

АННОТАЦИЯ

Кононова В.В. Исследование влияния пигментов на свойства сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего – Челябинск: ЮУрГУ, Строительные материалы и изделия, 2017, 146 с., 48 ил., 49 табл.

Библиографический список – 85 наименований.

В данной дипломной работе исследовано влияние пигментирующих добавок на свойства гипсового вяжущего, камня, а также раствора и растворной смеси. Проанализировано влияние данных добавок на продукты гидратации гипсового камня и на свойства растворных смесей. Проведен расчет экономической эффективности и целесообразности производства данной сухой строительной смеси. Исследованы опасные и вредные производственные факторы.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	12
1.1 Анализ современного состояния исследований в области эффективных отделочных сухих строительных смесей из гипсовых вяжущих веществ.....	12
1.2 Легкие штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем....	15
1.3 Основные сведения о гипсовом вяжущем.....	19
1.3.1 Сырье для производства гипсового вяжущего	19
1.3.2 Дегидратация двуводного сульфата кальция.....	22
1.3.3 Гидратация и структурообразование гипсового вяжущего.....	24
1.4 Управление свойствами сухих строительных смесей.....	25
1.4.1 Влияние наполнителей и наполнителей	25
1.4.2 Влияние добавок и пигментов на формирование структуры и свойства гипсового камня и строительных растворов.....	27
1.5 Декоративная штукатурка и ее классификация по декоративному эффекту	28
1.5.1 Штукатурка с крошкой и терразит.....	30
1.5.2 Технология сграффито	32
1.5.3 Тонкослойные штукатурки	33
1.6 Безотходные технологии в производстве гипсового вяжущего.....	34
ВЫВОДЫ ПО 1 ГЛАВЕ	37
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ.....	37
2 МЕТОДЫ ИСЛЕДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЫ	38

2.1 Методы анализа исследуемого материала и порядок получения показаний по ним	38
2.1.1 Дифференциально-термический анализ (ДТА) и термогравиметрия (ТГ).....	38
2.1.2 Рентгеновская дифрактометрия (спектроскопия)	44
2.2 Характеристика исходных материалов.....	51
2.2.1 Вяжущее.....	51
2.2.2 Заполнители.....	51
2.2.3 Вода	54
2.2.4 Пигменты	54
ВЫВОДЫ ПО 2 ГЛАВЕ	58
3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	59
3.1 Методы испытаний свойств гипса	59
3.1.1 Определение нормальной густоты.....	59
3.1.2 Определение сроков схватывания.....	62
3.1.3 Определение предела прочности на изгиб и сжатие.....	64
3.2 Влияние пигментов на свойства гипса	69
3.2.1 Исследование влияния пигмента из пережженного кирпича ...	69
3.2.2 Исследование влияния пигмента из недожженного кирпича ...	74
3.2.3 Исследование влияния перманганата калия	77
3.2.4 Исследование влияния коричневого колер	82
3.3 Исследование свойств сухих строительных смесей на гипсовом вяжущем.....	86
3.3.1 Определение подвижности пластичных растворных смесей....	87

3.3.2	Определение времени начала схватывания	91
3.3.3	Определение водоудерживающей способности	96
3.3.4	Определение прочности сцепления с основанием (адгезии) ..	100
3.3.5	Определение предела прочности на растяжение при изгибе и при сжатии	106
ВЫВОДЫ ПО 3 ГЛАВЕ		115
4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ		116
4.1	Оценка экономической эффективности	116
4.2	Безопасность жизнедеятельности	121
4.2.1	Краткое описание рассматриваемого проекта, процессов, применяемого оборудования, механизмов, условий труда	122
4.2.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	122
4.2.3	Микроклимат.....	123
4.2.4	Запыленность рабочей зоны	125
4.2.5	Освещение	127
4.2.6	Шум	128
4.2.7	Безопасность производственных процессов и оборудования .	130
4.2.8	Электробезопасность.....	132
4.2.9	Пожаробезопасность	133
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ		136
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК		139
ПРИЛОЖЕНИЕ		Ошибка! Закладка не определена.

ВВЕДЕНИЕ

Сухая строительная смесь – многокомпонентный сухой порошок, который при разбавлении водой превращается в пластичный раствор нужного назначения. Смеси на основе гипса представляют собой легкие по массе и удобные для работы составы. К числу недостатков можно отнести лишь возможность употребления только внутри сухих помещений.

Материалы на основе гипсовых вяжущих характеризуются высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, огне- и пожаробезопасные, легкие, могут использоваться в качестве декоративных элементов для архитектурных решений внутренней отделки помещений. Использование гипсовых материалов для внутренней отделки обеспечивает благоприятный климат внутри помещений за счет способности материала «дышать» – легко поглощать влагу и отдавать ее. В последние годы разработаны материалы нового поколения на основе гипсовых вяжущих: композиционные, модифицированные, с пониженной водопотребностью и высокими эксплуатационными свойствами.

Основными компонентами гипсовых сухих смесей являются: гипсовые вяжущие, наполнители, функциональные добавки. В качестве вяжущего в гипсовых смесях применяют строительный гипс на основе β - или α -полугидрата сульфата кальция. Реже используют их в смеси с ангидритом (особенно для штукатурных работ) для обеспечения необходимых сроков схватывания. В составах самонивелирующихся смесей используются высокопрочный гипс (α -полугидрат) и ангидрит.

Гипс представляет собой быстросхватывающийся и поглощающий воду состав. В смеси на основе гипса вводятся полимеры с целью снижения водопоглощения и повышения адгезии, а также ингибиторы, замедляющие реакцию твердения гипса.

Заполнитель вводят для предотвращения растрескивания в процессе эксплуатации, повышения технологичности при нанесении. В качестве заполнителей в гипсовых смесях используют кварцевый песок, а также

известняковую муку, доломитовую муку, мел, золу. В составах легких штукатурок используется перлит. Функциональные добавки осуществляют замедление схватывания гипсовой смеси, увеличивают водоудержание, подвижность, пластичность, прочность сцепления, создают особую поровую структуру, снижают риск трещинообразования. Замедлители схватывания обеспечивают увеличение живучести растворной гипсовой смеси. Известно, что гипсовые вяжущие быстро схватываются, и решение задачи увеличения живучести заключается в правильном выборе специальных добавок – замедлителей схватывания. Водоудерживающие добавки вводятся в гипсовые смеси с целью увеличения водоудержания, повышения прочности сцепления с основанием, улучшения перемешивания, придания растворной смеси вязкости и пластичности. В состав штукатурных смесей можно вводить диспергаторы и порообразователи. Диспергаторы (пластификаторы) – добавки, которые абсорбируются на поверхности частиц растворной смеси, уменьшая образование комков при ее приготовлении. Порообразователи – добавки, используемые в штукатурных смесях для создания особой поровой структуры затвердевшего материала.

Ремонт в современном мире представляет собой очень трудоемкий, дорогостоящий и грязный процесс. Встает большой вопрос, какие же материалы выбрать? В настоящее время для внутренней отделки существует множество различных видов сухих строительных смесей на основе цемента, гипса, глины, извести и полимеров. Но для упрощения процесса работы хотелось бы уметь универсальную декоративную штукатурку, которая будет являться финишным слоем. В настоящее время изучено множество вариантов создания декоративной штукатурки на цементном вяжущем. Но цемент довольно дорогостоящий материал, и достаточно сложен в работе. Поэтому в данной работе будет исследована тема создания декоративных штукатурок на основе гипсового вяжущего с добавлением пигментов различного происхождения.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Анализ современного состояния исследований в области эффективных отделочных сухих строительных смесей из гипсовых вяжущих веществ

В настоящее время производство сухих строительных смесей является одной из динамично развивающихся отраслей строительной индустрии России. Реализованы достаточно крупные проекты с иностранным участием по строительству заводов сухих смесей на гипсовом вяжущем. В качестве примеров можно привести предприятия «ТИГИ – КНАУФ» г. Красногорск Московская обл. и «ПОБЕДА – КНАУФ» г. Санкт-Петербург. Налажен выпуск сухих гипсовых смесей отечественного производства под торговыми марками Глимс, Боларс, Юнис и др.

Однако, в сравнении с производством и применением сухих смесей на основе цемента, объём использования сухих гипсовых смесей не велик. В настоящее время наибольшее распространение в строительстве получили штукатурные и шпаклёвочные составы.

Известно, что гипсовые и гипсоизвестковые штукатурки обладают низкой теплопроводностью, имеют высокую скорость набора прочности и короткий период высыхания, что позволяет сократить длительность выдержки оштукатуренной поверхности стены перед чистовой отделкой. Штукатурки на основе гипса способны обеспечить оптимальную влажность воздуха во внутренних помещениях зданий, т.к. способны впитывать излишнюю влагу воздуха, а при необходимости отдавать её обратно. По данным «ТИГИ КНАУФ Маркетинг» при использовании гипсовых штукатурок по сравнению с известково-цементными штукатурками расход материалов значительно ниже, что позволяет из одной и той же массы сухой смеси получать в 2 раза большую площадь оштукатуренной поверхности стен.

Сухие смеси, несмотря на свою многокомпонентность, точно дозируются и перемешиваются в специальных смесителях, поэтому имеют стабильный состав, гарантирующий заданную марку, и другие технические характеристики. Сухие

строительные смеси содержат необходимые добавки, которые улучшают технологические и эксплуатационные свойства (пластифицирующие, ускорители или замедлители схватывания, водоудерживающие, позволяющие работать при отрицательных температурах, увеличивающие прочность сцепления с основанием, и др. в зависимости от условий применения). Использование сухих строительных смесей позволяет приготавливать рабочие растворы порциями в расчете на необходимый объем работ, что исключает потери, имеющие место при использовании товарных растворных смесей. Применение сухих смесей повышает уровень механизации работ, благодаря чему снижается численность рабочих и повышается культура производства. Уменьшаются факторы, отрицательно влияющие на окружающую среду.

Сухие строительные смеси находят все большее применение в строительстве для монтажных и отделочных работ, для санирования и ремонта зданий благодаря ряду преимуществ по сравнению с товарными растворными и бетонными смесями.

Сухие строительные смеси в зависимости от назначения подразделяются на смеси для монтажных, штукатурных, облицовочных работ, для отделки фасадов и интерьеров, для полов, шпаклевочные смеси, а также специального назначения.

Качество сухих строительных смесей для большинства растворов должны соответствовать требованиям ГОСТ 28013–98 «Растворы строительные. Общие технические условия» [6] и СП 82–101–98 «Приготовление и применение растворов строительных» [40].

