономайзера для сбора летучей золы. На экономайзер каждого котла устанавливается по 6 бункеров. Под каждым бункером установлен питатель сухой золы, от которых уловленная зола по пневмозолопроводам транспортируется на хранение в шлакохранилище. [33] Воздух для транспортировки золы подается в каждый питатель от компрессорной станции IV очереди ГРЭС.

На каждый котел устанавливается по два пятипольных двухсекционных электрофилтра. Зола, осажденная на осадительных электродах, после периодического встряхивания, поступает в приемные бункера электрофилтров, на каждое поле устанавливается по 8 бункеров. Всего на электрофилтры каждого котла установлено 40 приемных бункеров. Зола из бункеров золы электрофилтров поступает в питатели сухой золы и, далее, пневмопроводами подается на хранение в золохранилище. Для транспортировки золы в золохранилища в каждый питатель подается сжатый воздух от компрессорной станции IV очереди ГРЭС.

Вывоз золы предусматривается авто и ж/д транспортом. Для отгрузки золы потребителям устанавливается разгрузочное устройство с системой увлажнения золы. Влажность отгружаемой золы составляет от 15 до 25 %. Для предотвращения поднятия в воздух сухой золы, в разгрузчике устанавливается вытяжной вентилятор.

Для предотвращения смерзания сухой золы в холодное время предусматривается подача предварительно подогретого воздуха:

						<i>08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			46

– в каждый приемный бункер электрофильтров, для чего в каждом из двух помещений электрофильтров котлов закрытого типа устанавливаются вентиляторы бункеров золы (2×50 %) и один электронагреватель воздуха (1×100 %);

– в силосы золохранилища, для чего устанавливаются вентиляторы золохранилищ (3×50 %) и электронагреватели воздуха (2×100 %). [31]

Шлако- и золохранилище

Шлакохранилище состоит из одного силоса шлака, золохранилище – из двух силосов золы, летучая зола и измельченный шлак подаются в верхнюю часть силосов. Конструктивные особенности всех трех силосов идентичны: силосы металлические, цилиндрической конструкции, диаметром 8 м, высотой 28 м, единичным объемом 480 м³. Объем силосов рассчитан на хранение золы и измельченного шлака сроком до 48 часов от каждого котла при работе котла в режиме BMCR (максимальной паропроизводительности) на расчетном угле. Каждый силос оборудован необходимыми приборами и выпускными рукавными фильтрами, к которым подается сжатый инструментальный воздух от компрессорной станции IV очереди ГРЭС. [34]

1.13 Штукатурная гипсовая сухая строительная смесь

Изобретение относится к промышленности строительных материалов, а именно к строительным материалам на основе гипсовых вяжущих, и может быть использовано при производстве строительных смесей для оштукатуривания стен и потолков внутри зданий различного назначения, в том числе помещений с повышенной влажностью (более 60 %). Технический результат – повышение прочности при сжатии и изгибе, прочности сцепления с основанием, водостойкости штукатурных гипсовых сухих строительных смесей, а также удешевления материала за счет использования отходов производства. Штукатурная гипсовая сухая строительная смесь, включающая в качестве компонентов строительный гипс, звесть строительная воздушная кальциевая негашеная, загуститель – эфир крахмала,

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							47

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

замедлитель твердения – лимонную кислоту, содержит в качестве наполнителя смесь молотых керамзитовой пыли и доменных гранулированных шлаков, в качестве водоудерживающего компонента – метилгидроксипро – пилцеллюлозу «Mecellose® FMC 7150» при следующем соотношении компонентов, в мас. %:

- гипс строительный – 46,85 – 54,64;
- известь строительная – 3 – 5;
- керамзитовая пыль, размолотая до удельной поверхности не менее 300 м²/кг – 10 – 20;
- гранулированный доменный шлак, размолотый до удельной поверхности не менее 500 м²/кг – 20 – 40;
- метилгидроксипропилцеллюлоза «Mecellose® FMC 7150» – 0,1 – 0,3;
- лимонная кислота – 0,039 – 0,041;
- эфир крахмала – 0,011 – 0,02. 2 табл.

Изобретение относится к промышленности строительных материалов, а именно к строительным материалам на основе композиционных гипсовых вяжущих, и может быть использовано при производстве строительных смесей для оштукатуривания стен и потолков внутри зданий различного назначения, в том числе помещений с повышенной влажностью (более 60 %).

Известна гипсовая смесь (Патент №2090533 (RU) С1, МПК С04В 28/14, С04В 22/08, С04В 24/04, опубл. 20.09.1997), включающая полуводный гипс и добавку щелочных стоков производства капролактама на основе дикарбоновых кислот ЩСПК, она дополнительно содержит полидентантный хелатообразующий лиганд и тринатрийфосфат при следующем соотношении компонентов, мас. %:

- полуводный гипс – 47 – 72;
- добавка щелочных стоков производства капролактама на основе дикарбоновых кислот ЩСПК – 0,2 – 0,8;
- полидентантный хелатообразующий лиганд – 0,03 – 0,15;
- тринатрийфосфат – 0,05 – 0,1;

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

– вода – остальное.

Описанный состав имеет следующие недостатки: ограничена стабильность существования состава вследствие вододисперсионного его состояния, кроме того, в описании вышеуказанного состава отсутствуют результаты испытания образцов на прочность при изгибе, прочность сцепления с основанием, водостойкость.

Известна гипсовая смесь (Патент №2237035 (RU) C1, МПК C04B 28/14, опубл. 27.09.2004), содержащая в мас. %:

- гипс – 90 – 92;
- перлит – 2,5 – 3,1;
- известь – 1,2 – 1,5;
- известняковую муку – 4,0 – 5,0;
- замедлитель твердения – 0,035 – 0,045;
- эфироцеллюлозу – 0,13 – 0,16;
- редисперсный порошок – 0,018 – 0,03;
- воздухововлекающую добавку – 0,008 – 0,015;
- эфир крахмала – 0,09 – 0,1;
- триполифосфат натрия технический – 0,04 – 0,045.

Описанный состав имеет следующие недостатки: получаемое покрытие имеет низкую прочность сцепления с основанием, использование штукатурной гипсовой сухой строительной смеси возможно только в помещениях с нормально – влажностными условиями.

Наиболее близким аналогом является состав штукатурной гипсовой сухой строительной смеси (Патент №2448923 (RU) C1, МПК C04B 28/14, C04B 111/27, опубл. 27.04.2012), содержащий в мас. %:

- строительный гипс – 75,95 – 88,44;
- известь – 3 – 5; керамзитовую пыль – 5 – 20;
- полиэтиленоксид – 1,0 – 1,5;
- лимонную кислоту – 0,039 – 0,041;

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

– эфир крахмала – 0,011 – 0,02.

Описанный состав имеет следующие недостатки: получаемое штукатурное покрытие имеет низкие показатели прочности при сжатии, прочности сцепления с основанием. В описании вышеуказанного состава отсутствуют результаты испытания образцов на прочность при изгибе. Низкие показатели водостойкости могут ограничивать сроки службы получаемого штукатурного покрытия в помещениях с повышенной влажностью. Высокий расход строительного гипса для получения штукатурной гипсовой сухой строительной смеси значительно повышает ее стоимость.

Задачами изобретения является повышение прочности при сжатии и изгибе, прочности сцепления с основанием, водостойкости штукатурных гипсовых сухих строительных смесей, а также удешевление материала за счет использования отходов производства.

Технический результат достигается тем, что штукатурная гипсовая сухая строительная смесь, включающая в качестве компонентов строительный гипс, известь строительную воздушную кальциевую негашеную, загуститель – эфир крахмала, замедлитель твердения – лимонную кислоту, содержит в качестве наполнителя смесь молотых керамзитовой пыли и доменных гранулированных шлаков, в качестве водоудерживающего компонента – метилгидроксипро – пилцеллюлозу «Mecellose® FMC 7150» при следующем соотношении компонентов, в мас. %:

– гипс строительный – 46,85 – 54,64;

– известь строительная воздушная кальциевая негашеная – 3 – 5;

– керамзитовая пыль, размолотая до удельной поверхности не менее 300 м²/кг – 10 – 20;

– гранулированный доменный шлак, размолотый до удельной поверхности не менее 500 м²/кг – 20 – 40;

– метилгидроксипропилцеллюлоза «Mecellose® FMC 7150» – 0,1 – 0,3;

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

– лимонная кислота – 0,039 – 0,041;

– эфир крахмала – 0,011 – 0,02.

Для изготовления штукатурной гипсовой сухой строительной смеси использовались следующие материалы:

– строительный гипс марки Г – 6 БП по ГОСТ 125 – 2018;

– известь строительная воздушная кальциевая негашеная первого сорта по ГОСТ 9179 – 77;

– керамзитовая пыль – отход производства керамзитового гравия с циклонов и фильтров пылеочистки вращающихся печей, размолотая до удельной поверхности не менее 300 м²/кг и содержащая в своем минеральном составе: недегидратированные и дегидратированные глинистые минералы (гидрослюда, монтмориллонит), рентгеноаморфную фазу, кварц, полевые шпаты, ангидрит;

– гранулированный доменный шлак – побочный продукт производства Челябинского металлургического комбината, подвергнутый сушке до остаточной влажности не более 0,5 % и размолотый до удельной поверхности не менее 500 м²/кг, модуль основности 1,0;

– лимонная кислота по ГОСТ 908 – 2004;

– эфир крахмала по ГОСТ 20370 – 74;

– метилгидроксипропилцеллюлоза «Mecellose® FMC 7150», производства компании Samsung Fine Chemicals (Корея), представляющая собой легко растворимый в воде порошок с вязкостью 2 % раствора при 20°C по Бирофельду – 25000 мПа*с.

Приготовление штукатурной гипсовой сухой строительной смеси заключается в следующем.

Высушенные до остаточной влажности не более 0,5 % гранулированный доменный шлак и керамзитовую пыль подвергают раздельному помолу в шаровой мельнице до удельных поверхностей, соответственно, не менее 500 м²/кг и не менее

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

Лист

51

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

300 м²/кг. Далее все компоненты загружают в смеситель и смешивают до однородной массы.

Испытания штукатурной гипсовой сухой строительной смеси, растворных смесей и растворов на их основе осуществлялось по ГОСТ 31377 – 2008, ГОСТ 31376 – 2008.

Водостойкость образцов определяли по их коэффициенту размягчения, равному отношению пределов прочности при сжатии сухих образцов к водонасыщенным.

Составы штукатурных гипсовых сухих строительных смесей приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Составы штукатурных гипсовых сухих строительных смесей

Компоненты	Составы сухих штукатурных гипсовых смесей, % по массе			
	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Прототип
Строительный гипс	46,85	50,74	54,64	83,44
Известь строительная воздушная	3	4,5	5	5
Керамзитовая пыль, размолотая до удельной поверхности не менее 30 м ²	10	15	20	10
Гранулированный доменный шлак размолотый до удельной поверхности не менее 500 м ² /кг	40	30	20	–
Лимонная кислота	0,039	0,04	0,041	0,04
Метилгидроксипропилцеллюлоза	0,1	0,2	0,3	–

Результаты механических испытаний в сравнении с прототипом приведены в таблице 7.

Были также проведены испытания штукатурной гипсовой сухой строительной смеси по прототипу.

Таблица 7 – Результаты механических испытаний

Наименование свойств	Показатели свойств для составов			
	1	2	3	прототип
Влажность штукатурной смеси, %	Не более 0,1	Не более 0,1	Не более 0,1	Не более 0,1

Окончание таблицы 7

Наименование свойств	Показатели свойств для составов			
	1	2	3	прототип
Водопотребность, %	44	45	46	53
Подвижность, см	165	165	165	165
Время начала схватывани, мин	95	95	85	95
Жизнеспособность	95	95	85	95
Водоудерживающая способность, МПа	96	99	99	98
Предел прочности при сжатии, МПа	3,6	4,3	3,9	2,8
Прочность сцепления с основанием, МПа	9,7	10,8	10,2	6,5
Прочность сцепления с основанием	0,55	0,60	0,57	0,55
Водостойкость (коэффициент размягчение)	0,81	0,86	0,8	0,7

Данные, представленные в табл. 7, показывают, что разработанная штукатурная гипсовая сухая строительная смесь с введением минеральных и химических добавок обладает более высокими показателями свойств по сравнению с аналогичной сухой строительной смесью.