В соответствии с указанной классификацией сухие гипсовые смеси могут быть подразделены на следующие основные виды:

- штукатурные (в т. ч. декоративные и защитные);
- шпаклевочные;
- монтажные;
- выравнивающие для устройства пола, в том числе саморазравнивающиеся.

В последние годы зарубежные и некоторые отечественные фирмы стали широко выпускать и применять гипсовые сухие строительные смеси для оштукатуривания стен и потолков. Обычно эти смеси содержат гипсовые вяжущие и модификаций, ангидрит или их смеси, добавки, замедляющие схватывание, ускорители твердения, водопонижающие, а также полимерные добавки, увеличивающие прочность сцепления штукатурного слоя с поверхностью и водостойкость. В гипсовые смеси можно вводить фракционированный песок, тонкодисперсные наполнители.

Гипсовые сухие смеси предназначены для внутренней отделки помещений с относительной влажностью воздуха не более 75 %. Растворы из таких смесей должны соответствовать техническим требованиям, предъявляемым нормативными документами. Они должны иметь высокую адгезию к основанию, легко наноситься ручным или механизированным способом и заглаживаться. Гипсовый раствор должен быть совместим с обрабатываемым материалом, а получаемая поверхность – с другими видами отделки (покраской, оклейкой и т.п.).

Наибольшее распространение в практике строительства получили штукатурные и шпаклевочные смеси, эффективность которых обусловлена рядом уникальных свойств гипсовых вяжущих:

- возможностью регулирования сроков схватывания в широких диапазонах;
- достаточной прочностью и твердостью готового материала, быстротой их достижения;
- сравнительно низкой теплопроводностью и хорошей звукоизолирующей способностью;
- высокой огнестойкостью;
- экологической чистотой.

Очень перспективно изготовление готовых сухих гипсосодержащих смесей, которые могли бы применяться при изготовлении не только растворных

штукатурных и шпаклевочных смесей для внутренней отделки в помещениях с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом, но и в помещениях с высокой влажностью.

Благодаря изначально белому (или с оттенками) цвету гипсового вяжущего, входящего в раствор, упрощается финишная отделка поверхностей.

1.2 Легкие штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем

Легкие штукатурные растворы получают поризацией раствора или применяя в качестве наполнителей легкие пески, в том числе с одновременной поризацией. Поризацию штукатурных растворов осуществляют либо предварительно приготовленной пеной, либо за счет введения газообразующих и воздухововлекающих добавок. Однако применение поризованных растворов в условиях строительной площадки затруднено, это связано с высокой трудоемкостью процесса приготовления растворной смеси и трудностью точного дозирования компонентов смеси.

Для штукатурных растворов на легком песке применяют различные виды пористых наполнителей: искусственные – керамзит, аглопорит, шлаковую пемзу, шунгизит и т.д. и естественные – туф, пемзу, вспученные перлит, вермикулит и т.д. Применение искусственных пористых наполнителей, таких как пемза, аглопорит, экономически невыгодно из-за их высокой стоимости изготовления. Запасы естественных наполнителей, таких как перлит, пемза, в нашей стране незначительны и их разработка в настоящее время ведется в ограниченном объеме.

Еще недавно считалось, что количество месторождений вермикулита в России невелико, и был период времени, когда разрабатываемое в России Булдымское месторождения с запасами около 100 тыс. т. считали, чуть ли не единственным отечественным месторождением этого минерала. В 1955 году разведано самое крупное месторождение вермикулита в России – Ковдорское, расположенное в Мурманской области. Разведанные запасы Ковдорского

вермикулита оцениваются в 45 млн. т. Запасы вермикулита на территории России распределяются следующим образом:

Кольский полуостров	60,5млн. т
Урал	19 млн. т
Сибирь	27 млн. т
Дальний Восток	7,5 млн. т

Весьма перспективным месторождением является Потанинское, расположенное в Челябинской области. Площадь массива около 20 км². Запасы оцениваются в 12 млн. т. В Челябинской области есть и другие месторождения: Субутакское в Карталинском районе, Ольгинское – около Верхнего Уфалея.

Вермикулитами называют минералы из группы гидрослюд, способные вспучиваться при нагревании. Вспученный вермикулит состоит из тончайших пластинок, разделенных между собой воздушными прослойками. Наиболее высококачественным материалом является вспученный вермикулит, куски которого имеют в основном кубообразную форму и бугристую поверхность. Он дает хаотическую ориентировку кусков в засыпке, хорошо сцепляется с цементным камнем. Вспученный вермикулит характеризуется низкой насыпной плотностью (80...200 кг/м³). Крупнозернистый вермикулит обладает меньшей насыпной плотностью, чем мелкозернистый, так как он лучше вспучивается при обжиге и имеет большую пористость, чем мелкий.

Высокая открытая пористость и развитая поверхность вспученного вермикулита определяет его высокое водопоглощение. Суточное водопоглощение Ковдорского вспученного вермикулита составляет 200...300 % по массе для фракции 5...10 мм и 150...200 % для фракции 0,6...1,2 мм. Объемное водопоглощение соответственно равно 30...40 % для крупного вермикулита и 50...70 % для мелкого. Высокое водопоглощение вспученного вермикулита определяет высокое водопоглощение штукатурных растворов с вермикулитовым наполнителем, в связи, с чем возникает проблема изменения физико-механических и теплотехнических свойств растворов при увлажнении.

Теплопроводность вспученного вермикулита определяется главным образом его зерновым составом, насыпной плотностью, а также ориентацией зерен по отношению к направлению теплового потока, поскольку зерна вермикулита обладают ярко выраженной анизотропностью. Зерновой состав оказывает большее влияние на теплопроводность, чем насыпная плотность. Коэффициенты теплопроводности мелкого и крупного вермикулита близки, несмотря на то, что насыпная плотность у мелких фракций в 1,5...2 раза больше, чем у крупных.

Штукатурные растворы с заполнителем из вспученного вермикулита по сравнению с обычными (песчаными) строительными растворами вследствие высокой пористости имеют в 2...4 раза меньшую среднюю плотность и в 3...5 раз меньший коэффициент теплопроводности.

Нанесение вермикулитовых штукатурных растворов на поверхности различных материалов (каменных, бетонных, деревянных) показало, что они вполне удовлетворительно сцепляются с основанием, легко затираются и при твердении не отслаиваются и не дают усадочных трещин.

Поскольку строительные растворы обычно наносятся монолитными тонкими слоями, к пластичности, удобоукладываемости и водоудерживающей способности растворных смесей предъявляются повышенные требования, что обычно обеспечивается введением в смеси пластифицирующих тонкодисперсных (смешанные растворы), поверхностно-активных или водоудерживающих добавок. Эффективно применяют тонкодисперсные добавки для уменьшения расхода цемента. В результате замены 10...20 % и цемента глиной прочность раствора на вермикулитовом заполнителе увеличивается на 30...50 %. Этой добавкой можно заменить до 50 % цемента, не снижая прочности раствора. Особенно эффективно применение тонкодисперсных добавок в растворах марок 35 и 50. В этом случае можно заменить молотым гранулированным шлаком до 50 % цемента, сохранив заданную прочность раствора. Дубенецкий К.Н. и Пожнин А.П. также показали, что расход цемента может быть значительно уменьшен, а пластичность

растворных смесей повышена введением в раствор тонкодисперсных пластифицирующих добавок (известь, глина, зола и др.). Это показывает, что в растворах с вермикулитовым наполнителем большое значение имеет не столько активность вяжущего, сколько его расход.

Вследствие большой шероховатости зерен вспученного вермикулита из вермикулитовых штукатурных растворов для ручного способа нанесения достаточной пластичностью и удобоукладываемостью обладают лишь такие, у которых на одну объемную часть вяжущего вещества приходится не более двух частей вермикулита. Раствор состава 1:2 с портландцементом без пластифицирующей добавки обладает довольно высокой средней плотностью (около 900 кг/м³). Пластичность вермикулитовых растворных смесей с пуццолановым портландцементом несколько выше, чем портландцементного, и растворные смеси состава 1:2,5...1:3 имеют достаточную удобоукладываемость для нанесения вручную. Цементно-вермикулитовые растворные смеси составов 1:3...1:8, несмотря на достаточную прочность растворов при низкой средней плотности (400...500 кг/м³), обладают плохой удобоукладываемостью и не могут быть рекомендованы к применению при нанесении их ручными способами, используемыми в штукатурных работах. Поэтому для того чтобы штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем можно было наносить вручную, необходимо большее содержание цементного теста в единице объема раствора. При этом для обеспечения одинаковой средней плотности раствора необходимо обеспечить прежнее содержание вяжущего к вермикулиту по массе, то есть необходимо снизить плотность цементного камня. Снижение плотности цементного камня введением тонкодисперсных минеральных добавок является одним из самых эффективных способов, как с технологической, так и с экономической точки зрения.

При приготовлении растворных смесей в случае применения избыточного количества воды происходит всплывание зерен вермикулита, а в случае применения недостаточного количества воды – их комкование. И в том, и в

другом случае затрудняется перемешивание раствора, наблюдается ухудшение однородности свойств растворной смеси и раствора.

В последнее время появилась тенденция получения теплоизоляционных растворов с применением различных полимерных добавок, среди которых наиболее широкое распространение нашли поливинилацетатная (ПВА) эмульсия, карбамидные и полиэфирные смолы, поливиниловый спирт.

Полимерные добавки повышают эластичность штукатурных растворов, уменьшают опасность образования трещин, снижают количество воды затворения, увеличивают водоудерживающую способность растворных смесей, а также придают достаточную прочность растворам в раннем возрасте.

1.3 Основные сведения о гипсовом вяжущем

1.3.1 Сырье для производства гипсового вяжущего

Гипсовыми вяжущими веществами называют материалы, состоящие из полуводного гипса и ангидрита. Получение их основано на способности двухводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в процессе нагревания частично или полностью дегидратироваться. Гипсовые вяжущие характеризуются отсутствием усадочных деформаций при твердении, быстрым набором прочности, а изделия из них – хорошими тепло- и звукоизолирующими свойствами, огнестойкостью, паропроницаемостью. Популярность гипсовых вяжущих возрастает в связи с принятием во многих странах ограничений по выбросам в атмосферу CO_2 , которые при производстве гипсовых вяжущих уменьшаются в 10 раз по сравнению с производством цемента.

Широкое использование гипсовых вяжущих при возведении и отделке зданий и сооружений в нашей стране особенно актуально по следующим причинам:

- большие запасы месторождений гипса;
- себестоимость производства гипсового вяжущего более чем в 5 раз ниже себестоимости производства цемента;

- на производство одной тонны гипсового вяжущего расходуется до 6 раз меньше энергии, чем на производство одной тонны цемента;
- использование гипсовых материалов создает более комфортные условия пребывания человека в помещении, чем при использовании цементных материалов;
- ускоряются в несколько раз сроки производства работ.

В России сложилась достаточно противоречивая ситуация с применением гипсовых материалов в строительстве:

- при огромных запасах природного гипса в России его производство и применение в несколько раз ниже, чем в развитых зарубежных странах;
- при более низкой себестоимости гипсовых вяжущих их стоимость в России почти не отличается от стоимости цемента, тогда как, например, в США стоимость гипсового вяжущего почти в 5 раз меньше стоимости портландцемента;
- в России практически не используется синтетический гипс и гипсодержащие отходы.

Гипсовые вяжущие являются воздушными вяжущими материалами, которые по условиям тепловой обработки, а также скорости схватывания и твердения делят на две группы: низкообжиговые и высокообжиговые. Низкообжиговые вяжущие быстро схватываются и твердеют; состоят они главным образом из полуводного гипса, полученного тепловой обработкой гипсового камня при температуре 110...180 °С. К ним относится строительный (алебастр), формовочный, высокопрочный (технический) и медицинский гипс, а также гипсовые вяжущие из гипсодержащих материалов. Высокообжиговые вяжущие медленно схватываются и твердеют; состоят преимущественно из безводного сульфата кальция (ангидрита), полученного обжигом при температуре 600...1000 °С. К ним относятся ангидритовое вяжущее (ангидритовый цемент), высокообжиговый гипс (эстрихгипс) и отделочный гипсовый цемент.

Сырьем для производства гипсовых вяжущих веществ служит природный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), реже природный ангидрит (CaSO_4), а также гипсосодержащие отходы химической промышленности (фосфогипс, борогипс, фторангидрит и др.)

Природный гипс представляет собой осадочную горную породу, он образовался в результате испарения воды из гипсовых растворов. Двухводный природный гипс имеет следующие характеристики:

- плотность 2200...2400 кг/м³;
- насыпная плотность 1300...1600 кг/м³;
- влажность 3...5 %;
- твердость по шкале Мооса – 2;
- растворимость гипса в воде в пересчете на CaSO_4 , г/л при 18°C – 0,2; 40 °C – 0,21; 100°C – 0,17;
- теплопроводность в интервале 16...46 °C – 0,43 Вт/мК.

Природный гипс (гипсовый камень) является химически осадочным материалом, состав химически чистого двухводного гипса: 32,56 % CaO, 46,51 % SO_3 и 20,93 % H_2O . Этот минерал обычно содержит некоторое количество примесей глины, кремнезема, известняка, органических веществ и др. Двухводный гипс является мягким минералом.

Для производства гипсовых вяжущих веществ важное значение имеет характер кристаллизации двухводного гипса: мелко- или крупнокристаллический. Мелкокристаллический гипс дегидратируется быстрее и при более низкой температуре.

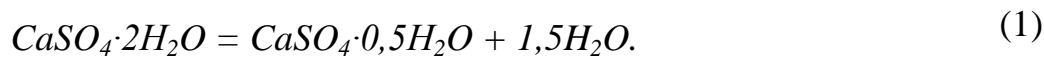
Примеси известняка (CaCO_3) являются балластом в производстве строительного гипса, так как последний обжигается при температуре ниже температуры диссоциации углекислого кальция. При производстве высокообжигового гипса известняк разлагается при обжиге, что повышает содержание свободной окиси кальция в готовом продукте. При оценке качества сырья необходимо знать не только его химический состав, но и физическую

структуру, количество и вид примесей, характер их распределения среди всей массы материала.

1.3.2 Дегидратация двуводного сульфата кальция

В основе получения всех гипсовых вяжущих лежит способность двуводного сульфата кальция дегидратироваться с изменением состава и структуры. В зависимости от степени нагрева получаемый продукт обладает различной растворимостью в воде, превращаясь в итоге в нерастворимое, «намертво обожженное» состояние. Регулируя температуру тепловой обработки, можно получить различные гипсовые вяжущие, отличающиеся строительными-техническими свойствами. Кроме того, степень дегидратации двуводного гипса зависит от длительности тепловой обработки и давления водяных паров.

При температуре 100...140 °С двуводный гипс сравнительно быстро дегидратируется до полугидрата:



С повышением температуры до 200 °С процесс обезвоживания ускоряется. Гипс постепенно переходит в безводную модификацию – обезвоженный полугидрат, который в свою очередь при дальнейшем повышении температуры превращается в растворимый ангидрит. При этом полуводный гипс, как и последующие две его безводные модификации, могут существовать в виде α - и β -модификаций, отличающихся по структуре. α -полугидрат образуется при температуре чуть выше температуры кипения воды, но при повышенном давлении водяного пара. Отщепляемая вода удаляется из гипса в жидком состоянии и не вызывает разрыхления или разрушения зерен. Получаются плотные кристаллы полугидрата с гладкой поверхностью. β -полугидрат получают при атмосферном давлении, вода при дегидратации выходит в виде пара, что приводит к сильному механическому диспергированию зерен, образованию шероховатого «изъеденного» рельефа поверхности с большим количеством

трещин и капилляров. На рисунке 1 показаны химические превращения гипса при нагревании.

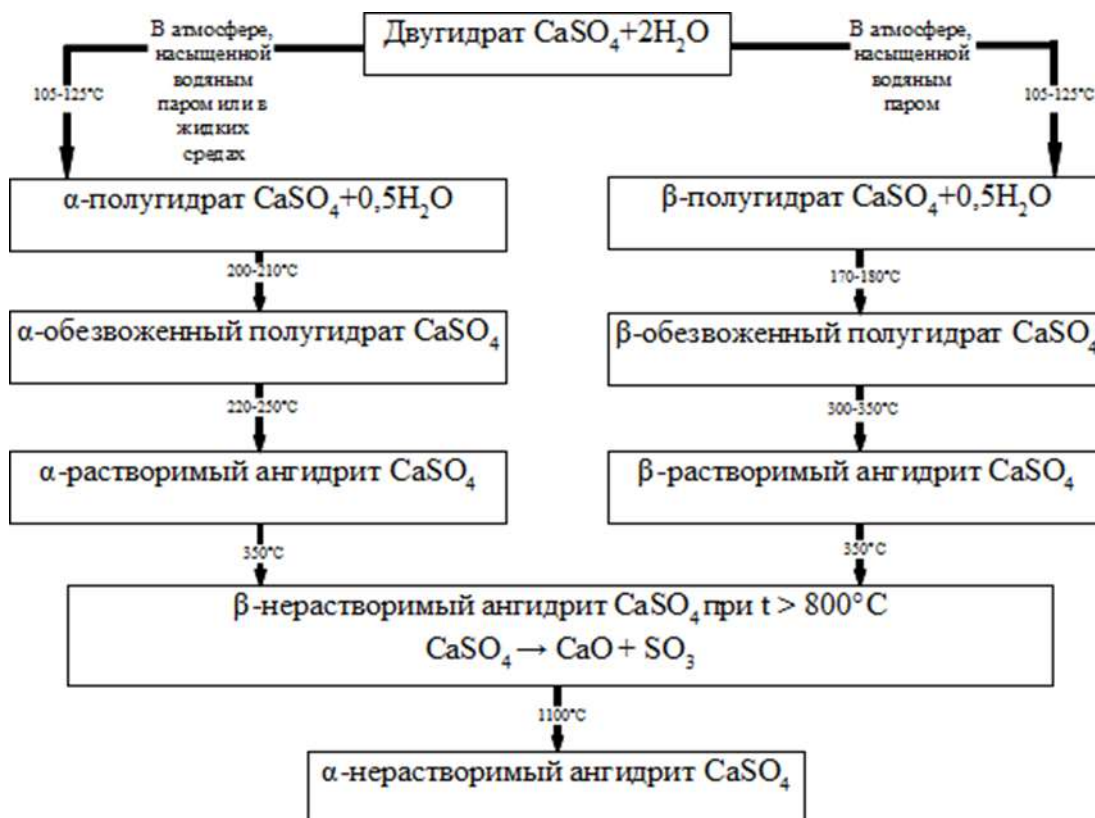


Рисунок 1 – Дегидратация гипсового камня

Чем выше температура и ниже давление водяного пара, тем мельче получаемые кристаллы. Структурные отличия определяют особенности свойств α - и β -модификаций полуводного гипса. β -полугидрат отличается повышенной растворимостью, большей скоростью гидратации, но для получения подвижного гипсового теста он требует большего количества воды (50...70 % от массы гипса по сравнению с 30...45 % для α -полугидрата) и соответственно имеет меньшую прочность. Обезвоженные полугидраты по структуре близки к полугидратам, но отличаются несколько большей (на 5...6 %) водопотребностью. Растворимые ангидриты требуют воды на 25... 30 % больше, чем полугидраты, и дают камень меньшей прочности. Поэтому следует избегать образования растворимого ангидрита при тепловой обработке гипсового камня. Начиная с 350 °С, растворимый ангидрит переходит в нерастворимый «намертво обожжённый», который практически не взаимодействует с водой и не твердеет. При

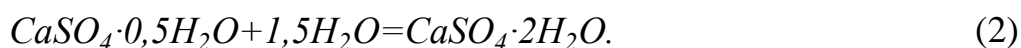
температурах более 800 °С начинается частичная диссоциация сернокислого кальция и в составе продукта обжига появляется свободная известь.

1.3.3 Гидратация и структурообразование гипсового вяжущего

Вяжущие вещества при затворении водой образуют пластичную массу, которая постепенно превращается в твердое тело. Сначала подвижная пластичная масса уплотняется и густеет, что является началом схватывания. Для полуводного гипса в ряде случаев после затворения водой характерна текучесть теста. В дальнейшем схватывающаяся масса все больше уплотняется, теряет пластичность и постепенно превращается в твердое тело, не имеющее в начале заметной прочности. Этот момент соответствует концу схватывания гипсового теста.

Схватывание является начальной стадией твердения, в результате которого пластичная масса затворенного водой вяжущего вещества превращается в твердое тело. По окончании схватывания происходят дальнейшие химические и физические преобразования, сопровождающиеся продолжающимся уплотнением и нарастанием механической прочности, что и характеризует собой процесс твердения вяжущих веществ.

При затворении гипсовых вяжущих происходит гидратация полуводного гипса с превращением его в двухводный по уравнению:



По теории А.А. Байкова процесс твердения гипса делится на три периода:

– первый период – растворение и образование раствора, сопровождающееся небольшим повышением температуры, так как положительный эффект химической реакции компенсируется отрицательным эффектом растворения;

– второй период – образование коллоидной массы и схватывание, характеризуется тем, что в результате реакции гипса с водой продукты не могут полностью раствориться в жидкой фазе, а получают 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 тела, нарастает прочность гипсовой массы.