Введение комплексной минеральной добавки (размолотые керамзитовая пыль, доменный гранулированный шлак, известь строительная воздушная кальциевая негашеная) повышает прочность при сжатии и изгибе, коэффициент размягчения вследствие увеличения количества образующихся нерастворимых минералов по сравнению с прототипом, введение комплекса химических добавок, включая Mecellose® FMC 7150, эфир крахмала и лимонную кислоту, повышает прочность

сцепления с основанием и обеспечивает длительные сроки схватывания и жизнеспособность смеси.

Полученная штукатурная гипсовая сухая строительная смесь обладает повышенными физико – механическими свойствами, и, одновременно, понижается стоимость смеси за счет замены существенно более значительной по сравнению с аналогом части строительного гипса на керамзитовую пыль и гранулированные доменные шлаки, являющиеся неопасными производственными отходами.

Штукатурная гипсовая сухая строительная смесь, включающая строительный гипс, известь, загуститель – эфир крахмала, наполнитель, водоудерживающий компонент, замедлитель твердения – лимонную кислоту, отличающаяся тем, что содержит в качестве наполнителя смесь молотых керамзитовой пыли и гранулированного доменного шлака, в качестве водоудерживающей добавки – метилгидроксипропилцеллюлозу «Mecellose® FMC 7150», при следующем соотношении компонентов, в мас. %:

- гипс строительный – 46,85 – 54,64;
- известь строительная – 3 – 5;
- керамзитовая пыль, размолотая до удельной поверхности не менее 300 м²/кг – 10 – 20;
- гранулированный доменный шлак, размолотый до удельной поверхности не менее 500 м²/кг – 20 – 40;
- метилгидроксипропилцеллюлоза «Mecellose® FMC 7150» – 0,1 – 0,3;
- лимонная кислота – 0,039 – 0,041;
- эфир крахмала – 0,011 – 0,02. [35]

ВЫВОДЫ ПО ЛИТЕРАТУРНОМУ ОБЗОРУ:

Проведенный литературный обзор показал, что топливные золошлаковые смеси не использовались для исследования влияния на структуру и физико - механические свойства гипсового камня.

						08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			54

Ослабляя силы молекулярного взаимодействия между частицами, в связи с изменением электрокинетического потенциала их поверхности, добавки пластификаторов способствуют их сближению и более плотной упаковке.

Поэтому при их использовании в гипсовой дисперсии создаются наиболее благоприятные условия для интенсивного взаимодействия между частицами и увеличения прочности индивидуальных контактов. В результате проявления эффекта адсорбционного модифицирования в присутствии пластификаторов значительная часть гидратов образуется в виде частиц высокой дисперсности, что предопределяет формирование большого числа достаточно прочных точечных контактов.

Однако до конца не исследовано совместное влияние золошлаковой смеси и пластификаторов на физико-механические характеристики гипсового камня. Исходя из этого тема исследования является актуальной.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью данной работы являлось исследовать влияние топливных шлаков на свойства гипсовых смесей. Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

- провести характеристику сырьевых материалов;
- исследовать прочностные характеристики чистого гипсового камня и с различным содержанием золошлаковой смеси;
- исследовать сроки схватывания и твердения чистого гипсового камня и с различным содержанием золошлаковой смеси;
- провести дериватографический анализ чистого гипсового камня и с различным содержанием золошлаковой смеси;
- сделать матрицы экспериментов;
- провести эксперимент по возможности применения в качестве штукатурной смеси полученный оптимальный состав с различными видами заполнителя.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЫ

2.1 Исходные материалы

2.1.1. Вяжущее

В работе использовали гипсовое вяжущее. Вяжущее обладает следующими основными свойствами:

- цвет – белый;
- нормальная густота гипсового вяжущего 85 %;
- тонкость помола, вяжущего: остаток на сите № 0,2 не более 14 %;
- сроки схватывания: начало – 14 мин, конец – 20 мин;
- прочность при сжатии: через 1 сутки твердения – 4 МПа;
- прочность при изгибе: через 1 сутки твердения – 2,1 МПа;
- марка гипсового вяжущего – Г4.

2.1.2. Суперпластификатор СП – 1

Добавка «ПОЛИПЛАСТ СП – 1» представляет собой смесь натриевых солей полиметиленафталинсульфоокислот различной молекулярной массы. Добавка производится двух типов: с ненормируемым воздухововлечением и при добавлении воздухоподавляющего компонента – с пониженным (нормируемым) воздухововлечением (тип ВП).

По своим потребительским свойствам «СП – 1» соответствует требованиям ГОСТ 24211 для пластифицирующих и водоредуцирующих добавок, (суперпластификатор и суперводоредуцирующая добавка).

Внешний вид и свойства суперпластификатора:

Суперпластификатор СП – 1 производится в сухой и жидкой форме в виде водорастворимого порошка коричневого цвета или водного раствора темно – коричневого цвета, имеющего концентрацию не менее 32 %.

2.1.3. Вода

									Лист
									57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

Вода для затворения растворяемых смесей соответствует ГОСТ 23732. «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».

2.1.4. Отсев от дробления щебня

В соответствии с ГОСТ 32021 – 2012 «Заполнители и наполнители из плотных горных пород для производства сухих строительных смесей. Технические условия»

В данной работе использовались:

– отсев от дробления щебня фракций 0,63 – 0,315 мм

Таблица 8 – Зерновой состав отсева от дробления щебня

	Масса	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Модуль крупности
Навеска	999,7			3,73
Сито 2,5	256,0	25,6	25,6	
Сито 1,25	140,8	14,1	39,7	
Сито 0,63	183,0	18,3	58,0	
Сито 0,315	125,1	12,5	70,5	
Сито 0,16	90,0	9,0	79,5	
Меньше 0,16	200,8	20,1	99,6	

2.1.5. Песок

Заполнитель для универсальной строительной смеси – песок кварцевый в соответствии с ГОСТ 32021 – 2012 «Заполнители и наполнители из плотных горных пород для производства сухих строительных смесей. Технические условия».

В данной работе использовались:

Песок фракций 0,63 – 0,315 мм

Таблица 9 – Зерновой состав песка

	Масса	Частные остатки, %	Полные остатки, %	Модуль крупности
Навеска	1000			3,56
Сито 2,5	102	10,2	10,2	
Сито 1,25	109	10,9	21,1	
Сито 0,63	276	27,6	48,7	
Сито 0,315	322	32,2	80,9	
Сито 0,16	141	14,1	95,0	
Меньше 0,16	46	4,6	99,6	

2.1.6. Зола Троицкой ГРЭС

– Химический состав золы, % – $\text{SiO}_2 = 56,31$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 19,42$; $\text{CaO} = 6,84$; $\text{MgO} = 1,96$; $\text{K}_2\text{O} = 2,12$ $\text{Na}_2\text{O} = 0,27$

– Плотность 2.06 т/м³, насыпная плотность 0.7 т/м³.

– Фракционный состав (%): – менее 0.01 мм 29.5 – 0.01 – 0.05 мм 36.3 – 0.05 – 0.1 мм 18.8 – 0.10 – 0.25 мм 14.7 – более 0.25 мм 0.8

– Используемая фракция в составе <0,08 мм

– Модуль основности:

$$M_o = \frac{\text{MgO} + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{6,84 + 1,96 + 2,12 + 0,27}{56,31 + 19,42} = 0,15$$

Так как $M_o < 1$, то данные золы и золошлаки – кислые.

2.2 Дифференциально – термический анализ (ДТА) и термогравиметрия (ТГ) и порядок получения показаний

Физико – химические методы исследования используются для полного изучения строительных материалов. Использование таких методов позволяет углубленно изучить состав, структуру и свойства строительных материалов и изделий. Чтобы изучить структуру природного гипсового камня, необходимо выполнить термический анализ.

Дифференциально – термический анализ (ДТА) и термогравиметрия (ТГ)

Эти методы относятся к группе методов тепловых исследований, которые также включают микрокалориметрию. ДТА состоит в измерении тепловых эффектов фазовых превращений исследуемого вещества при нагревании. Устройство ДТА показано на рисунке 9. Этот метод предложен российским ученым Н.С. Нурнаковым. Этот метод записывает температуру для идентификации вещества по температуре разложения, диссоциации и других фазовых превращений. ТГ предназначен для получения дополнительной количественной информации путем

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				

измерения потери массы вещества при его нагревании вследствие диссоциации, разложения, потери влаги, гидратации и т.д.

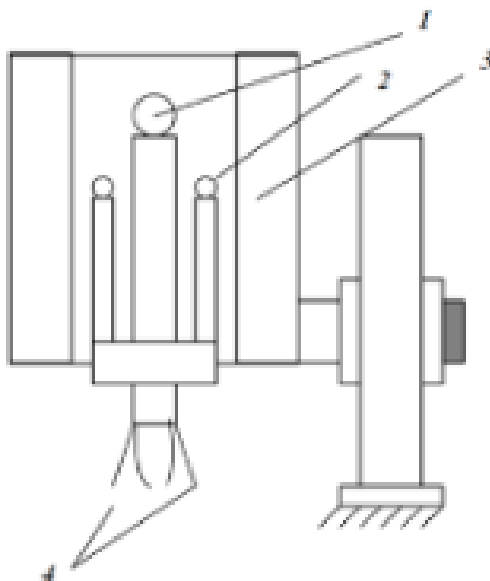


Рисунок 9 – Устройство прибора ДТА, где 1 – устройство для динамического взвешивания образца; 2 – образец; 3 – корпус нагревательной трубчатой печи; 4 – выводы термопар.

Как правило, установка ДТА содержит нагревательную печь, термопарную систему температуры образца и стандартное электронное измерительное устройство, автоматическое устройство регистрации кривой нагрева, вспомогательное оборудование (блоки, тигли, термопары и т. д.).

Печь. Основным требованием к этому устройству является непрерывный и равномерный нагрев в заданном диапазоне температур. Используются нагревательные элементы из нихрома, молибдена, платины, родия, вольфрама и их сплавов.

Термопары. Дифференциальные термопары, состоящие из двух простых термопар, используются в этих установках для повышения точности регистрации тепловых эффектов. Дифференциальные термопары измеряют разницу температур между образцом и эталоном (то есть инертным веществом, которое не испытывает

фазовых превращений в этом температурном интервале), представленным на рисунках 10 а и 10 б.

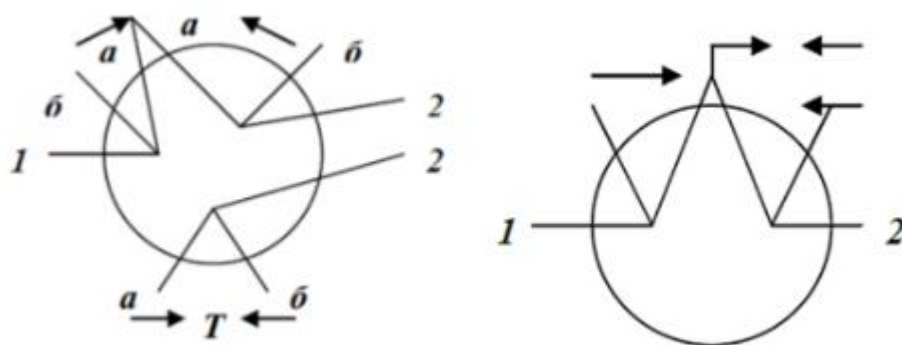


Рисунок 10 а – Диф. термопара для измерения абсолютной температуры. Рисунок 10 б – Прибор с комбинированной термопарой

Материал термопар: медь – константан (до 400^oC), нихром – константан (до 800 ^oC), платина (до 1600 ^oC).

Электроизмерительная аппаратура. В пирометре Курнакова было предложено использовать зеркальные гальванометры. В зеркальном гальванометре используется оптический способ. В современных приборах применяются автоматические электронные потенциометры на базе уравновешенных мостов.

Устройство автоматической записи кривых нагрева. У Курнакова есть фотографическая запись, современные приборы используют электрическую запись и электронные измерения.

Используется вспомогательное оборудование – фарфоровые, платиновые тигли, в которых образец помещается в виде стандарта, в свою очередь, тигели помещаются в платиновые блоки, из нержавеющей стали (для равномерного нагрева).

Получение данных ДТА и их интерпретация. Используя простую термопару, мы получаем так называемую кривую нагрева $t_0 - t$. Устройства ДТА используют дифференциальную кривую нагрева, т.е. Кривая ДТА. Пики (отклонения) на кривой ДТА могут выявить природу эффектов, а также температуры начала, максимум и

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

конца эффекта. Градуировка простой термопары для эталона производится с помощью реперов. В зависимости от кривой ДТА для испытуемого вещества, используя справочники, указывающие типичные тепловые эффекты, определяется состав этого вещества. Количественный состав может быть получен путем измерения площади пика. Более точная информация получается с использованием метода ТГ.