Развитие структуры твердения при кристаллизации новообразований протекает в два этапа. В течение первого этапа формируется каркас кристаллизационной структуры с возникновением контактов срастания между кристаллами новообразований. На втором этапе происходит обрастание ими ранее возникшего каркаса и увеличение размеров его кристаллов, что приводит к повышению прочности системы.

Строительный гипс обычно схватывается через 5...15 минут и является быстросхватывающимся вяжущим веществом. Начавшие схватываться, а тем более схватившиеся растворы, следует оставлять в покое, так как нельзя нарушать протекающие в твердеющем материале процессы, чтобы не понизить прочность изделий из гипса.

1.4 Управление свойствами сухих строительных смесей

1.4.1 Влияние заполнителей и наполнителей

Для производства сухих гипсовых смесей в качестве наполнителей (заполнителей) в сухих гипсовых смесях применяют:

- песок перлитовый вспученный по ГОСТ 10832 «Песок и щебень перлитовые вспученные» [7] – в составах, облегченных и теплоизоляционных штукатурных смесей;
- песок, вспученный вермикулитовый;

– песок кварцевый по ГОСТ 2138 «Пески формовочные. Общие технические условия» [8] – в составах штукатурных и монтажных смесей и в составах выравнивающих смесей для устройства пола;

– порошок минеральный для асфальтобетонных смесей по ГОСТ 16557 «Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Технические условия» [9]
– в составах штукатурных и шпаклевочных смесей.

Применяют следующие виды вяжущих:

– для штукатурных и шпаклевочных смесей используются гипсовые вяжущие (строительный и штукатурный гипс) марок Г-4...Г-7 по ГОСТ 125–79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия» [1];

– для шпаклевок повышенной прочности и составов для монтажных работ, а также в составах саморазравнивающихся смесей для устройства пола применяют высокопрочный гипс марки не ниже Г-13 по ГОСТ 125–79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия» [1];

– для кладочных и штукатурных работ в помещениях с нормальным, влажным и мокрым режимами эксплуатации и для наружных работ применяют водостойкие гипсовые вяжущие по ТУ 21–0284757–1–90 «Вяжущие гипсовые и ангидритовые повышенной водостойкости» [32];

– для штукатурных смесей и выравнивающихся смесей для устройства пола используют также ангидритовые вяжущие (из природного сырья или отходов промышленности) по ТУ 21–0284747–1–90 «Вяжущие гипсовые и ангидритовые повышенной водостойкости» [32];

– в штукатурных составах и в составах самовыравнивающихся смесей для устройства пола в качестве добавки к гипсовому вяжущему применяют известь гидратную по ГОСТ 9179–77 «Известь строительная. Технические условия» [19].

На основе гипсовых вяжущих можно получать и специальные строительные смеси, к которым относят минеральные и органоминеральные клеи, теплоизоляционные и гидроизоляционные составы, смеси для устройства защитной штукатурки от радиации и других воздействий. Такие смеси

характеризуются наличием в своем составе специфических компонентов, придающих им соответствующие свойства. Например, в состав теплоизоляционной сухой смеси входит вспученный перлитовый песок или другие пористые заполнители и порообразователи.

Эти смеси включают водостойкое гипсовое вяжущее в основном белого цвета, иногда с добавкой извести, соответствующий пигмент, кварцевый или мраморный песок. Штукатурки из таких растворов могут имитировать осадочные породы: песчаник, травертин и др. Гипсовые смеси для устройства полов содержат гипсовое вяжущее, в основном водостойкое, мелкий песок, пластифицирующие, водоудерживающие, пеногасящие и другие добавки. Стяжки из таких смесей легко растекаются, обладают незначительной усадкой, не растрескиваются, имеют гладкую поверхность, быстро твердеют. Они предназначены для покрытия полов различными линолеумами и другими рулонными материалами, а также плитками.

Применение гипсовых сухих смесей, особенно на основе водостойких гипсовых вяжущих, способствует повышению производительности труда при производстве отделочных работ, их высокому качеству, повышению эстетических и эксплуатационных характеристик отделки.

1.4.2 Влияние добавок и пигментов на формирование структуры и свойства гипсового камня и строительных растворов

Для направленного регулирования свойств сухих гипсовых смесей применяют различные добавки:

– водоудерживающие добавки – на основе простых эфиров целлюлозы – метилцеллюлоза марки МЦ, этилоксиэтилцеллюлоза (ЭОЭЦ), натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ); на основе сложных эфиров целлюлозы – метилгидроксиэтилцеллюлоза (МГЭЦ), метилгидроксипропилцеллюлоза (МГПЦ), которые различаются своими основными свойствами (дисперсностью, растворимостью, вязкостью и др.);

- воздухововлекающие добавки (анионоактивные поверхностно активные вещества – ПАВ, сульфонат олефина);
- загущающие добавки (на основе эфира крахмала, на основе гекторитовых глин);
- пластифицирующие добавки (нафталин-формальдегидные, например, С-3 (Россия), меламина-формальдегидные, поликарбоксилатные);
- редисперсионные полимерные порошки различного назначения;
- регуляторы сроков схватывания гипсового вяжущего (лимонная кислота, цитрат натрия, винная кислота, полифосфаты, белковые гидролизаты, клей КМЦ (натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы), клеи животного происхождения; смесь лигносульфонатов и др.).

Чтобы достичь требуемого замедления схватывания гипсового раствора, целесообразно использовать комплексные добавки. При выборе замедлителей схватывания следует учитывать такой показатель, как интервал между началом и концом схватывания, требования по которому различны в зависимости от области и условий применения раствора.

В настоящее время пигменты применяют в основном для окрашивания бетона и цемента, и все реже для гипсового вяжущего. Поэтому нельзя с точностью указать, как именно пигменты влияют на структуру гипсового камня.

1.5 Декоративная штукатурка и ее классификация по декоративному эффекту

Во время капитального или косметического ремонта квартиры, многие жильцы сталкиваются с необходимостью финишной декоративной отделки стен и потолков, и в большинстве случаев, используют для этого всем привычные обои на бумажной, виниловой, тканевой или флизелиновой основе. В то же время, наряду с обоями, для этих целей существуют более современные и прогрессивные отделочные материалы. Например, гипсовая или цементная декоративная штукатурка своими руками позволяет выполнить художественную отделку жилых

и хозяйственно-бытовых помещений квартиры в неповторимом оригинальном стиле, и тем самым открывает широкие возможности для творчества в дизайне интерьеров. Использование декоративной мелкодисперсной штукатурки принципиально отличается от нанесения привычных отделочных материалов для декоративного оформления интерьеров, однако не требует для этого, каких-либо специальных практических навыков, поэтому после непродолжительной тренировки, любой человек сможет самостоятельно справиться с этой несложной задачей.

В отличие от обычного цементно-песчаного или известкового раствора для выравнивания стен, помимо воды и мелкофракционных минеральных компонентов, в состав декоративной штукатурки входят также различные полимерные связующие вещества, наполнители, пигментные красители и модифицирующие добавки, которые придают этому материалу высокую пластичность, а также улучшают его декоративные и эксплуатационные свойства.

В зависимости от качественного и количественного состава содержащихся в них компонентов, декоративные штукатурные смеси условно можно разделить на несколько видов:

- в составах на минеральной основе в качестве связующего вещества используется гипс, известь или цемент, а в качестве наполнителя – мелкая мраморная или гранитная крошка. Минеральные составы производятся в виде сухой строительной смеси, которую необходимо развести водой в нужной пропорции, непосредственно перед использованием;

- водно-дисперсионные составы на основе акриловых полимерных смол, в качестве наполнителя содержат мелко измолотую мраморную муку, стеклянную крошку, зольные фракции доменных шлаков и другие минеральные компоненты. В большинстве случаев они имеют пастообразную консистенцию, и после покупки полностью готовы к применению;

- аналогичный состав наполнителя имеет силиконовая штукатурка, которая также производится полностью готовой к использованию. В отличие от

предыдущего вида, роль связующего вещества в ней выполняют высокомолекулярные силиконовые смолы, поэтому она отличается достаточно высокими эксплуатационными свойствами;

– силикатные составы изготавливаются на основе натриевого или калиевого жидкого стекла, и применяются для нанесения на грубые поверхности ячеистого или монолитного бетона, обожженного или силикатного кирпича, а также пенопластовых, фиброволоконных или минераловатных утеплительных материалов.

Технология производства штукатурных смесей за последние годы претерпела немало изменений. Ранее составы, основанные на применении гипса в качестве вяжущего вещества, предназначались только для внутреннего использования. Сегодня большинство декоративных штукатурок модифицируют полимерными добавками, которые придают им водоотталкивающие свойства, и ту же венецианку теперь можно увидеть не только в помещении, но и на фасаде.

Если попытаться классифицировать штукатурки по декоративным качествам и составам, их можно разделить на пять категорий. Две из них – это тонкослойные варианты на основе полимерных смол и коллоидного цементного клея (микроцемента). Три остальных вида изготавливаются на основе минеральных наполнителей. Это терразитовые штукатурки; составы, содержащие крошку природного камня – а также текстурные штукатурки, позволяющие работать в технике сграффито. Все они отличаются по компонентам, способам нанесения и вариантам обработки слоёв.

1.5.1 Штукатурка с крошкой и терразит

Подобные штукатурки используются в основном для отделки фасадов, и могут изготавливаться прямо на стройплощадке. Поэтому, скажем несколько слов о том, как производить декоративную штукатурку на основе крошки натурального камня.

Готовят раствор из портландцемента, и добавляют в него керамическую, гранитную, либо мраморную крошку с фракцией от 3 до 5 мм. Итоговый цвет покрытия зависит как от оттенка используемого наполнителя, так и от цвета раствора, который получается либо за счёт использования цветного цемента, либо путём колерования. Мраморный или гранитный отсев чаще всего имеет светлые тона, и чтобы их оттенить и сделать более выразительными, в растворы добавляют такие пигменты, как железный сурик, охра, окись хрома. Так готовят раствор для декоративного покрытия, а вот подготовительный слой, выполняется традиционным способом.

Очень важно, чтобы выровненное основание хорошо высохло перед тем, как на него будет наноситься декор в виде камешкового раствора. Затвердевший штукатурный намет смачивают из краскопульта водой, декоративный слой наносят непрерывно, и разравнивают.

Через сутки, покрытие промывают рассеянной водяной струёй – до тех пор, пока перестанет стекать цементное молоко. Благодаря промывке, цементный слой частично удаляется, и остаётся ярко выраженная зернистая фактура. При этом кажется, что крошка сама по себе прилипла к поверхности.

В масштабном строительстве, для создания на фасаде покрытия из крошки, используют и такой способ, при котором крошка вообще не добавляется в раствор. В этом случае она набрасывается на пластичный слой цветной штукатурки с помощью пневматического инструмента – крошкومت. Такая технология позволяет не только улучшить качество покрытия, но и значительно повысить производительность работ.

Терразитовую штукатурку обычно используют для отделки фасадов административных зданий. Она похожа на камешковую, но её принципиальным отличием является дроблёная слюда, которая присутствует в штукатурном составе, занимая примерно десять процентов общего объёма. Каменная крошка там тоже есть: её фракция может быть, как очень мелкой, всего 1 мм, так и довольно крупной, до 6 мм. Кроме того, в терразитовой штукатурке могут

встречаться и такие добавки, как дроблёная керамика и антрацит. Технология её нанесения похожа на камешковую, только её после затвердения ещё обрабатывают металлической щёткой или циклей – в зависимости от того, какую фактуру: шероховатую или гладкую требуется получить.

1.5.2 Технология сграффито

Данный тип штукатурного покрытия отличается наибольшей трудоёмкостью и сложностью исполнения, а потому применяется только для декорирования отдельных элементов фасадов, либо для создания акцентов в интерьерах. По большому счёту, термин «сграффито» относится не к штукатурке, как таковой, а к технике, позволяющей за счёт художественной росписи, или же механической обработки слоёв, выполнять на поверхности узоры, орнаменты и рисунки. При этом используются тонкослойные цветные штукатурки на базе гипса или цемента. А вот кардинальное отличие их от прочих декоративных штукатурок заключается в том, что в составе присутствуют не только добавки, улучшающие пластичность раствора, но и присадки, замедляющие твердение стяжки. Это очень важно, так нужно не только успеть нанести и разгладить слой, но и выполнить орнамент.

Многоцветные штукатурки сграффито (с итальянского – выцарапанный) получают последовательным нанесением один на другой тонких слоев цветных растворов с последующим выцарапыванием, вырезанием на них рисунка. Эту отделку часто называют резьбой по штукатурке потому, что во время работы приходится срезать один или несколько слоев раствора. В результате можно получить декоративный рисунок, начиная от примитивного орнамента до сложной художественной композиции. Стоимость цветных штукатурок довольно высока. Эти штукатурки плохо поддаются ремонту. Раствор готовят в виде жидкого теста. Цвет раствора может быть различный, например, белый, желтый,

красный, синий, коричневый. Количество пигмента зависит от требуемого цвета раствора.

Подготовка включает очистку, насечку, выборку швов и промывку поверхностей. После этого провешивают поверхности, устраивают марки и маяки, наносят обрызг и грунт. Для грунта применяют тот же раствор, которым выполняют декоративную отделку всего фасада. Поверхность грунта нацарапывают бороздками и соответственно выдерживают, и просушивают. Выдержанный грунт до нанесения накрывочных слоев смачивают водой.

1.5.3 Тонкослойные штукатурки

В принципе, тонкослойными является большинство декоративных штукатурок, так как они не предназначены для выравнивания поверхности. А раз так, то на момент их нанесения, поверхность должна быть оштукатурена традиционным способом, посредством базового состава. Финишную шпаклёвку, в данном случае, заменит декоративное покрытие.

Одним из вариантов тонкослойных штукатурок, являются составы на основе коллоидного (мелкодисперсного) цементного клея. Их принципиальным отличием от прочих штукатурок на цементной основе, является тот факт, что сухие компоненты – и портландцемент, и песок – вместе измельчают в вибромельнице до состояния пыли. Придание цвета может осуществляться либо путём использования цветных цементов, либо при добавлении в белый цемент щелочестойких пигментов. Благодаря столь тонкому помолу, частицы штукатурки при её нанесении заполняют мельчайшие поры в основании, что даёт наилучшую адгезию – причём, они прекрасно ложатся не только на бетон, стяжку или гипсокартон, но и на дерево, и даже на пластик.

Кроме коллоидного клея, для замешивания раствора берут речной или горный песок фракцией до 1 мм, а также добавляют в него и песок, полученный в результате дробления камня: известняка, гранита, или того же мрамора. Всё это замешивается на воде, а так как данный вид штукатурки применяется в основном

для отделки фасадов, в них обязательно добавляются модифицирующие присадки, придающие составу водоотталкивающие свойства. Покрытие получается необычайно прочным, устойчивым к механическим воздействиям и влаге, с шелковистой на ощупь фактурой. Степень шероховатости зависит от крупности наполнителя в растворе. Производители декоративных штукатурок не могли обойти вниманием вариант с такими прекрасными эксплуатационными характеристиками, и взяли его на вооружение, предлагая потребителю составы под названием «микроцемент».

Цементные штукатурки, как таковые, в интерьерах редко, когда используются – в основном применяют гипсовые. Но с помощью микроцементной штукатурки выполняется столь популярный и модный сегодня дизайн стен и потолков «под бетон». Заметим, что эта фактура является неотъемлемой частью таких архитектурных направлений, как хайтек, индустриальный стиль, лофт.

1.6 Безотходные технологии в производстве гипсового вяжущего

Тенденции развития промышленного производства в целом и в особенности строительной индустрии предусматривают широкое использование вторичного сырья. Это диктуется как экономическими, так и экологическими требованиями, которые приобрели в последнее время особую остроту.

Промышленность строительной индустрии ориентируется на преимущественное развитие производства материалов, обеспечивающих снижение энергоемкости, металлоемкости, трудоемкости строительства, стоимости зданий и сооружений. Среди этих материалов достойное место занимают гипсовые вяжущие и изделия на их основе. Они характеризуются достаточной огнестойкостью, гигиеничностью, широким диапазоном прочностных характеристик, хорошей звукоизолирующей способностью, небольшой теплопроводностью. Удельные капитальные вложения в производство

изделий из гипса по стране в два раза, а энергозатраты в четыре раза меньше, чем на получение цемента и изделий из него.

Известно, что основным сырьем для производства гипсовых вяжущих является природный гипсовый камень. Однако, несмотря на большие запасы гипсового сырья в целом по стране имеются районы, не располагающие месторождениями гипса. Республика Беларусь, обширные районы Западной и Восточной Сибири, а также Дальний Восток вынуждены использовать дальнепривозное гипсовое сырье. В связи с этим вопросы сырьевой базы в развитии гипсовой промышленности становятся главными.

Значительную часть потребности отечественной промышленности строительных материалов в гипсовом сырье можно покрыть за счет использования крупнотоннажных гипсосодержащих отходов химической промышленности (фосфогипса, фторогипса, борогипса и др.), которые по содержанию сульфата кальция соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 4013–82 [10] к гипсовому сырью 1–2 сорта. Среди этих отходов основную часть составляет фосфогипс – отход сернокислотной экстракции фосфорной кислоты, которая в последующем большей частью используется в производстве фосфатных удобрений. При этом на каждую тонну получаемой фосфорной кислоты образуется до 4,25 т фосфогипса (в пересчете на сухой дегидрат) при переработке апатитового концентрата и 5,7 т при переработке фосфоритов Каратау. Общее количество фосфогипса, полученного в нашей стране в 1988 г, превысило 35 млн.т.

Затраты на удаление фосфогипса в отвалы в среднем по стране составляют соответственно 30 и 10 % стоимости сооружения и эксплуатации основного производства. Для создания отвалов фосфогипса приходится постоянно отчуждать большие площади полезных земель. Кроме того, складирование фосфогипса наносит значительный вред окружающей среде, проявляющийся в загрязнении атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, почвенно-

растительного покрова вредными веществами, содержащимися в фосфогипсе, а также в результате вымывания их атмосферными осадками и пыления.

Таким образом, проблема полного использования гипсосодержащих отходов химической промышленности как находящихся в отвалах, так и текущего выхода, характеризуется в последнее время особой остротой не только в связи с целесообразностью их вовлечения в сферу производства различных полезных для народного хозяйства материалов, но и, что особенно важно, с целью предотвращения их разрушительного воздействия на окружающую среду.

Современные методы утилизации фосфогипса, разработанные отечественными и зарубежными исследователями, подтверждают возможность широкого использования фосфогипса в качестве сырья для изготовления гипсовых вяжущих веществ. Вместе с тем работы в этом направлении еще далеки от завершения, поскольку не решены фактически две главные задачи. Первая состоит в том, чтобы сделать производство вяжущего из фосфогипса дешевле его производства из природного сырья. Вторая задача – добиться стабильности качества, получаемого из фосфогипса продукта.

ВЫВОДЫ ПО 1 ГЛАВЕ

На основе литературных данных можно сказать, что область влияния пигментирующих добавок на свойства формирования структуры гипсового вяжущего и строительных сухих смесей на основе гипса не изучена, поэтому наша научно-исследовательская работа актуальна.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Цель работы: Исследовать свойства и формирование структуры пигментированных сухих строительных смесей на основе гипсового вяжущего и способы регулирования свойств гипсовых строительных смесей на различных заполнителях и наполнителях.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать влияния пигментов различного происхождения на свойства гипсового вяжущего;
- исследовать структурообразование гипсового камня;
- определить оптимальное количество пигмента и исследовать его влияние на технологические характеристики растворной смеси;
- исследовать влияние выбранных пигментов на свойства строительного раствора;
- исследовать прочности сцепления раствора с пористой и плотной поверхностями;
- определить технико-экономические показатели для выбора наилучшего состава строительной сухой смеси;
- сформулировать выводы и рекомендации по проделанной работе.

2 МЕТОДЫ ИСЛЕДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛЫ

2.1 Методы анализа исследуемого материала и порядок получения показаний по ним

Для комплексного изучения строительных материалов применяют физико-химические методы исследования. Использование таких методов позволяет углубленно изучать состав, структуру и свойства строительных материалов и изделий. Для исследования структуры природного гипсового камня, необходимо провести термический, рентгенографический анализ.

2.1.1 Дифференциально-термический анализ (ДТА) и термогравиметрия (ТГ)

Эти методы относятся к группе термических методов исследования, в которую входит также микрокалориметрия. ДТА заключается в измерении тепловых эффектов при фазовых превращениях исследуемого вещества в процессе его нагревания. Устройство прибора ДТА представлено на рисунке 2. Этот метод был предложен русским ученым Н.С. Хурнаковым. В этом методе производится регистрация температуры с целью идентификации вещества по температурам разложения, диссоциации и др. фазовых превращений. ТГ предназначена для получения дополнительной количественной информации путем измерения потерь массы вещества при его нагревании за счет диссоциации, разложения, потерь гидратации влаги и т.д.