Термогравиметрия осуществляется с помощью динамического взвешивания на коромысловых, крутильных, торсионных и др. весах. Примерный вид ТРМ – кривой для цементного камня показан на рисунке 11.

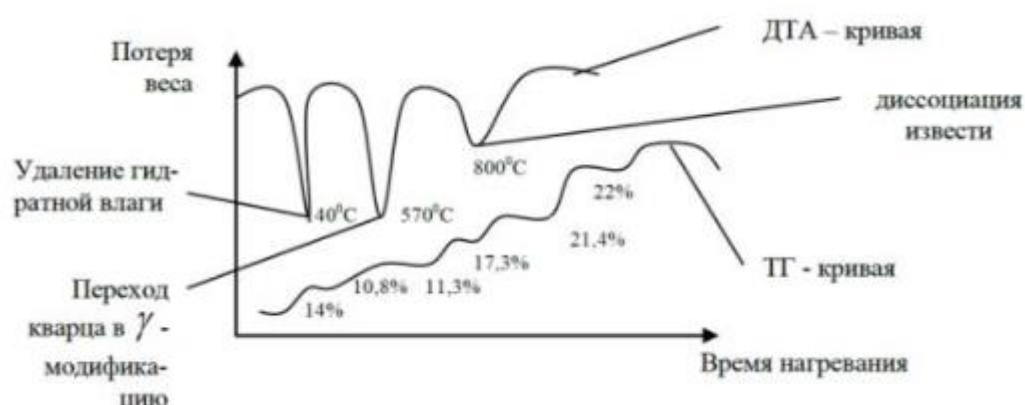


Рисунок 11 – Термограмма образца

Порядок получения показаний: для проведения испытаний методом последовательного усреднения квартованием отбирают пробу исследуемого вещества в количестве 2 ... 3 граммов, затем пробу сушат до 45...50 °С и истирают в фарфоровой ступке до полного прохождения через сито 0,08.

Далее исследуемое вещество в количестве 200...400 мг перемещают в тигель, который через керамическую рубашку платинородиевой термопары опирается на плечо весов. На вторую термопару помещают тигель с инертным веществом – прокаленной окисью алюминия. После подготовки прибора тигели накрывают печью. Нагрев печи ведётся 10 °С/мин до температуры 1000 °С. При этом вещество в тигле претерпевает изменения, которые фиксируются зайчиками гальванометров ДТА, ДТГ, ТГ.

Изменение массы исследуемого материала определяется по термогравиметрической кривой (ТГ). Производная потери массы вещества (ДТГ) определяется изменением скорости потери массы и позволяет с высокой точностью определить температуру разложения отдельных фаз, составляющих исследуемый материал. [36]

Дериватографические исследования.

В нашей работе были исследованы 3 пробы гипсового камня с разным процентным содержанием золошлаковой смеси – 0 %, 25 % и 50 %. Графики исследования – дериватограммы, приведены ниже:

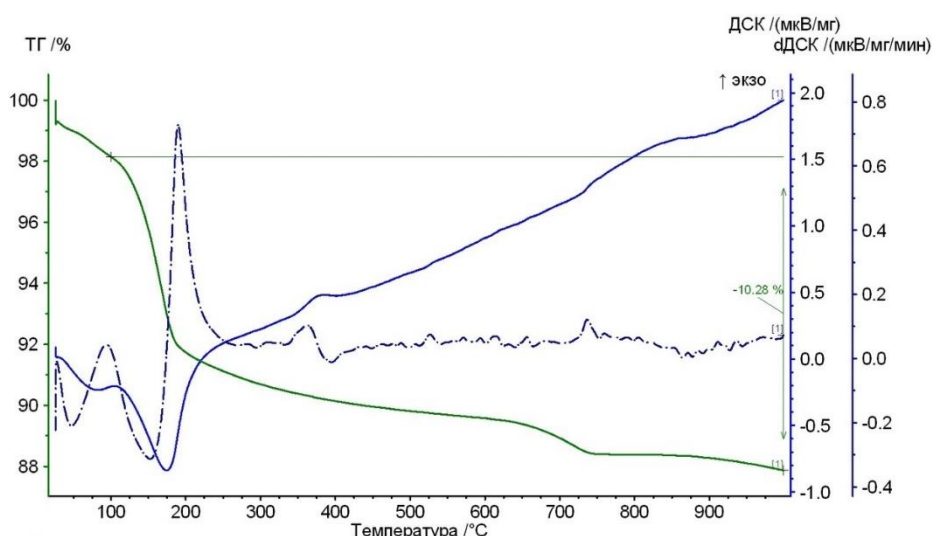


Рисунок 12 – ДТА с содержанием золошлаковой смеси – 0 %

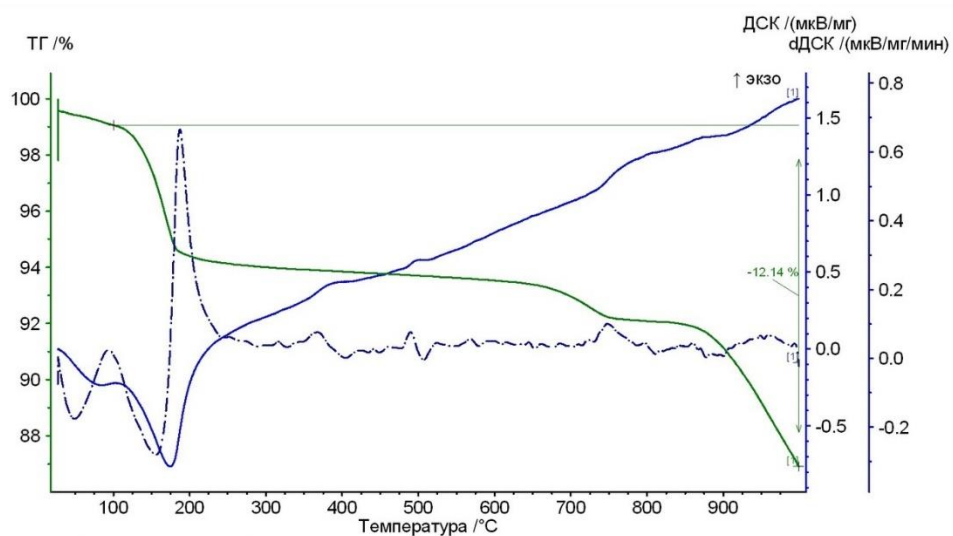


Рисунок 13 – ДТА с содержанием золошлаковой смеси – 25 %

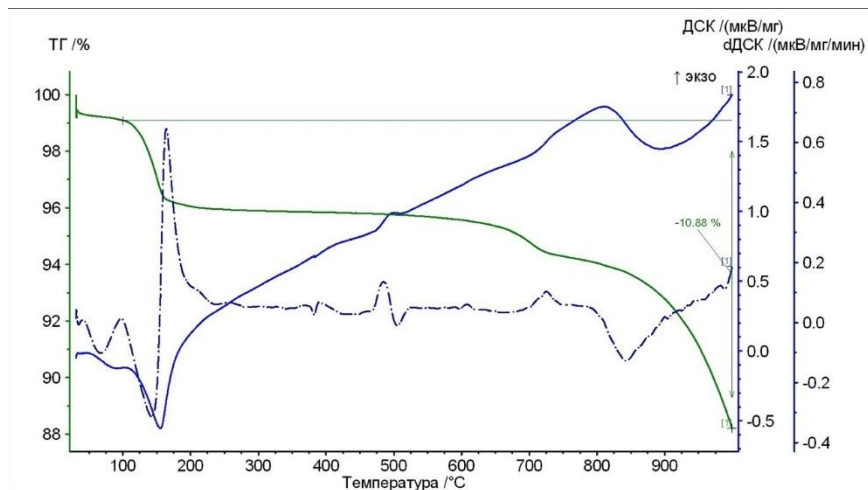


Рисунок 14 – ДТА с содержанием золошлаковой смеси – 50 %

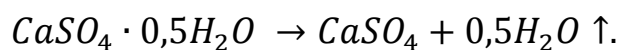
Анализ изменения фазового состава гипсового камня, с добавлением золошлаковой смеси, методом ДТА выявил, что во всех дериватограммах присутствует эндоэффект при 120 – 180 °С, связанные с дегидратацией гипсового камня сначала до полуводного затем до полного обезвоживания – ангидрита, а также при 380 °С наблюдаем экзоэффект, соответствующий перестройки кристаллической решетки ангидрита.

На дериватограммах с содержанием в гипсовом камне 25 % и 50 % золошлаковой смеси при температуре около 500 °С можем предположить образование силикагеля.

Также эффекты, протекающие свыше 700 °С точно не ясны, возможно они связаны с плавлением кремнезема в золе.

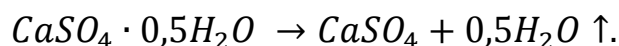
По потерям массы до 180 °С проведен расчет содержание $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ во всех трех пробах.

1 проба:



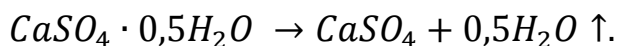
$$x = \frac{145 \cdot 6}{9} = 96,6 \%$$

2 проба:



$$x = \frac{145 \cdot 4,4}{9} = 70,8 \%$$

3 проба:



$$x = \frac{145 \cdot 2,8}{9} = 45,1 \%$$

Также по дериватограмме можно обнаружить содержание примесей во всех трех пробах. Так как в залежах гипса можно наблюдать включения известняка и глины, то можно предположить, что примесями является глинистые включения которые при температуре 650 – 750 °С теряют конституционную воду.

И так же происходит потери масс во 2 и 3 пробах после 860 °С предположительно связанные с содержанием оксида железа в зле.

ВЫВОДЫ ПО 2 ГЛАВЕ:

Таким образом следует сделать обобщающий вывод, что используемая золошлаковая смесь является кислой.

Все использованные материалы отвечают требованиям нормативной документации.

А также, что при введение в гипсовое вяжущее золошлаковой смеси 25 % и 50 %, CaSO₄·0,5H₂O снижается на 25 % и 50 % соответственно. По пробам с добавлением золошлаковой смеси мы не можем с точностью определить происхождение эффектов и потерь масс.

Поэтому более подробную информацию мы получим после проведения рентгенофазового анализа.

						08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			65

3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

В исследовательской части представлены данные и результаты экспериментов с гипсовым вяжущим в соответствии с ГОСТ 23789 – 79, а также рассмотрено влияние топливных шлаков на свойства гипса.

3.1 Методы испытания свойств гипса

Свойства низкообожженного гипсового вяжущего очень похожи. Основным отличием является прочность, которая в основном обусловлена их различными потребностями в воде. Чтобы получить теста нормальной плотности гипса с α – модификацией требуется 50 ... 70 % воды, а для β – модификации – 30 ... 45 %, тогда как в соответствии с уравнением гидратации полугидрата в двугидрат только 18,6 % воды от веса связующего веществ. Из – за значительного количества химически не связанной воды, затвердевший гипс имеет высокую пористость 30 – 50 %.

Стандартом на гипсовые вяжущие установлено 12 марок (МПа): Г – 2, Г – 3, Г – 4, Г – 5, Г – 6, Г – 7, Г – 10, Г – 13, Г – 16, Г – 19, Г – 22, Г – 25. При этом минимальный предел прочности при изгибе для каждой марки вяжущего должен соответствовать значению соответственно от 1,2 до 8 МПа.

Помещение, в котором должны проводиться испытания, а также материалы, подлежащие испытанию, образцы и приборы должны иметь температуру (29 ± 3) К $(20 \pm 3) ^\circ$ С. Относительная влажность в комнате должна составлять (65 ± 10) %. [37]

3.1.1. Определение нормальной плотности

Стандартная консистенция (нормальная густота) диаметром расплыва гипсового теста, вытекающего из цилиндра при его поднятии. Диаметр расплыва должен быть равен (180 ± 5) мм. Количество воды является основным критерием для определения свойств гипсового вяжущего: времени схватывания и предела прочности. Количество воды выражается в процентах как отношение массы воды,

										Лист
										66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ					

необходимой для производства гипсовой смеси стандартной консистенции, к массе гипсового вяжущего в граммах.