В целом установка для ДТА содержит нагревательную печь, систему термопар для регистрации температуры образца и эталона, электронно-измерительную аппаратуру, устройство для автоматической записи кривых нагревания, вспомогательную аппаратуру (блоки, тигли, держатели термопар и т.д.).

Печь. Главным требованием к этому устройству является – непрерывный и равномерный нагрев в заданном диапазоне температур. Используют

нагревательные элементы из нихрома, молибдена, платины, родия, вольфрама и их сплавов.

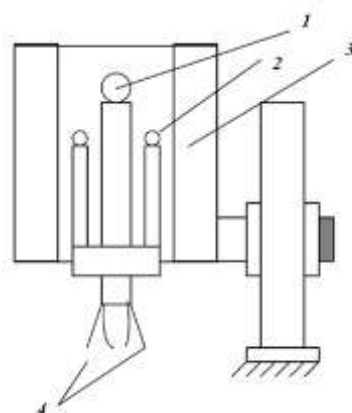


Рисунок 2 – Устройство прибора ДТА, где 1 – устройство для динамического взвешивания образца; 2 – образец; 3 – корпус нагревательной трубчатой печи; 4 – выводы термопар

Термопары. В данных установках используются дифференциальные термопары, состоящие из двух простых термопар, с целью повышения точности регистрации тепловых эффектов. Дифференциальные термопары измеряют разность температур между образцом и эталоном (то есть инертным веществом, которое не испытывает фазовых превращений в данном диапазоне температур) представлены на рисунке 3.

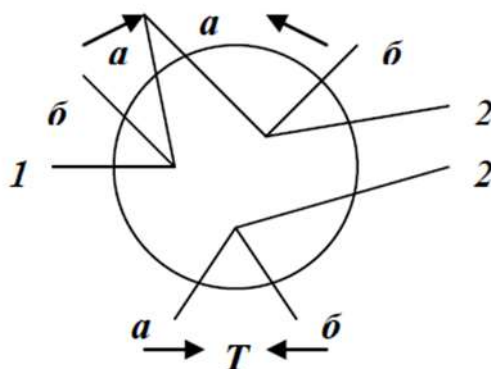


Рисунок 3 – Дифференциальная термопара для измерения абсолютной температуры

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

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 для автоматической записи кривых нагревания. У Курнакова фотографическая запись, в современных приборах используется электрическая запись и электронное измерение.

Вспомогательная аппаратура – используются фарфоровые, платиновые тигли, в которые помещают образец в виде эталона, в свою очередь, тигли помещают в блоки из нержавеющей стали, платины (для равномерного нагрева).

Получение данных ДТА и их расшифровка с помощью простой термопары получают так называемую кривую нагревания $t_0 - t$. Приборы ДТА используют дифференциальную кривую нагревания, то есть ДТА – кривую. Пики (отклонения) на ДТА – кривой позволяют выявить характер эффектов, а также температуры начала, максимум и конца эффекта. Градуировка простой термопары для эталона производится с помощью реперов. По ДТА – кривой для исследуемого вещества с помощью справочников, в которых указаны характерные тепловые эффекты, устанавливают состав этого вещества. Количественный состав можно получать, измерив площади пика. Более точную информацию получают с помощью ТГ – метода.

Термогравиметрия осуществляется с помощью динамического взвешивания на коромысловых, крутильных, торсионных и др. весах. Примерный вид ТРМ – кривой для цементного камня показан на рисунке 4.

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.

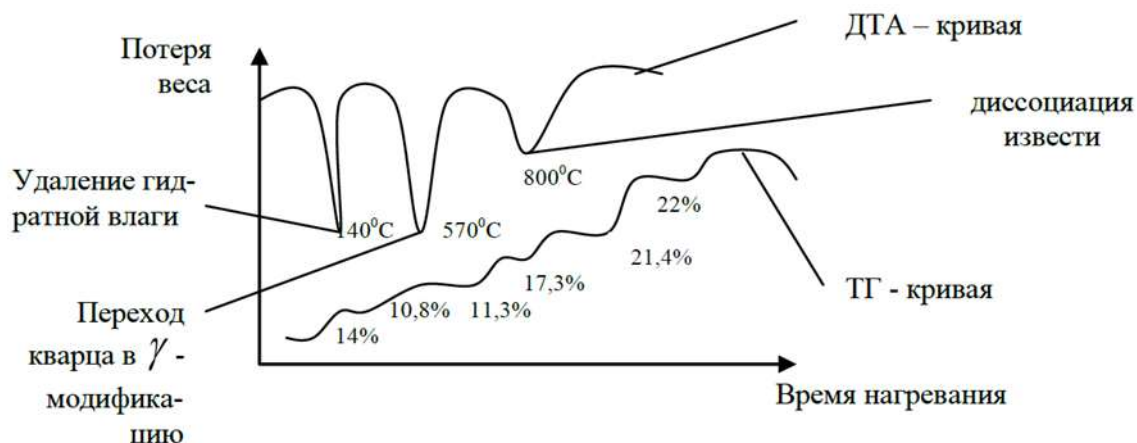


Рисунок 4 – Термограмма образца

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.

Дериватографические исследования.

Данным методом будут исследованы две пробы из Багарякского месторождения природного гипса. Графики исследования – дериватограммы, полученные при помощи дериватографа представлены в приложениях 1 и 2.

Анализ изменения фазового состава гипсового камня методом ДТА выявил, что на всех дериватограммах присутствуют эндоэффекты при ~ 180 °С и ~ 220 °С, связанные с дегидратацией гипсового камня до полуводного гипса, а затем до

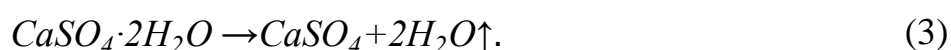
полного обезвоживания до ангидрита, а также экзоэффект при $\sim 380\text{ }^\circ\text{C}$, соответствующий перестройке кристаллической решетки ангидрита. Для удобства занесем все в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты дериватограммы

Температура изменения вещества	Характер пика, эндо- и экзо-эффекты	Предполагаемое вещество	Причины возникновения эффекта
180 °C	эндоэффект	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	дегидратация
220 °C	эндоэффект	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	полное обезвоживание
380 °C	экзоэффект	CaSO_4	перестройка кристаллической решетки

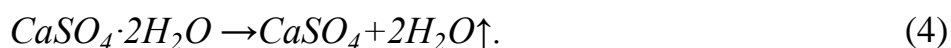
По потерям массы при 220 °C проведен расчет содержания $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ в обеих пробах.

1 проба:



$$x = \frac{172 \cdot 20}{36} = 95,6\% - I \text{ сорт}$$

2 проба:



$$x = \frac{172 \cdot 15,5}{36} = 84,05\% - III \text{ сорт}$$

Поскольку исходные пробы не одинаковы по массе, поэтому сравнивать содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ по ней некорректно. Сравним в процентном отношении. Чётко видно, что содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ во второй пробе резко сократилось.

Также по дериватограммам можно обнаружить содержание примесей в обеих пробах. Так как в залежах гипса можно наблюдать залежи известняка и залежи глины, то можно предположить, что примесями является известняк CaCO_3 .

Аналогично по потерям массы известняка при температурах примерно равных 680...740 °С можно провести расчет содержания CaCO₃ в пробах с гипсовым камнем.

1 проба (при t = 680 °С):



$$x = \frac{80 \cdot 0,5}{44} = 0,9 \%$$

2 проба (при t = 720 °С):



$$x = \frac{80 \cdot 3}{44} = 5,45 \%$$

Данное содержание примесей также получаем в процентах, для более удобного сравнения. Анализируя полученные данные, мы видим, что во второй пробе содержание примесей значительно превышает их присутствие в первой. Данный факт влияет на пробу природного гипса, и именно поэтому в расчетах на содержание CaSO₄·2H₂O во второй пробе мы получили сорт на 2 порядка ниже, чем в первой пробе.

Для того чтобы точно определить сорт природного гипса и точное содержание примесей в нем, необходимо провести совместный анализ обеих проб, а именно рассчитать среднее арифметическое значение содержания CaSO₄·2H₂O, а также содержания примесей.

$$x_2 = \frac{95,6 + 84,05}{2} = 90,3 \% - \text{II сорт}$$

$$x_{np} = \frac{0,9 + 5,45}{2} = 2,4525 \%$$

Таким образом, следует сделать обобщающий вывод по дериватографическому методу исследования структуры гипсового камня. Используя данный метод, мы смогли выяснить, что природный гипс данного месторождения является гипсом II сорта качества. Количественное содержание примесей в пробах равно ≈ 2,5 %, что является незначительным. Но при всем этом мы не можем точно утверждать, что примесями является именно известняк.

Поэтому более подробную информацию мы получим после рентгенофазового анализа.

2.1.2 Рентгеновская дифрактометрия (спектроскопия)

Рентгеновская дифрактометрия принадлежит к группе рентгеновских методов. Под рентгеновской спектроскопией понимается совокупность разнообразных методов исследования, в которых используется рентгеновское излучение – поперечные электромагнитные колебания с длиной волны 10 – 102 Å. Применение рентгеновского излучения кристаллических веществ основано на том, что его длина волны сопоставима с расстоянием между атомами в решётке кристаллов, которая для него является естественной дифракционной решёткой. Сущность рентгеновских методов анализа как раз и заключается в изучении дифракционной картины, получаемой при отражении рентгеновских лучей атомными плоскостями в структуре кристаллов. Так как каждый материал имеет свою кристаллическую решётку, со своими межплоскостными расстояниями, то материалы по-разному рассеивают рентгеновское излучение, и угол рассеивания является индивидуальной характеристикой вещества.

Рентгеновский спектр – это распределение интенсивности рентгеновского излучения, прошедшего через образец по длинам волн. Как правило, рентгеновский спектр содержит небольшое число «скачков» поглощения.

Входит в группу рентгеновских методов, использующих излучение с λ от 0,01 до 100 Å:

- а) дифрактометрия – изучение кристаллических веществ по дифракции рентгеновских лучей;
- б) рентгеновская абсорбционная спектрометрия – используется мало, так как большинство веществ мало поглощают рентгеновские лучи;
- в) рентгеновская флуоресценция (определение тяжелых элементов);
- г) дефектоскопия.

Альтернативой рентгеновским методам являются радиационные методы.