Для определения стандартной консистенции применяют:

- чашку из коррозионностойкого материала вместимостью более 500 см³;
- ручную мешалку, имеющую более трех петель из проволоки диаметром 1–2 мм (рисунок 15);

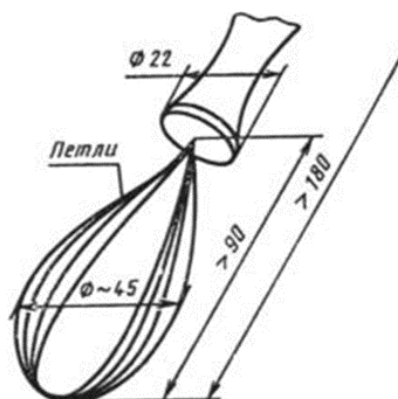


Рисунок 15 – Ручная мешалка

- стекло диаметром более 240 мм;
- на стекло наносят ряд concentric circles with diameters of 150 – 220 mm through every 10 mm, and circles with diameters from 170 to 190 mm – through every 5 mm;
- circles can be drawn on a sheet of white paper and placed between two sheets of glass;
- cylinder of stainless steel with a polished inner surface (рисунок 16);

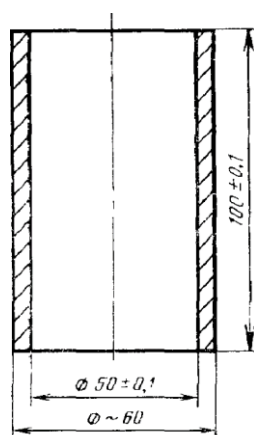


Рисунок 16 – Цилиндр

Таблица 10 – Определение нормальной густоты

№ опыта	Содержание воды от массы гипса, г	Содержание воды от массы гипса, %	Диаметр расплыва, см
1	270	90	23
2	240	80	13
3	255	85	17

Таким образом, была получена нормальная густота с содержанием воды в количестве 85 % от массы гипса.

3.1.2. Определение сроков схватывания

Чтобы определить сроки схватывания, используйте стандартную консистенцию гипсового теста. Суть метода заключается в определении времени от начала контакта гипсового вяжущего с водой до начала и конца схватывания теста.

Чтобы установить сроки схватывания используют:

- секундомер;
- коническое кольцо из коррозионностойкого материала (рисунок 17);

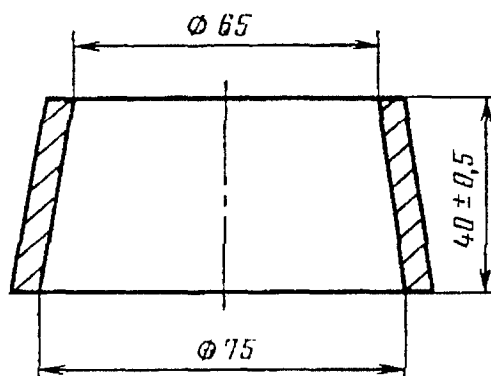


Рисунок 17 – Коническое кольцо

– прибор Вика с массой подвижной части (300±2) г. Прибор Вика приведен на рисунке 18. Игла должна быть изготовлена из твердой нержавеющей стальной проволоки с полированной поверхностью и не должна иметь искривлений;

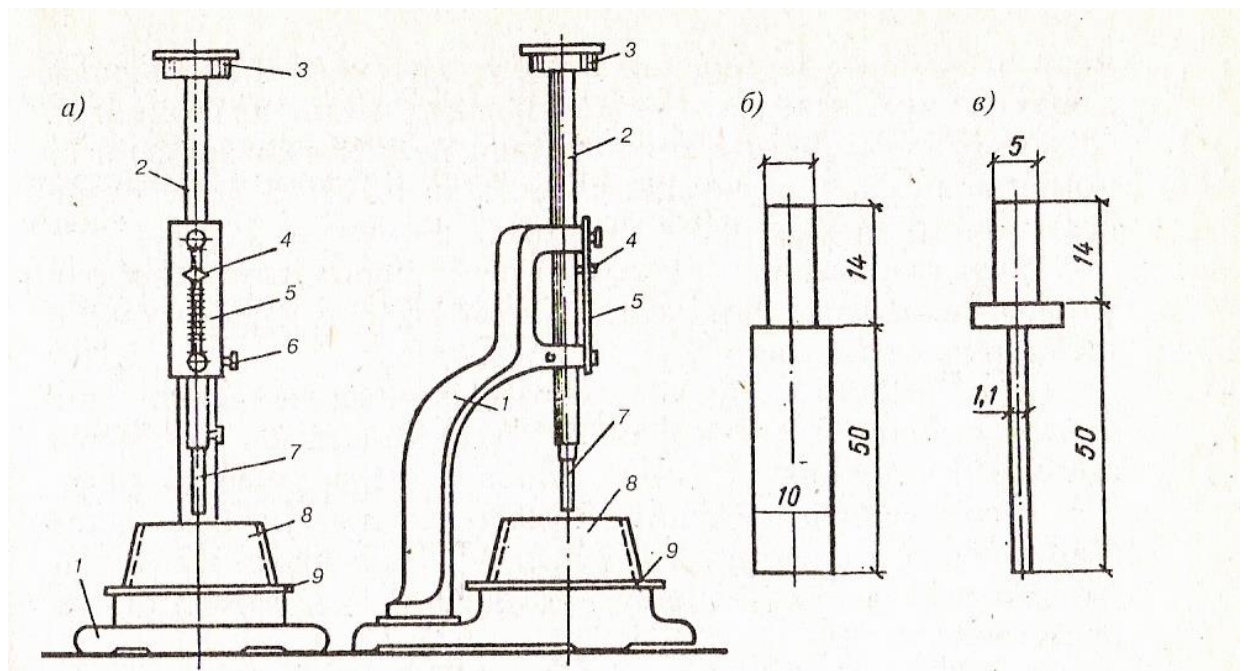


Рисунок 18 – Прибор Вика

– полированную пластинку из коррозионностойкого материала размером не менее 100 x 100 мм.

Перед началом испытания убедитесь, что стержень на приборе Вика свободно опускается, а также находится ли подвижная часть в нулевом положении.

Кольцо, предварительно протертое и смазанное минеральным маслом и помещенное на полированную пластину, заполняют тестом. Чтобы удалить оставшийся воздух, кольцо пластины встряхивают 4 – 5 раз, поднимая и опуская одну сторону пластины примерно на 10 мм. Затем лишнее тесто срезают линейкой и готовую форму на пластине помещают на основание устройства Вика.

Подвижная часть устройства с иглой располагается в таком положении, что конец иглы касается поверхности гипсового теста, после чего иглу свободно опускают в кольцо с тестом. Погружение происходит каждые 30 секунд, начиная с целого числа минут. После каждого погружения иглу осторожно вытирают и пластину вместе с кольцом перемещают так, чтобы игла падала во время нового погружения в другое место на поверхности теста.

Начало схватывания определяется количеством минут, прошедших с тех пор, как вяжущее добавлено в воду до момента, пока игла первый раз не доходит до поверхности пластины и конец схватывания, когда игла опускается на глубину не более 1 мм. Время начала и окончания схватывания выражается в минутах.

В зависимости от сроков схватывания различают вяжущие видов, приведенных в таблице 11

Таблица 11 – Сроки схватывания гипсового вяжущего

Вид вяжущего	Индекс сроков твердения	Срок схватывания, мин	
		Начало, не ранее	Конец, не позднее
Быстротвердеющий	А	2	15
Нормальнотвердеющий	Б	6	30
Медленнотвердеющий	В	20	Не нормируют

Результаты по определению сроков схватывания представлены в таблице 12. [38]

Таблица 12 – Определение сроков схватывания

№ опыта	Содержание воды, %	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин
1	85	14	20

3.1.3. определение предела прочности на изгиб и сжатие

Сущность метода заключается в определении минимальных нагрузок, разрушающих образец.

Для проведения испытания применяют:

- чашку, изготовленную из коррозионностойкого материала;
- линейку длиной 250 мм;
- ручную мешалку (черт.1);
- мерный цилиндр вместимостью 1 л по ГОСТ 1770 – 74;
- весы по ГОСТ 24104 – 80 с погрешностью взвешивания не более 1 г;
- форму из коррозионностойкого материала для изготовления образцов – балочек размерами 40x40x160 мм (рисунок 19).

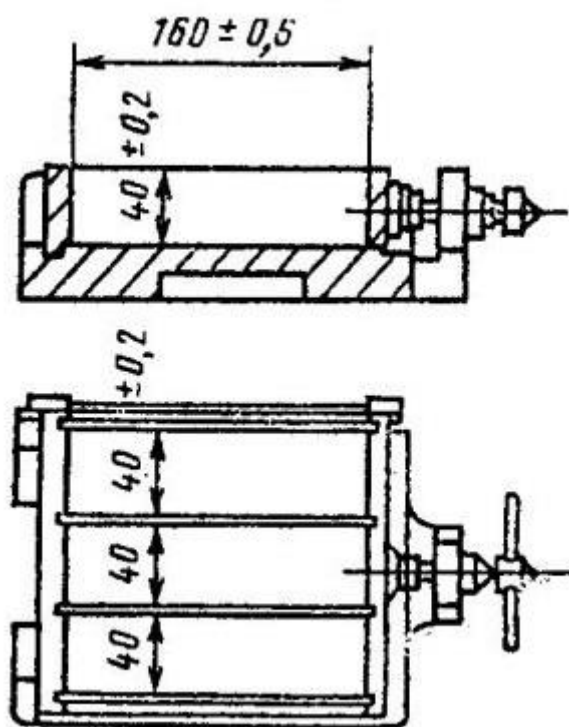


Рисунок 19 – Форма

– пресс для определения предела прочности образцов при сжатии с предельной нагрузкой до 10 – 20 тс;

– прибор для определения прочности на сжатие, состоящий из двух металлических нажимных пластин (рисунок 20) твердостью по Роквеллу не менее 61; искривление пластин не должно превышать 0,05 мм;

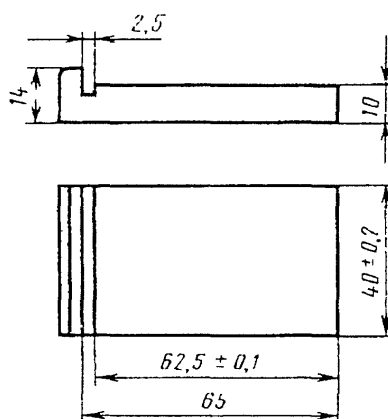


Рисунок 20 – Пластина

– прибор для испытания на изгиб.

Продольные и поперечные стенки форм должны быть отшлифованы сверху и снизу и лежать плотно на основании. Угол между сторонами и дном формы должен составлять $(90 \pm 0,5)$ °С. Размер форм должен проверяться не реже одного раза в полгода. Если размеры форм отклоняются от номинальных размеров более чем на 0,5 мм в длину и на 0,2 мм в ширину и высоту, то формы необходимо заменить.

Определение прочности образцов из стандартной консистенции гипсового теста, проверяют через 2 часа после контакта гипсового вяжущего с водой.

Для изготовления образцов отбирается образец гипсового вяжущего весом от 1,0 до 1,6 кг. Гипсовое вяжущее в течение 5 – 20 секунд высыпает в чашу с водой, взятой в количестве, необходимом для изготовления стандартной консистенции теста. После того, как вяжущее засыпают, смесь интенсивно перемешивают ручным мешалкой в течение 60 секунд, чтобы получить однородное тесто, которое выливают в форму. Ранее внутреннюю поверхность металлических форм слегка смазывали минеральным маслом средней вязкости. Секции формы заполняются вместе, для этого гипсовый тесто равномерно продвигают над формой. Чтобы удалить попавшего воздух после заливки, форму встряхивают 5 раз, поднимая ее за торцевую сторону на высоту от 8 до 10 мм и опуская. то

После начала схватывания излишки гипсового теста удаляются линейкой, перемещая ее вдоль верхних краев формы перпендикулярно поверхности образцов. Через (15 ± 5) минут после окончания схватывания образцы вынимаются из формы, маркируются и хранятся в помещении для испытаний.

Через (15 ± 5) мин после конца схватывания образцы извлекают из формы, маркируют и хранят в помещении для испытаний.

Для проведения испытаний образец устанавливают на опоры прибора для испытания на изгиб по ГОСТ 310.4 – 81 таким образом, чтобы те грани его, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении. Схема расположения образца на опорных валиках приведена на рисунке 21.

								08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					73

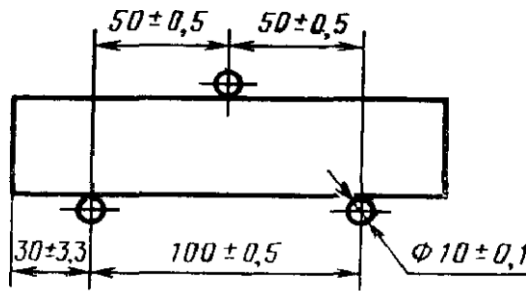


Рисунок 21 – Схема расположения образца для испытания на изгиб

Расчет предела прочности производят по формуле:

$$R_{\text{изг}} = 0,0234 \cdot F,$$

где F – разрушающая нагрузка в МПа или кгс/см².

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое результатов трех испытаний.

Поскольку, прибор для проведения испытаний на изгиб показывает не разрушающую нагрузку, а уже предел прочности, то производить расчет по вышеуказанной формуле не нужно.

Тогда среднее арифметическое испытаний трех образцов будет равен:

$$R_{\text{изг}} = \frac{2,2 + 2,1 + 2}{3} = 2,1 \text{ МПа}$$

Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергают испытанию на сжатие. Образцы помещают между двумя пластинами таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам форм, находились на плоскостях пластин, а упоры пластин плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца (рисунок 22). Образец вместе с пластинами подвергают сжатию на прессе. Время от начала равномерного нагружения образца до его разрушения должно составлять от 5 до 30 с, средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть (10 ± 5) кгс/см² в секунду.

						08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			74

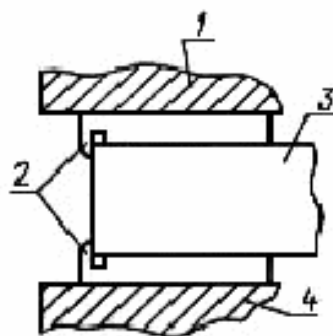


Рисунок 22 – Схема испытаний на сжатие, где 1 – верхняя плита прессы; 2 – пластины; 3 – половина образца; 4 – нижняя плита прессы.

Предел прочности на сжатие одного образца определяют, как частное от деления величины разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластины, равную 25 см. Предел прочности на сжатие вычисляют как среднее арифметическое результатов шести испытаний без наибольшего и наименьшего результатов. [38]

$$R_{сж} = \frac{3,92 + 4 + 4,02 + 4,08}{4} = 4,01 \text{ МПа}$$

Данные по испытанию на предел прочности при сжатии и при изгибе представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Определение предела прочности на сжатие и изгиб

Содержание воды, %	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа
85	2,1	4,01

3.2 Влияние топливных шлаков на свойства гипсовой смеси

Для сравнения их влияния на свойства, используются в соотношении 25 % и 50 % к массе гипса. Далее применяем золошлаковую смесь и гипс за вяжущее.

В качестве добавки, влияющие на свойства гипсового вяжущего использовали суперпластификатор СП – 1 в процентном соотношении 0 %, 0,5 % и 1 % к массе гипсового вяжущего.

В качестве контрольного образца использовали 100 % содержание гипса без добавки СП 1.

Таблица 14 – Влияние СП 1 и золошлаковой смеси на нормальную плотность и D – расплыва

	НГ			Средний D – расплыва, мм		
	СП1 – 0 %	СП1 – 0,5 %	СП1 – 1 %	СП1 – 0 %	СП1 – 0,5 %	СП1 – 1 %
гипс – 100 %, зола – 0 %	85	85	85	170	265	310
гипс – 75 %, зола – 25 %	70	–	–	170	290	310
гипс – 50 %, зола – 50 %	68,5	–	–	172	285	290

Таблица 15 – Влияние СП 1 и золошлаковой смеси на сроки схватывания

	сроки схватывания, мин					
	начало			конец		
	СП1 – 0 %	СП1 – 0,5 %	СП1 – 1 %	СП1 – 0 %	СП1 – 0,5 %	СП1 – 1 %
гипс – 100 %, зола – 0 %	14,0	18,0	20,0	20,0	20,0	21,4
гипс – 75 %, зола – 25 %	15,0	17,5	18,3	18,5	19,2	21,0
гипс – 50 %, зола – 50 %	19,0	20,0	19,0	21,0	22,5	23,0

Таблица 16 – Прочности при изгибе и сжатии

	Rсж, МПа			Rизг, МПа		
	СП1 – 0 %	СП1 – 0,5 %	СП1 – 1 %	СП1 – 0 %	СП1 – 0,5 %	СП1 – 1 %
гипс – 100 %, зола – 0 %	4,0	3,6	3,7	2,1	1,8	1,9
гипс – 75 %, зола – 25 %	3,7	3,8	4,0	1,9	2,0	2,0
гипс – 50 %, зола – 50 %	2,2	1,9	1,9	0,9	1,2	1,1

Для более полного анализа влияния топливных шлаков на прочностные характеристики был проведен двухфакторный эксперимент по следующей матрице (см. таблицу 17). Обработка полученных данных отображены в таблице 19 и на

рисунках 23 – 26. На рисунках показаны зависимости свойств от варьируемых факторов: процентного содержания добавки СП – 1 и золошлака.

Таблица 17 – Варьируемые факторы и соответствующие им коды

Варьируемые факторы				
	Золошлак		Добавка	
№	Кодовое значение	Физическое значение, %	Кодовое значение	Физическое значение, %
1	-1	0	-1	0
2	0	25	-1	0
3	1	50	-1	0
4	-1	0	0	0,5
5	0	25	0	0,5
6	1	50	0	0,5
7	-1	0	1	1
8	0	25	1	1
9	1	50	1	1

Таблица 18 – Матрицы экспериментов

№	Ризг, МПа		Рсж, МПа		Сроки схватывания, начало, мин		Сроки схватывания, конец, мин.	
	2	2,2	3,9	4,1	13,0	15,0	19,0	21
1	2	2,2	3,9	4,1	13,0	15,0	19,0	21
2	1,8	2,0	3,6	3,8	14,0	16,0	17,5	19,5
3	0,9	1,1	2,1	2,3	18,0	20,0	20,0	22,0
4	1,7	1,9	3,5	3,7	17,0	19,0	19,0	21,0
5	1,9	2,1	3,7	3,9	16,5	18,5	18,2	20,2
6	1,1	1,3	1,9	2,1	19,0	21,0	21,5	23,5
7	1,8	2	3,6	3,8	19,0	21,0	20,4	22,4
8	1,9	2,1	3,9	4,1	17,3	19,3	20,0	22,0
9	1,0	1,2	1,9	2,1	8,5	10,5	10,5	12,5