Источники возбуждения спектра: для возбуждения спектра в рентгеновской спектроскопии используют рентгеновскую трубку. Рабочим элементом трубки является пара вакуумированных электродов – термоэмиссионный катод (1) и охлаждаемый анод (2). Термоэлектроны, ускоряемые напряжением 20...60 кВ, попадают на поверхность анода – мишени (3). Площадка на аноде – мишени, на которую попадают электроны, служит источником рентгеновского излучения (4). Обычно рентгеновские трубки комплектуют металлическим фильтром, позволяющим вырезать из спектра эмиссии трубки ту или иную составляющую, что представлено на рисунке 5.

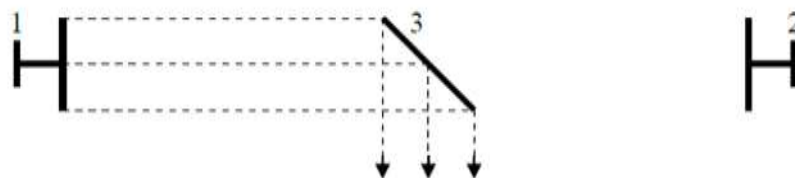


Рисунок 5 – Схема получения рентгеновского излучения

Одним из методов рентгеновского спектроскопического анализа является рентгеновская дифрактометрия.

Аппаратурное оформление метода. Основными узлами любого рентгеновского спектрометра являются источник возбуждения спектра, входная щель (коллиматор), устройство ввода образца, выходная щель и обобщённая система анализа. Для диспергирования рентгеновских лучей используют кристалл – анализатор, в основе работы которого лежит явление дифракции рентгеновских лучей (рисунок 6), описываемое законом Вульфа-Брегга:

$$2d \cdot \sin\Theta = m \cdot \lambda, \quad (7)$$

где d – межплоскостное расстояние (постоянная решётки); Θ – угол между лучом и отражающей плоскостью; m – порядок отражения (целое положительное число); λ – длина волны излучения.

Таким образом, кристалл – анализатор работает как дифракционная решётка. В зависимости от того, какой элемент необходимо определить выбирают кристалл – анализатор. Изготавливают из фторида лития, топаза и др.



Рисунок 6 – Дифракция рентгеновских лучей

Метод съёмки с фотографической регистрацией. Метод порошка (Дебая – Шерера). Съёмка рентгенограмм ведётся в камерах с использованием монохроматического рентгеновского излучения и образцов из тонкого порошка в виде цилиндрического столбика (диаметр 0,5...0,8 мм, высота – 5...6 мм). Регистрация осуществляется на узкой полоске фотоплёнке, свёрнутой в цилиндр (рисунок 7).

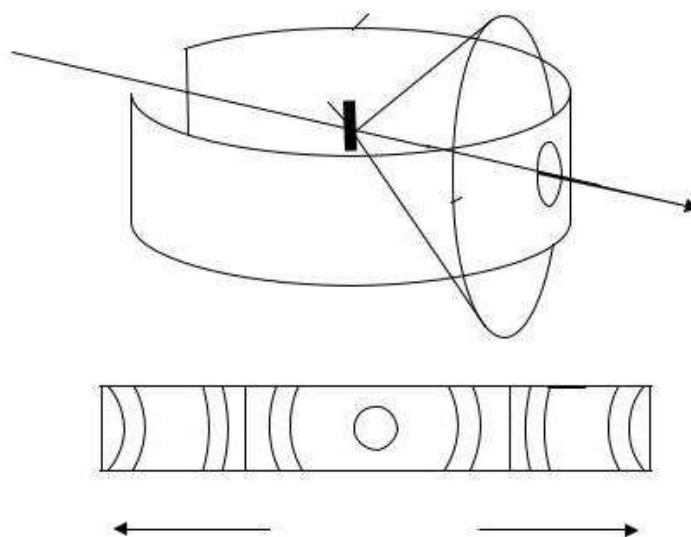


Рисунок 7 – Схема прямой съёмки поликристаллического образца

Образец в виде столбика располагается в центре цилиндрической камеры, а концы плёнки сходятся у входного отверстия камеры. Линии на рентгенограмме (1, 2, 3, 4, 5) располагаются при этом в порядке возрастания углов от середины

плёнки к её концам. Недостатки порошковой камеры Дебая – Шерера: необходимость использования плёнки и проявительных работ. Этим минусом лишён метод съёмки с дифрактометрической регистрацией с использованием счётчиков квантов рентгеновского излучения. Применяются следующие виды счётчиков:

1. Ионизационные счётчики (счётчики Гейгера – Мюллера), основаны на способности рентгеновского излучения ионизировать газы.

2. Сцинтилляционные счётчики – на способности рентгеновского излучения вызывать люминесцентное свечение некоторых веществ (применяются чаще).

Щель счётчика и рентгеновская трубка располагаются на окружности определённого радиуса, по которой движется счётчик, в центре окружности находится образец (рисунок 8).

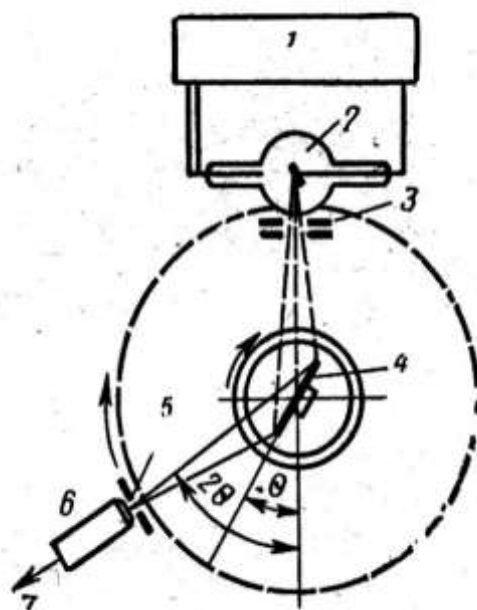


Рисунок 8 – Схема дифрактометрической съёмки плоского образца, где 1 – генераторное устройство; 2 – рентгеновская трубка; 3 – диафрагма первичного пучка; 4 – образец; 5 – диафрагма счётчика; 6 – счётчик; 7 – к регистрирующему устройству

Качественный анализ: задача качественного анализа – определение (идентификация) природы кристаллических фаз, содержащихся в исследуемом материале. Анализ основан на том, что каждое индивидуальное кристаллическое

соединение даёт специфическую рентгенограмму с определённым набором линий и их интенсивностей, которые сравнивают со справочными данными.

Количественный анализ основан на зависимости интенсивности дифракционных максимумов от содержания определяемой фазы. С увеличением содержания той или иной фазы интенсивность её отражений увеличивается. Наиболее распространенным и точным для порошковых материалов считается метод внутреннего стандарта. Сущность этого метода в том, что к исследуемому веществу примешивается точно известное количество эталонного вещества, при этом отношение интенсивности отражений данной фазы и эталона прямо пропорционально содержанию этой фазы:

$$\frac{I_i}{I_{эт}} = R X_i, \quad (8)$$

где I_i и $I_{эт}$, соответственно интенсивность отражений исследуемой фазы и эталонного вещества; X_i – содержание исследуемой фазы; R – постоянный коэффициент.

По результатам анализа строят градуировочный график, по которому определяют неизвестную концентрацию (рисунок 9).

Рентгеновская спектроскопия применяется для изучения минеральных вяжущих веществ, продуктов их гидратации и других минералов кристаллической структуры.

Порядок получения показаний: пробу строительного материала в количестве 2...3 отбирают последовательным усреднением методом квартования, затем сушат при температуре 40...45 °С.

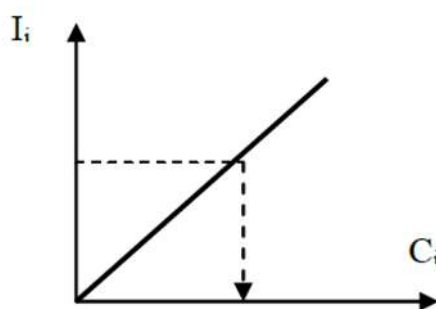


Рисунок 9 – Градуировочный график для определения неизвестной концентрации

Высушенную пробу тщательно растирают до полного прохождения через сито 0,08. Полученный результат набивают в бюксы и закрепляют с пробой в центре гониометра. Далее гониометр и рентгеновскую трубку закрывают кожухом, поглощающим рассеивающееся рентгеновское излучение, открывают заслонку, включают движение гониометра и записывающее устройство.

Съёмку проводят в стандартном режиме: $U = 40$ кВ, $J = 20$ мкА, N_i – фильтром, источником рентгеновского излучения является рентгеновская трубка с медным катодом, длина излучения, которого $1,54178 \text{ \AA}$.

Фокусировку пучка рентгеновских лучей, выходящих из трубки, проводят щелями 1; 10; 0,25 мкм.

В результате записывающее устройство фиксирует дифракционную картину рентгеновских лучей на кристаллах исследуемого материала в виде развёрнутой рентгенограммы.

Рентгенофазовый анализ.

При помощи данного анализа, нам необходимо узнать какие именно примеси были найдены при исследовании фазового состава гипсового камня Багарякского месторождения. Анализ также подвергаются две пробы. Полученные рентгенограммы представлены в приложениях 3 и 4.

Так как перед проведением всех анализов было тщательно изучена вся информация о Багарякском месторождении, то известно, какие именно элементы могут встретиться. Проведём фазовый анализ рентгенограмм.

1 – CaCO_3 ; 2 – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; 3 – $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$.

Таблица 2 – Сводка обнаруженных фазовых составов в первой пробе

№	2Θ	Θ	$d/n, \text{ \AA}$	1	2	3
1	$10^\circ 30'$	$5^\circ 15'$	8,48	–	–	+
2	$11^\circ 30'$	$5^\circ 45'$	7,62	–	+	–
3	$20^\circ 30'$	$10^\circ 15'$	4,3	–	+	–
4	$23^\circ 30'$	$11^\circ 45'$	3,77	–	+	–

5	26°30'	13°15'	3,35	–	+	–
---	--------	--------	------	---	---	---

Окончание таблицы 2

№	2 Θ	Θ	d/n, Å	1	2	3
6	28°	14°	3,17	–	+	–
7	29°	14°30'	3,07	–	+	–
8	31°	15°30'	2,87	–	+	–
9	33°30'	16°45'	2,66	–	+	–
10	35°30'	17°45'	2,52	–	+	–
11	40°30'	20°15'	2,22	–	+	–
12	47°30'	23°45'	1,91	+	–	–
13	50°30'	25°15'	1,8	+	–	–
14	56°30'	28°15'	1,62	+	–	–
Итого:				3	10	1

Таблица 3 – Сводка обнаруженных фазовых составов во второй пробе

№	2 Θ	Θ	d/n, Å	1	2	3
1	10°30'	5°15'	8,48	–	–	+
2	11°30'	5°45'	7,62	–	+	–
3	20°30'	10°15'	4,3	–	+	–
4	23°30'	11°45'	3,77	–	+	–
5	29°	14°30'	3,07	–	+	–
6	31°	15°30'	2,87	–	+	–
7	33°30'	16°45'	2,66	–	+	–
8	35°30'	17°45'	2,52	–	+	–
9	40°30'	20°15'	2,22	–	+	–
10	48°	24°	1,89	+	–	–
11	56°30'	28°15'	1,62	+	–	–
12	61°	30°30'	1,51	+	–	–
Итого:				3	8	1

Исследования, проведенные методом РФА, подтвердили, что в обеих пробах природного гипсового камня присутствуют примеси. После проведения деривотографического анализа было сделано предположение, что примесью в обеих пробах является CaCO_3 . Однако после проведения рентгенофазового анализа было выявлено присутствие природного каолинита. Каолинит – глинистый минерал из группы водных силикатов алюминия. Химический состав $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$ содержит 39,5 % Al_2O_3 , 46,5 % SiO_2 и 14 % H_2O .