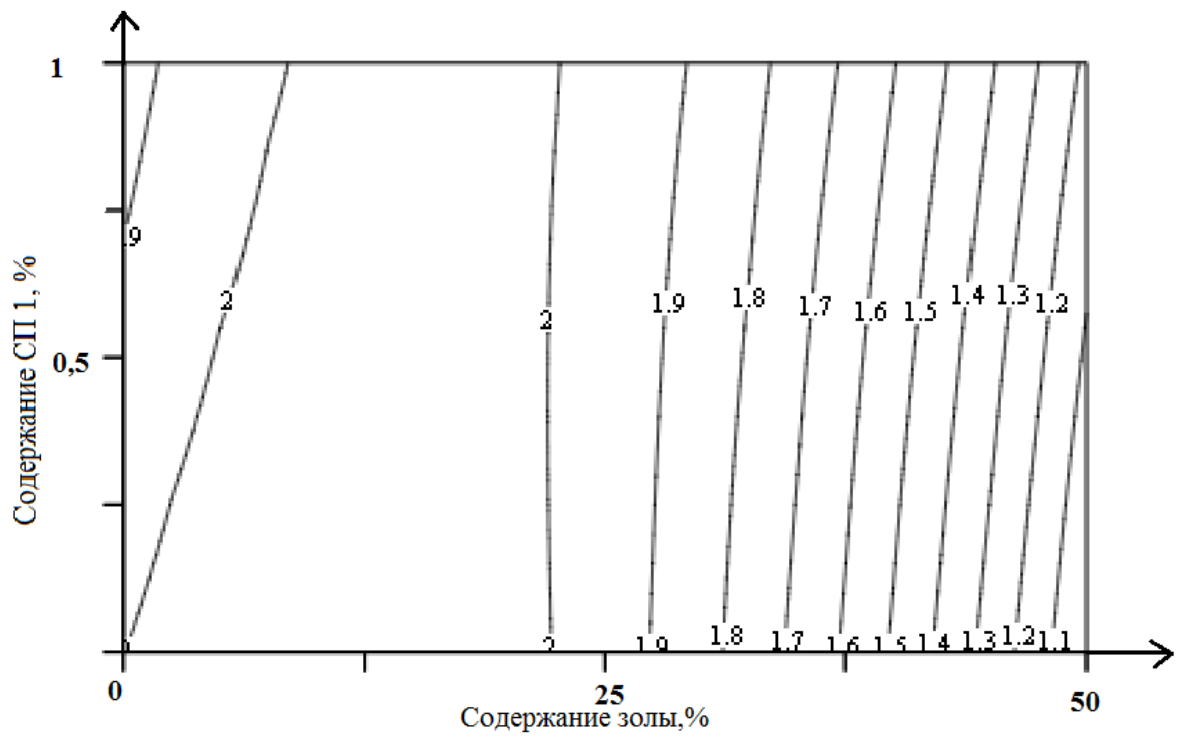


Рисунок 23 – Изолинии предела прочности на изгиб, МПа

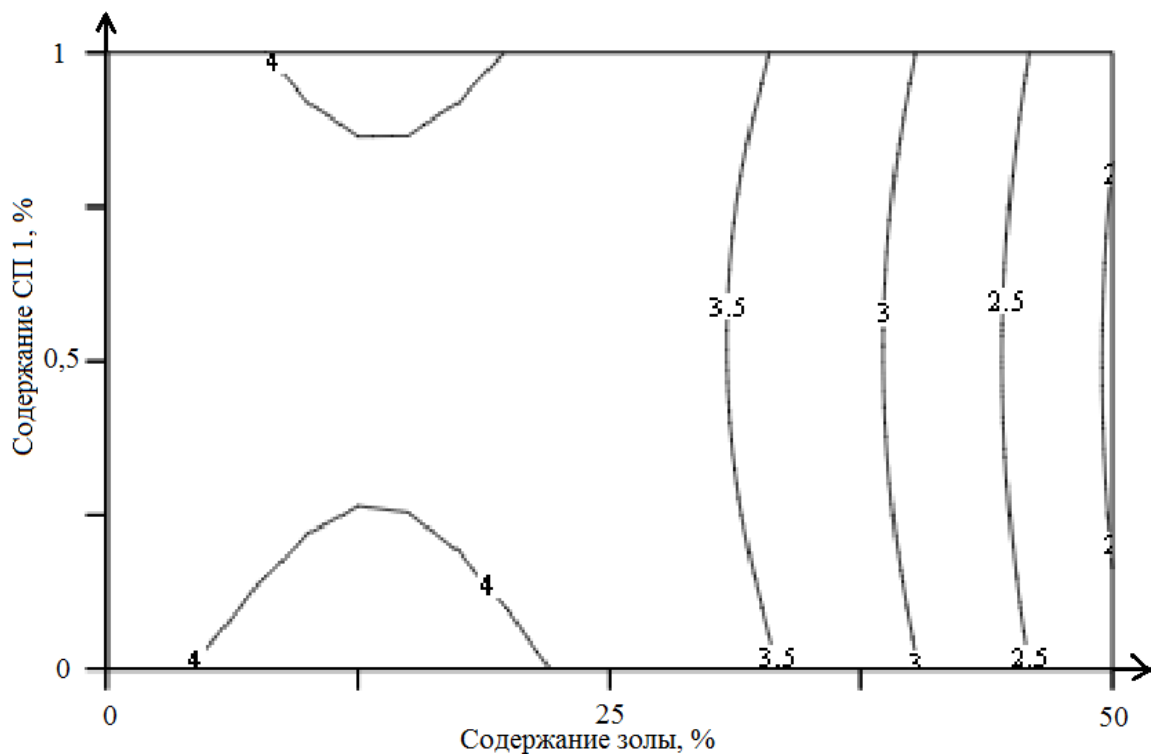


Рисунок 24 – Изолинии предела прочности на сжатие, МПа

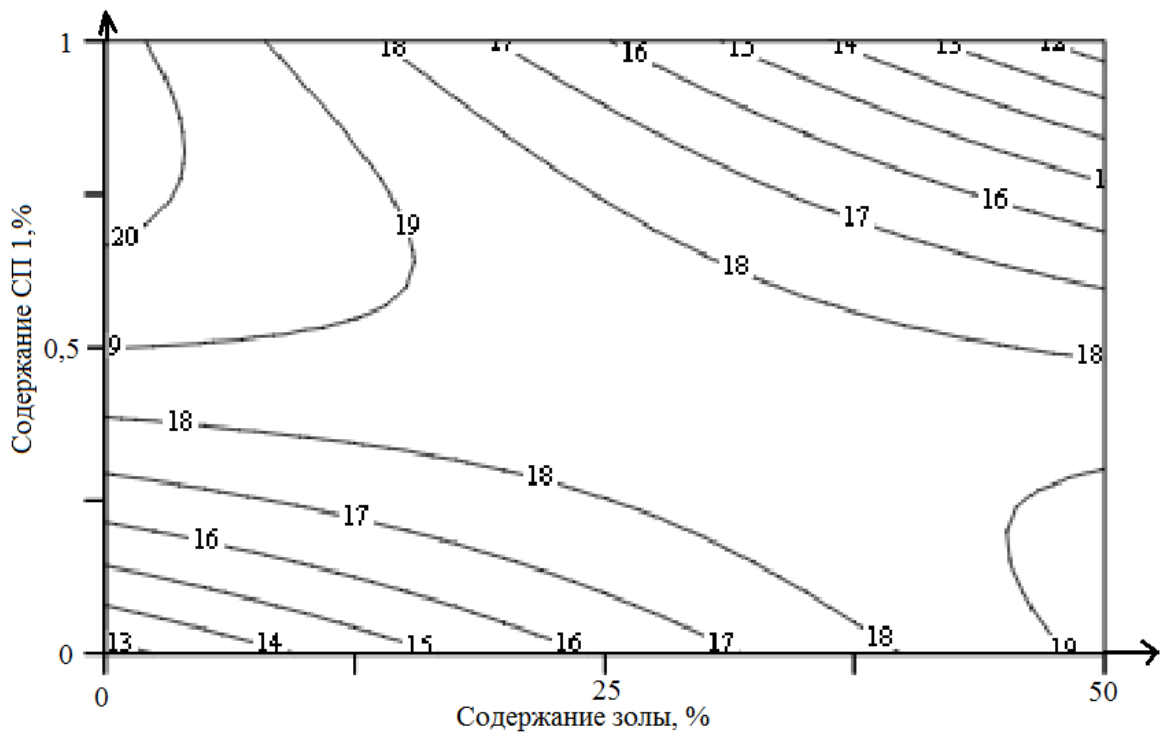


Рисунок 25 – Изолинии начала схватывания, мин

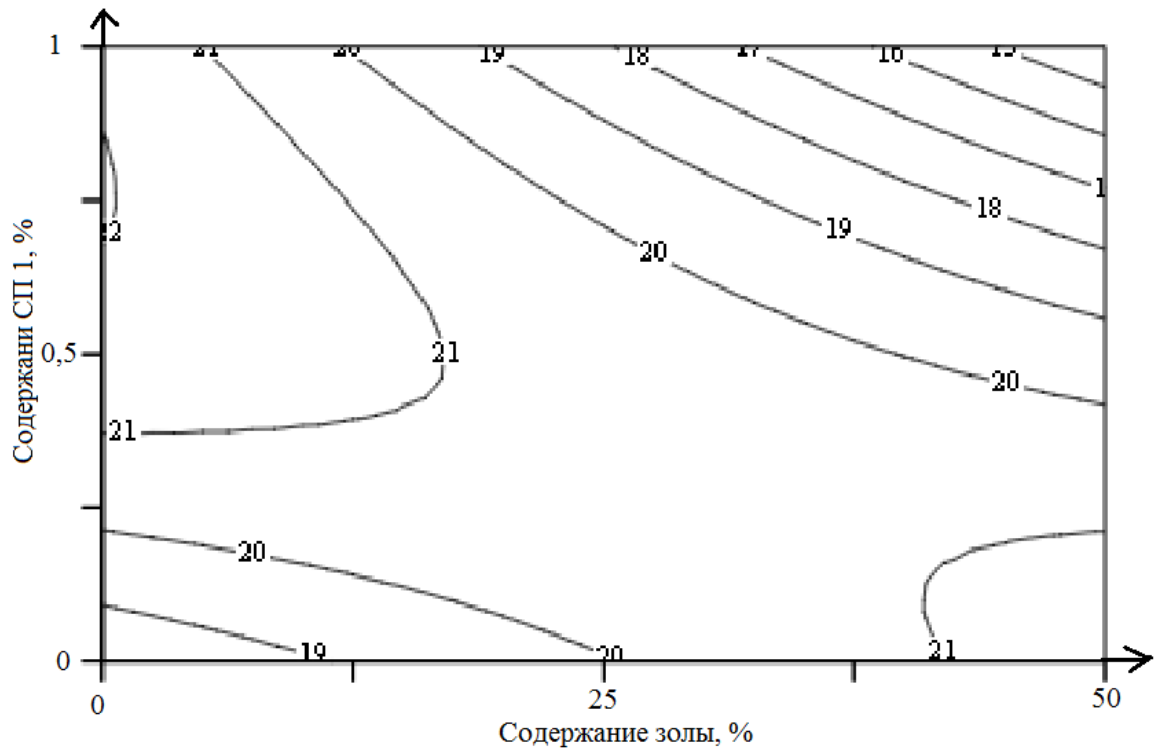


Рисунок 26 – Изолинии конца схватывания, мин

ВЫВОДЫ ПО 3 ГЛАВЕ:

При обработке изолиний видно, что с увеличением количества золошлаковой смеси прочность на изгиб и сжатие начинает падать. Это связано разупрочнением структуры из – за содержания в составе гипсового камня золошлаковой смеси более 25 %.

Сроки схватывания сокращаются так же при большом содержание золошлаковой смеси.

Исходя из этого оптимальным составом для производства сухих строительных смесей можно считать вяжущее в соотношении до 75 % гипса, до 25 % золошлаковой смеси, 1 % СП 1.

									Лист
									80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				

4 ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ НА СМЕШАНОМ ВЯЖУЩЕМ

Соответствуя требованиям ГОСТ 31377 – 2008 основными показателями качества штукатурных смесей, готовых для применения, должны быть:

- время начала схватывания (продолжительность переработки);
- подвижность;
- водоудерживающая способность.

Основными показателями качества штукатурных затвердевших смесей должны быть:

- прочность сцепления с основанием (адгезия);
- прочность на растяжение при изгибе;
- прочность при сжатии;
- средняя плотность (при необходимости и по просьбе потребителя).

Требования к штукатурным смесям, готовым для применения:

– начало схватывания штукатурных растворных смесей должно наступать с момента затворения водой не ранее: 45 мин – при производстве работ вручную; 90 мин – при механизированном производстве работ; [39]

– подвижность штукатурных растворных смесей должна быть такой, чтобы при испытании по ГОСТ 31376 диаметр расплыва образца пластичной смеси не превышал (165 ± 5) мм, текучей (литой) – находился в интервале 150 – 210 мм. Допускается приготовление растворных смесей подвижностью, отличной от указанной, при условии, если затвердевшие смеси будут соответствовать требованиям настоящего стандарта по показателям прочности на растяжение при изгибе, прочности при сжатии и прочности сцепления с основанием; [40]

– водоудерживающая способность штукатурных растворных смесей должна быть не менее 90 %, смесей, содержащих водоудерживающую добавку, – не менее 95 %.

Требования к затвердевшим штукатурным смесям:

									Лист
									81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

сухую смесь в количестве 300 – 400 г всыпают в воду в течение 5 – 10 с; перемешивают смесь в течение 1 мин в смесителе при скорости вращения лопасти (140±5) об/мин или вручную с частотой (62±5) движений в минуту.

Количество сухой смеси определяют предварительно, при этом полученная растворная смесь должна заполнить форму.

Форму устанавливают на стеклянную пластинку в центре встряхивающего столика. Эксцентриситет установки формы относительно центра пластинки на столике не должен превышать 1 мм. Стеклянную пластинку и форму следует предварительно протереть влажной тканью.

Заполняют форму растворной смесью до верха и снимают избыток смеси металлической линейкой. Через 10 – 15 с форму резко поднимают строго вверх и встряхивают растворную смесь 15 раз с постоянной частотой один удар в секунду. Измеряют, диаметр расплыва образца растворной смеси в двух взаимно – перпендикулярных направлениях с погрешностью ±5 мм и определяют среднеарифметическое значение, которое округляют до 1 мм. Диаметр расплыва образца должен быть (165±5) мм.

Если полученный результат отличается от указанного выше, испытание повторяют с измененным (увеличенным или уменьшенным) расходом воды.

Если диаметр расплыва образца соответствует приведенной выше норме, определяют водотвердое отношение по формуле:

$$\frac{B}{T} = \frac{m_1}{m_2},$$

где m_1 – масса воды для получения смеси требуемой подвижности, г; m_2 – масса навески сухой смеси, г.

Определение водотвердого отношения повторяют, используя новую пробу сухой смеси.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ					83

За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов измерения диаметра расплыва двух образцов растворной смеси, округленное до 1 мм.

Примечание – Если не представляется возможным определить подвижность из – за быстрого схватывания растворной смеси, допускается в воду для затворения добавлять замедлитель схватывания. При этом в журнале испытаний должны быть указаны вид и дозировка использованного замедлителя. [40]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ШТУКАТУРКИ С ПЕСКОМ

Во время испытания были проведены несколько опытов для оптимального состава, каждый из которых отличался разным содержанием количества воды.

Для опыта мы брали 200 грамм вяжущего, 400 грамм песка, 150 грамм воды. Получаем массу сухой навески равную $m_2 = 600$ гр., масса воды, требуемой для определения подвижности – $m_1 = 150$ гр. После выполнения всех испытаний диаметр расплыва получился равен 163 мм. Этот результат получился удовлетворительным. Далее необходимо определить водотвердое состояние:

$$\frac{B}{T} = \frac{150}{600} = 0,25$$

Для проверки В/Т следует повторить опыт еще раз сохранив пропорции. Диаметр расплыва получился равным 164 мм.

$$\frac{B}{T} = \frac{150}{600} = 0,25$$

Таким образом, за окончательный результат принимаем диаметр равный:

$$d = \frac{163 + 164}{2} = 163,5 \text{ мм.}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРКИ С ОТСЕВОМ ОТ ДРОБЛЕНИЯ

Для опыта использовалось 200 грамм вяжущего, 400 грамм отсева от дробления, 140 грамм воды. Получаем массу сухой навески равную $m_2 = 600$ гр., масса воды, требуемой для определения подвижности – $m_1 = 140$ гр. После выполнения всех необходимых операций диаметр расплыва стал равен 165 мм. Данный результат

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ					84

соответствует норме, следовательно, необходимо определить водотвердое отношение:

$$\frac{B}{T} = \frac{140}{600} = 0,23$$

Для проверки результатов В/Т следует провести повторный опыт с тем же количеством материалов, как во втором опыте. Диаметр расплыва получился равным 163 мм.

$$\frac{B}{T} = \frac{140}{600} = 0,23$$

Таким образом, за окончательный результат принимаем диаметр равный:

$$d = \frac{165 + 163}{2} = 164 \text{ мм.}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРКИ С ОТСЕВОМ ОТ ДРОБЛЕНИЯ И ПЕСКОМ

Для опыта использовалось 200 грамм вяжущего, 200 грамм отсева от дробления, 200 грамм отсева от дробления и 128 грамм воды. Получаем массу сухой навески равную $m_2 = 600$ гр., масса воды, требуемой для определения подвижности – $m_1 = 128$ гр. После выполнения всех операций диаметр расплыва стал равен 168 мм. Данный результат соответствует норме, следовательно, необходимо определить водотвердое отношение:

$$\frac{B}{T} = \frac{128}{600} = 0,21$$

Для проверки результатов В/Т следует провести повторный опыт с тем же количеством материалов, как во втором опыте. Диаметр расплыва получился равным 169 мм.

$$\frac{B}{T} = \frac{128}{600} = 0,21$$

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

Таким образом, за окончательный результат принимаем диаметр равный:

$$d = \frac{168 + 169}{2} = 168,5 \text{ мм.}$$

Определение водоудерживающей способности

Сущность метода заключается в определении количества воды, удерживаемой растворной смесью после затворения ее водой, и распределении на пористом, поглощающем воду основании.

В качестве средств для испытаний используем:

бумага фильтровальная по ГОСТ 12026;

прокладки размером 250x350 мм из марлевой ткани по ГОСТ 11109;

кольцо из нержавеющей и не поглощающего воду материала внутренним диаметром 100 мм, высотой 12 мм и толщиной стенки 5 мм;

стеклянная пластинка размером 150x150 мм, толщиной 5 мм;

лабораторные весы по ГОСТ 24104 с диапазоном взвешивания не менее 500 г и пределом допускаемой погрешности взвешивания $\pm 0,1$ г;

устройство для определения водоудерживающей способности растворной смеси (рисунок 27).

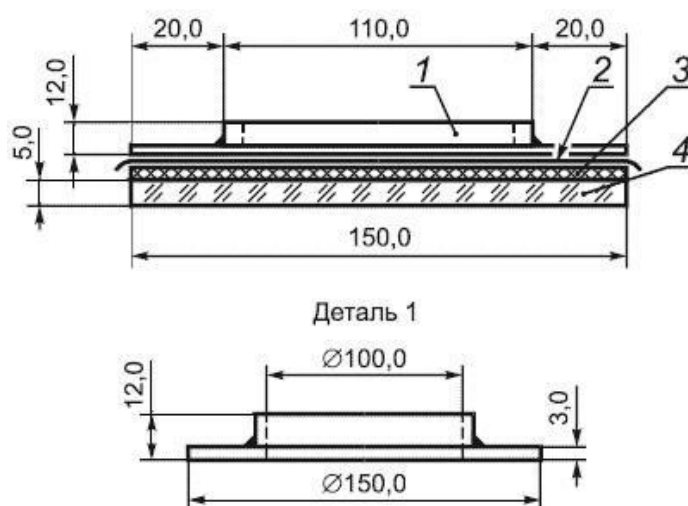


Рисунок 27 – Схема устройства для определения водоудерживающей способности, где 1 – кольцо со смесью, 2 – прокладка из марлевой ткани, 3 – десять листов бумаги, 4 – стеклянная пластинка.

Десять листов бумаги взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г, помещают на стеклянную пластинку и сверху укладывают прокладку из марлевой ткани. На прокладку устанавливают металлическое кольцо, и все устройство взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г. Приготавливают растворную смесь.

Приготовленную смесь укладывают в металлическое кольцо вровень с краями, выравнивают ножом, протертым влажной тканью, взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г и оставляют на 10 мин.

По истечении 10 мин кольцо со смесью снимают вместе с марлей. Бумагу взвешивают с погрешностью $\pm 0,1$ г.

Водоудерживающую способность смеси устанавливают по содержанию воды в пробе смеси после испытания.

Первоначальную массу воды в смеси m_B , г, определяют по формуле:

$$m_B = m_c \frac{B}{T},$$

где $\frac{B}{T}$ – водотвердое отношение, m_c – масса растворной смеси, уложенной в металлическое кольцо, г, определяемая по формуле:

$$m_c = m_2 - m_1,$$

где m_2 – масса устройства с растворной смесью, г; m_1 – масса устройства без растворной смеси, г.

Потерю воды смесью $m_{\text{пот}}$, % массы, определяют по формуле:

$$m_{\text{пот}} = \frac{m_{B6}}{m_B} 100,$$

где m_B – масса воды для получения смеси требуемой подвижности, г; m_{B6} – масса воды, поглощенной бумагой, г, определяемая по формуле:

$$m_{B6} = m_3 - m,$$

где m – масса бумаги до испытания, г; m_3 – масса бумаги после испытания, г.

Водоудерживающую способность смеси B , %, определяют по формуле:

$$B = 100 - m_{\text{пот}}$$

									Лист
									87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний двух проб. [40]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ШТУКАТУРКИ С ПЕСКОМ

В результате проведённых испытаний, получили следующие результаты: масса бумаги до испытаний $m = 12,6$ г., масса устройства без растворной смеси $m_1 = 453,6$ гр., масса устройства с растворной смесью $m_2 = 656$ г., масса бумаги после испытаний $m_3 = 15,2$ г., водотвердое отношение мы берем из расчетов в пункте 3.3.1 $\frac{B}{T} = 0,25$.

Проведем необходимые расчеты:

$$m_c = 656 - 453,6 = 202,4 \text{ гр.}$$

$$m_B = 202,4 \cdot 0,25 = 50,6 \text{ гр.}$$

$$m_{вб} = 15,3 - 12,6 = 2,7 \text{ гр.}$$

$$m_{\text{пот}} = \frac{2,7}{50,6} \cdot 100 = 5,34 \%$$

$$B = 100 - 3,2 = 94,66 \%$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРКИ С ОТСЕВОМ ОТ ДРОБЛЕНИЯ

В результате проведённых испытаний, получили следующие результаты: масса бумаги до испытаний $m = 12,22$ гр., масса устройства без растворной смеси $m_1 = 452,3$ гр., масса устройства с растворной смесью $m_2 = 662,2$ гр., масса бумаги после испытаний $m_3 = 15,66$ гр., В/Т отношение мы берем из расчетов в пункте 3.3.1 $\frac{B}{T} = 0,23$.

Проведем необходимые расчеты:

$$m_c = 662,2 - 452,3 = 209,9 \text{ гр.}$$

$$m_B = 209,9 \cdot 0,23 = 48,28 \text{ гр.}$$

$$m_{вб} = 15,66 - 12,22 = 3,44 \text{ гр.}$$

$$m_{\text{пот}} = \frac{3,44}{48,28} \cdot 100 = 7,13 \%$$

$$B = 100 - 7,13 = 92,9 \%$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				88

Толщину трафарета допускается при необходимости принимать по рекомендации изготовителя сухой смеси, но не более 10 и не менее 3 мм. Расстояние между отверстиями, между отверстиями и краями трафарета должно быть не менее 20 мм. Число отверстий должно быть не менее пяти. Допускается изготавливать трафарет из другого материала, обеспечивающего жесткость трафарета и не поглощающего воду из растворной смеси;

– металлический шпатель;

– круглые пластинки из стали или алюминиевых сплавов диаметром 50 мм или квадратные размером 50х50 мм, толщиной не менее 20 мм с приспособлением для отрыва образцов от основания. Пластинки должны обеспечивать строго осевое приложение нагрузки на образцы во время их испытания;

– усеченное коническое кольцо с острыми краями, внутренним диаметром $(50,0 \pm 0,1)$ мм и высотой $(25,0 \pm 0,1)$ мм, изготовленное из нержавеющей стали или латуни (рисунок 28).

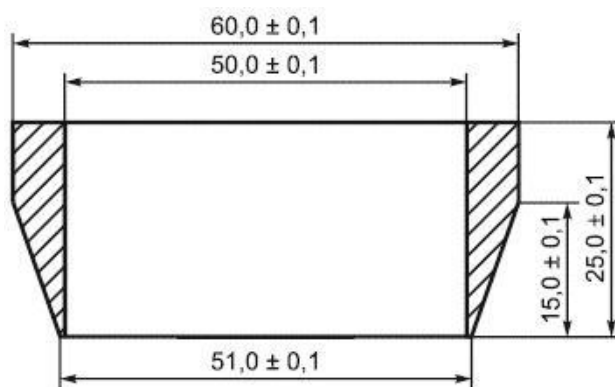


Рисунок 28 – Усеченное коническое кольцо

– кольцевая фреза диаметром (50 ± 5) мм для изготовления образцов прорезанием кольцевого паза в затвердевшей смеси;

– эпоксидная или метилметакриловая смола для приклеивания металлических пластинок к слою затвердевшей смеси или другой клей высокой прочности;

– камера для выдерживания образцов, обеспечивающая твердение образцов при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (60 ± 10) %;

										Лист
										90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

(рисунок 30). Прочность сцепления превышает полученное при испытании значение; 3 – отрыв по основанию (рисунок 31). Прочность сцепления превышает полученное при испытании значение; 4 – отрыв по клею (рисунок 32). Испытание следует повторить, так как, вероятно, допущены ошибки при приклеивании металлической пластинки или неправильно выбран клей.

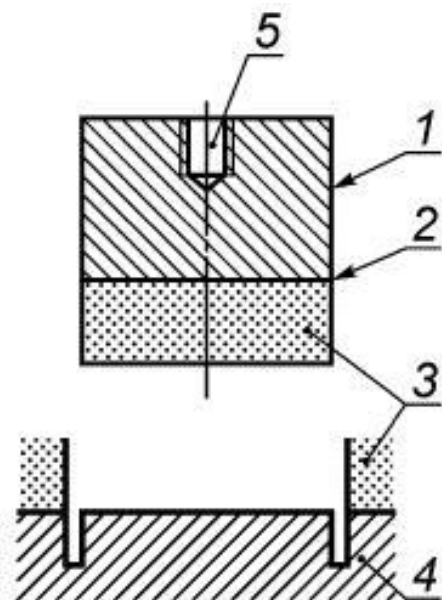


Рисунок 29 – Разрушение по примеру 1 – го варианта

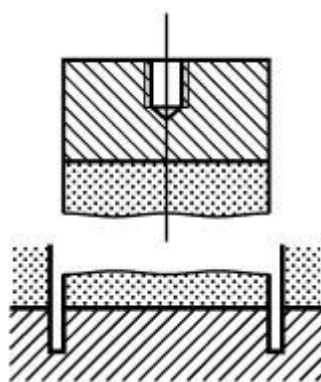


Рисунок 30 – Разрушение по примеру 2 – го варианта

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРКИ С ПЕСКОМ

В нашей работе были проведены испытания на гладкой поверхности – бетонная плита. После проведения испытаний получили: отрыв по контактной зоне основание – затвердевший раствор (рисунок 29). Результат испытания соответствует предельному сопротивлению отрыву.

Так как, использовался измеритель адгезии ПСО – МГ4 – производитель СКБ Стройприбор, то прочность сцепления, является результатом измерения прибора. Таким образом, получаем: прочность сцепления $R_{гд} = 0,4$ МПа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРКИ С ОТСЕВОМ ОТ ДРОБЛЕНИЯ

После проведения испытаний получили: отрыв по затвердевшему раствору (рисунок 30). Прочность сцепления превышает полученное при испытании значение. Так как, использовался измеритель адгезии ПСО – МГ4 – производитель СКБ Стройприбор, то прочность сцепления, является результатом измерения прибора. Таким образом, получаем: прочность сцепления с гладким основанием не менее $R_{гд} = 0,9$ МПа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРКИ С ОТСЕВОМ ОТ ДРОБЛЕНИЯ И ПЕСКОМ

После проведения испытаний получили: отрыв по контактной зоне основание – затвердевший раствор (рисунок 29). Результат испытания соответствует предельному сопротивлению отрыву.

Так как, использовался измеритель адгезии ПСО – МГ4 – производитель СКБ Стройприбор, то прочность сцепления, является результатом измерения прибора.

Таким образом, получаем: прочность сцепления с гладким основанием не менее $R_{гд} = 1$ МПа.

Определение предела прочности на изгиб и сжатие

Определяют прочность на изгиб и сжатии образцов – балочек размерами 160x40x40 мм, изготовленных из растворной смеси требуемой подвижности.

Для испытания необходимы следующие инструменты:

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

- смеситель по ГОСТ 31356;
- чаша для приготовления смеси и лопатка для ручного перемешивания по ГОСТ 310.3;
- разъемная форма для изготовления образцов – балочек 160x40x40 мм по ГОСТ 310.4 или ГОСТ 23789;
- сушильный шкаф, обеспечивающий температуру (45 ± 3) °С;
- пластинки для передачи нагрузки на половинки образцов – балочек по ГОСТ 310.4;
- линейка по ГОСТ 427;
- мерный цилиндр по ГОСТ 1770 вместимостью 1 л с ценой деления не более 1 мл;
- весы по ГОСТ 24104 с диапазоном взвешивания не менее 500 г и пределом допускаемой погрешности взвешивания $\pm 0,1$ г.;
- прибор для испытания на изгиб образцов – балочек по ГОСТ 310.4;
- машина для определения прочности при сжатии с предельной нагрузкой 10 – 20 тс по ГОСТ 28840;
- камера для выдерживания образцов, обеспечивающая твердение образцов при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (60 ± 10) %.

Для определения предела прочности на растяжение при изгибе приготавливают растворную смесь. Внутреннюю поверхность стенок формы и поддон предварительно смазывают тонким слоем машинного масла. Приготовленную смесь укладывают в форму, избыток смеси срезают металлической линейкой вровень с краями формы. Уложенную смесь уплотняют и выравнивают пятью ударами формы о поверхность стола, поднимая ее на высоту 10 мм. Через 30 – 50 мин после изготовления образцы расформовывают и выдерживают в камере в течение 7 сут при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (60 ± 10) %. По окончании выдержки образцы высушивают в сушильном шкафу при температуре (45 ± 3) °С в течение не менее 1 ч до постоянной массы и охлаждают в сушильном

										Лист
										95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

шкафу до 15°C – 20 °C. Массу образцов считают постоянной, если разность между результатами двух последовательных взвешиваний будет менее 0,1 г.

Для определения предела прочности на изгиб образец устанавливают на опоры прибора для испытания на изгиб так, чтобы его грани, горизонтальные при изготовлении, находились в вертикальном положении. Расстояние между опорами должно быть (100±0,152) мм. Скорость нарастания нагрузки – (50±10) Н/с.

Предел прочности на изгиб одного образца $R_{изг}$, МПа (Н/мм², кгс/см²), определяют по формуле:

$$R_{изг} = 0,0235F,$$

где F – разрушающая нагрузка, Н.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний трех образцов, вычисленное с точностью ± 0,05 МПа.

Предел прочности при сжатии определяют испытанием шести половинок образцов – балочек, полученных при испытании предела прочности на изгиб. Половинку образца – балочки помещают между двумя пластинками для передачи нагрузки на образец так, чтобы боковые грани, которые при формовании образцов находились в вертикальном положении, находились в плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой грани образца. Скорость нарастания нагрузки при испытании – (50±10) Н/с.

Предел прочности при сжатии одного образца $R_{сж}$, МПа, вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{F}{S},$$

где F – разрушающая нагрузка, Н; S – площадь рабочей поверхности пластинки, равная ≈25 см².

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытания шести образцов, вычисленное с точностью ±0,1 МПа. [40]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ШТУКАТУРКИ С ПЕСКОМ

									Лист
									96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ				

- прибор для испытаний на изгиб;
- весы электронные и механические;
- сушильный шкаф;
- щековая дробилка;
- вибромельница.
- сита разной фракции

5.1.2. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» при изготовлении вяжущего в лабораторных условиях опасными и вредными факторами являются:

- механизмы, подвижные части оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструментов и оборудования;
- действие электрического тока;
- токсические;
- раздражающие;
- температура воздуха;
- относительная влажность;
- скорость движения воздуха;
- тепловое облучение;
- умственное перенапряжение;
- монотонность труда. [43]

5.1.3. Микроклимат

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

Таблица 24 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах (дБА)

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	–	–	–
Напряженный труд 2 степени	50	50	–	–	–

Для борьбы с механическим шумом используют смазочные и прокладочные материалы. Коллективным методом защиты от шума являются звукопоглощающие облицовки, перегородки, кожухи. Индивидуальные меры защиты включают использование вкладышей, наушников. [47]

5.1.7. Безопасность производственных процессов и оборудования

Общие требования безопасности согласно ГОСТ 12.2.003 – 91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности»:

Требования к конструкции и ее отдельным частям:

– конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих;

– конструкция производственного оборудования и его отдельных частей должна исключать возможность их падения, опрокидывания и самопроизвольного смещения при всех предусмотренных условиях эксплуатации и монтажа;

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности согласно ГОСТ 12.1.004 – 91 «Пожарная безопасность. Общие требования», являются:

- повышенная температура окружающей среды;
- пламя и искры;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Помещение по пожароопасности относится к категории Д – пониженной пожароопасности.

Обеспечение пожарной безопасности объектов защиты в соответствии с № 123 – ФЗ – «Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»:

1. Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности.

2. Целью создания системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты является предотвращение пожара, обеспечение безопасности людей и защита имущества при пожаре.

3. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты включает в себя систему предотвращения пожара, систему противопожарной защиты, комплекс организационно – технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

4. Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в обязательном порядке должна содержать комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения значений допустимого пожарного риска, установленного настоящим Федеральным законом, и направленных на предотвращение опасности причинения вреда третьим лицам в результате пожара.

									Лист
									112
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

Таблица 27 – Затраты на плату труда рабочих

Персонал	Численность, чел	Отчисления на заработную плату в месяц, руб	Отчисления на заработную плату в год, руб
Мастер	3	90 000	1080 000
Рабочие	15	300 000	3600 000
Внебюджетные фонды	30 %		1 404 000
Итого			6 084 000

Таблица 28 – Расход и себестоимость затрат на материалы контрольного образца для 1м² поверхности толщиной 10 мм без учета потерь с гипсовым вяжущим

Материал	Ед. изм.	Норма расхода на 1м ²	Цена (с учетом НДС), руб.	Стоимость (с учетом НДС), руб.
Гипсовое вяжущее	кг	9	51	459
Вода	м ³	0,00765	20	0,153
Итого				459,153

Таблица 29 – Расход и себестоимость затрат на материалы контрольного образца для 1м² поверхности толщиной 10 мм без учета потерь с гипсовым вяжущим

Материал	Ед. изм.	Норма расхода на 1м ²	Цена (с учетом НДС), руб.	Стоимость (с учетом НДС), руб.
Гипсовое вяжущее	кг	6,75	51	344,25
Золошлаковая смесь	м ³	1,092	65	70,98
СП 1	кг	0,09	108	9,72
Вода	м ³	0,00765	20	0,153
Итого				425,103

Таблица 30 – Затраты на оборудование и амортизацию гипсового вяжущего

Электроэнергия оборудования для производства вяжущего	Цена, млн. руб	Количество, шт	Стоимость, млн. руб	Амортизация	
				% в год	тыс. руб. в год
Дробилка	0,4	1	0,4	20	80
Помольно – сушильный агрегат с мельницей	1,2	1	1,2	20	240
Дозатор	0,1	1	0,1	20	20
Шнековый транспортер	0,08	3	0,24	20	48
Генератор горячего газа	0,1	1	0,1	20	20
ИТОГО		2,04			408

Таблица 31 – Затраты на оборудование и амортизацию гипсо – золошлакового вяжущего

Электроэнергия оборудования для производства вяжущего	Цена, млн. руб	Количество, шт	Стоимость, млн. руб	Амортизация	
				% в год	тыс. руб. в год
Дробилка	0,4	1	0,4	20	80
Помольно – сушильный агрегат с мельницей	1,2	1	1,2	20	240
Дозатор	0,1	1	0,1	20	20
Шнековый транспортер	0,08	4	0,32	20	64
Генератор горячего газа	0,1	1	0,1	20	20
Смеситель	0,15	1	0,15	20	30
ИТОГО		2,27			454

Таблица 22 – Потребление электроэнергии при производстве гипсового вяжущего

Электроэнергия оборудования для производства вяжущего	Мощность	Гипсовое вяжущее			
		Количество штук	Количество часов	кВт*ч	Руб.
Дробилка	320	1	12	3 840	6412,8
Помольно – сушильный агрегат с мельницей	2500	1	24	60 000	100 200
Дозатор	0,2	1	12	2,4	4,01
Шнековый транспортер	5,3	3	12	190,8	318,636
Генератор горячего газа	70	1	24	1680	2805,6
Освещение	0,1	30	24	72	120,24
ИТОГО					109861,28

Таблица 33 – потребление электроэнергии при производстве гипсо – золошлакового вяжущего

Электроэнергия оборудования для производства вяжущего	Мощность	Гипсо – золошлаковое вяжущее			
		Количество штук	Количество часов	кВт*ч	Руб.
Дробилка	320	1	9	2 880	4809,6
Помольно – сушильный агрегат с мельницей	2500	1	18	45 000	75 150
Дозатор	0,2	1	9	1,8	3,01
Шнековый транспортер	5,3	4	9	190,8	318,64
Генератор горячего газа	70	1	18	1260	1,402
Смеситель	11	1	8	88	146,96

Окончание таблицы 33

Электроэнергия оборудования для производства вяжущего	Мощность	Гипсо – золошлаковое вяжущее			
		Количество штук	Количество часов	кВт*ч	Руб.
Освещение	0,1	30	24	72	120,24
ИТОГО					80549,85

Таблица 34 – Сводная таблица затрат

	Затраты на материалы	Затраты на оборудование	Затраты на амортизацию	Затраты на электроэнергию	Затраты на оплату труда рабочим	ИТОГО
Гипсовое вяжущее	459,15	2 040 000	408 000	109 861,28	6 084 000	8642320
Гипсо – золошлаковое вяжущее	425,103	2 270 000	454 000	80 549,85	6 084 000	8434975

ВЫВОДЫ ПО 5 ГЛАВЕ:

После подсчета экономической эффективности можно увидеть, что на производство 1 м³ смеси общие затраты снижаются. Это говорит о том, что при одинаковых свойствах вяжущего, можно значительно удешевить производство. Несмотря на то, что мы добавили оборудование, потребление электроэнергии снижается.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проведенный литературный обзор показал, что топливные золошлаковые смеси не использовались для исследования влияния на структуру и физико - механические свойства гипсового камня, также до конца не исследовано совместное влияние золошлаковой смеси и пластификаторов на физико - механические характеристики гипсового камня.

2. При увеличении количества золошлаковой смеси в вяжущем, нормальная плотность уменьшается за счет снижения количества гипса, но снижение незначительно т.к. частицы золошлаковой смеси имеют пористую структуру.

3. При введении добавки в гипсовое и гипсо - золошлаковое вяжущие средний D – распыла увеличивается. D – распыла гипсо-золошлаковое вяжущее с содержанием золошлаковой смеси 25 % выше чем у гипсового вяжущего и незначительно выше D – распыла золошлакового вяжущего с содержанием золошлаковой смеси 50 %, за счет большего содержания энергетной пористой массы.

4. С увеличением содержания золошлаковой смеси до 25 % в вяжущем сроки схватывания снижаются за счет увеличения количества воды на долю гипса, потому что увеличивается скорость кристаллизации гипса и также зола выступая в качестве наполнителя создает более плотную структуру. Но с увеличением золошлаковой смеси до 50 % в вяжущем сроки схватывания увеличиваются за счет разуплотнения структуры.

5. При увеличении содержания золошлаковой смеси пределы прочности при сжатии и изгибе уменьшаются за счет разуплотнения структуры. В вяжущем с содержанием золошлаковой смеси 25 % с введением добавки СП 1 прочности увеличиваются за счет изменения электрокинетического потенциала их поверхностей способствует их сближению и более плотной упаковки.

В вяжущем с добавки СП 1 при содержанием золошлаковой смеси 50 % прочности уменьшается по причине разуплотнения структуры за счет большого количества введенной золошлаковой смеси.

										Лист
										119
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ

6. В ходе исследования применения гипсо – золошлакового вяжущего в качестве штукатурной смеси было выявлено, что водоудерживающая способность во всех случаях соответствует требованиям, как и адгезия

Однако наибольшая водоудерживающая способность и адгезия наблюдается у состава вяжущее + песок + отсев от дробления.

Прочность на изгиб у всех трех образцов равна, а прочность на сжатие отличается незначительно, наибольшую прочность на сжатие имеет образец имеющий состав: вяжущее + песок + отсев от дробления.

Исходя из полученных данных оптимальный состав имеет строительная штукатурная смесь на основе оптимального состава: 75 % вяжущего, 25 % золошлаковой смеси, отсева от дробления и песка.

									<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ</i>				120

38. ГОСТ 23789 – 2018 Гипсовые вяжущие. Методы испытаний. – М.: Изд - во стандартов, 2018.

39. ГОСТ 31377 – 2008 Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Технические условия. – М.: Изд - во стандартов, 2010.

40. ГОСТ 31376 Сухие строительные смеси на гипсовом вяжущем. – М.: Изд - во стандартов, 2008.

41. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6 – ФКЗ, от 30.12.2008 N 7 – ФКЗ, от 05.02.2014 N 2 – ФКЗ, от 21.07.2014 N 11 – ФКЗ).

42. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197 – ФЗ (ред. от 01.04.2019).

43. ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

44. ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ Общие санитарно – гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

45. ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

46. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

47. ГОСТ 12.1.003 – 83 Шум. Общие требования безопасности. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

48. ГОСТ 12.2.003 – 91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

49. ГОСТ 12.1.1.030 – 81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М.: Изд - во стандартов, 2012.

					08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		125

50. ГОСТ 12.1.004 – 91 «Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд -
во стандартов, 2012.

					<i>08.03.01.2019.065.00.00.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		126