2.2 Характеристика исходных материалов

2.2.1 Вяжущее

Гипсовое вяжущее KNAUF.

Показатели качества:

- НГ – 51...59 %;
- Сроки схватывания: начало – 2...11 мин., конец – 2...20 мин;
- Проход через сито № 002 – до 14,0 %;
- Равномерность изменения объема – выдержал;
- Признаки ложного схватывания – нет;
- Удельная поверхность – 50...2000 $\text{m}^2/\text{кг}$.

Гипсовые вяжущие КНАУФ соответствуют с требованиями ГОСТ 125–79 «Вяжущие гипсовые. Технические условия» [1], но они также отвечают и требованиям немецкого DIN 1168 «Baugipse».

2.2.2 Заполнители

В соответствии с ГОСТ 32021–2012 «Заполнители и наполнители из плотных горных пород для производства сухих строительных смесей. Технические условия» [11] к заполнителям относятся:

- мелкие заполнители: неорганический сыпучий материал с крупностью зерен до 5 мм;

- природный песок: песок, образовавшийся в результате естественного разрушения скальных горных пород и получаемый при разработке песчаных, песчано-гравийных и песчано-гравийно-валунных месторождений без использования специального обогатительного оборудования;
- дробленый песок: песок, получаемый из скальных горных пород, гравия и валунов с использованием специального оборудования;
- фракционированный песок: песок, разделенный на две или более фракции с использованием специального оборудования;
- песок из отсевов дробления: песок, получаемый при производстве щебня, в том числе обогащенный крупный песок без фракций размером 0,16...0,315 и 0...0,16 мм, мелкий песок без фракции размером 0...0,16 мм, а также фракционированный песок;
- песок декоративный: песок из горных пород, запасы которых оценены как декоративные, получаемый дроблением отходов добычи блоков из массива горных пород, а также отходов, образующихся при производстве облицовочных плит и архитектурно-строительных изделий;
- крупные заполнители: неорганический зернистый сыпучий материал с зернами крупностью свыше 5 мм;
- щебень: заполнитель, получаемый дроблением скальных горных пород, гравия и валунов с последующим рассевом продуктов дробления;
- гравий: заполнитель, получаемый рассевом валунно-гравийно-песчаных и гравийно-песчаных месторождений;
- декоративный щебень: заполнитель, получаемый из горных пород, запасы которых оценены как декоративные, дроблением отходов производства блоков, облицовочных плит, архитектурно-строительных изделий из горных пород;
- наполнители: пылевидная составляющая горных пород (каменная мука) с размером зерен 0,16 мм и менее, получаемая помолом горных пород, при

рассеве песков на фракции, из аспирационных систем предприятия-изготовителя или при абразивной обработке каменных материалов.

2.2.2.1 Вермикулит

Заполнитель для теплоизоляционной строительной смеси – вспученный вермикулит.

Показатели качества:

– зерновой состав: содержание зерен размером более 1,25 мм нет, зерен размером 0,63...1,25 мм – 14,7 % по массе, а зерен размером 0...0,63 мм – 85,3 % по массе. По проходу через сито 0,63 вермикулит в соответствии с ГОСТ 12865 [3] относится к средней фракции;

- насыпная плотность – 140 кг/м³;
- коэффициент теплопроводности – 0,063...0,07 Вт/м·°С;
- влажность $W = 1,8 \%$.

По значению насыпной плотности и коэффициенту теплопроводности марка вермикулита 150 в соответствии с ГОСТ 12865–67 «Вермикулит вспученный» [3].

2.2.2.2 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» [11].

Показатели качества:

- группа песка – мелкий;
- полный остаток на сите № 063 – 11,3 %;
- $M_k - 1,56$;
- средняя плотность 1400...1800 кг/м³.

2.2.3 Вода

Вода для затворения растворных смесей соответствует ГОСТ 23732 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия» [12].

2.2.4 Пигменты

Пигментами называют цветные тонкоизмельченные минеральные или органические вещества, нерастворимые или малорастворимые в воде и органических растворителях; в качестве пигментов применяют также металлические порошки (пудры). Пигменты бывают природные и искусственные, минеральные и органические.

Органические пигменты представляют собой синтетические красящие вещества органического происхождения, они обладают высокой красящей способностью и чистотой цвета. Органические пигменты нерастворимы или малорастворимы в воде и других растворителях. К числу органических пигментов, применяемых в красках, можно отнести следующие: пигмент желтый, светопрочный лимонного цвета; оранжевый прочный, красный, алый, лак рубиновый, пигмент голубой фталоцианитовый, светло-синего цвета; пигмент зеленый фталоцианитовый и др. Органические пигменты используют для придания тона красочным композициям на различных связках. Однако щелочестойкость их сравнительно низкая, несколько ниже оказывается и светостойкость.

Пигменты искусственные минеральные получают путем химической переработки минерального сырья. Такими пигментами являются: 1) диоксид титана TiO_2 белого цвета, получаемый из титановых руд; 2) белила цинковые, получаемые возгонкой металлического цинка с последующим окислением паров цинка; они обладают хорошей укрывистостью, светостойкостью, не ядовиты; 3) литопон белого цвета, представляющий собой смесь сернистого цинка и серноокислого бария; он недостаточно устойчив против действия атмосферы, применяют преимущественно для внутренних работ; 4) крон цинковый малярный

сухой светло-желтого (лимонного) цвета, представляющий собой двойное соединение оксида хромитов цинка с хромовокислым калием или натрием; содержит небольшое количество основных сернокислых или хлористых солей цинка; применяют в масляных, клеевых и грунтовых красках по металлу; 5) сурик свинцовый красного цвета получают прокаливанием свинцового глета при температуре 450 °С; обладает стойкостью к действию щелочей, но растворяется в кислотах, хорошо защищает сталь от коррозии; применяют в масляных красках, антикоррозионных грунтовках по металлу и дереву; 6) ультрамарин синего цвета, обладающий средней свето- и щелочестойкостью; применяют в масляных красочных составах, в цветных растворах и известковых красках; 7) оксид хрома: Cr_2O_3 зеленого цвета обладает стойкостью к действию кислот, щелочей, света и высоких температур; получают нагреванием измельченной смеси $\text{K}_2\text{O}_2\text{O}_7$ с каким-либо восстановителем (порошком древесного угля, серы); применяют во многих красках; 8) сажа газовая – продукт сжигания газов (ацетилен), является наиболее легким пигментом, имеет высокую кроющую и красящую способность, устойчива к действию кислот и щелочей.

2.2.4.1 Кирпич молотый

Показатели качества:

- насыпная плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$): 1400...1450;
- водопоглощение: 0,1...8 %;
- теплопроводность ($\text{Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$) при влажности 0 %: 0,7...0,74;
- остаток на сите № 008: 0,8 %.

2.2.4.2 Марганец: Перманганат калия KMnO_4

Показатели качества:

- состояние – твердое (хрупкие кристаллы);
- молярная масса– 158,03 г/моль;
- плотность – 2,703 г/см³;

– растворимость в воде – 6,38 г на 100 г H₂O (20 °С).

2.2.4.3 Колер

Производитель: Toda

- цвет: коричневый;
- интенсивность цвета (%): 100 ± 3 ;
- остаток на сите № 008: 0,3 %;
- уровень pH: 4,0...7,0.

ВЫВОДЫ ПО 2 ГЛАВЕ

Таким образом, по дериватографическому методу исследования структуры гипсового камня мы смогли выяснить, что природный гипс данного месторождения является гипсом II сорта качества. Количественное содержание примесей в пробах равно $\approx 2,5$ %, что является незначительным. Исследования, проведенные методом РФА, подтвердили, что в обеих пробах природного гипсового камня присутствуют примеси: было выявлено присутствие природного каолинита. Каолинит – глинистый минерал из группы водных силикатов алюминия, химический состав $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. Данные примеси в незначительном количестве не оказывают вредного влияния на свойства гипсового сырья. Все сырьевые материалы соответствуют требованиям ГОСТ 31376 – 2008 [4].

3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

В исследовательской части представлены данные и результаты проведения опытов с гипсовым вяжущим в соответствии с ГОСТ 23789–79 [2], а также рассмотрено влияние органических и неорганических пигментов на свойства гипса.

3.1 Методы испытаний свойств гипса

Свойства низкообжиговых гипсовых вяжущих во многом одинаковы. Главное различие состоит в прочности, что в основном связано с их разной водопотребностью. Для получения теста нормальной густоты гипс α -модификации требует 50...70 % воды, а β -модификации – 30...45 %, в то время как по уравнению гидратации полугидрата в двугидрат необходимо всего 18,6 % воды от массы вяжущего вещества. Вследствие значительного количества химически несвязанной воды затвердевший гипс имеет большую 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 проводят испытания, а также испытываемые материалы, образцы и приборы должны иметь температуру (293 ± 3) К (20 ± 3) °С. Относительная влажность в помещении должна быть (65 ± 10) %.

3.1.1 Определение нормальной густоты

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

отношение массы воды, необходимой для получения 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 10);

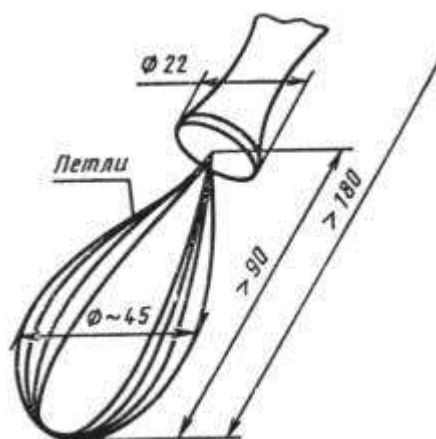


Рисунок 10 – Ручная мешалка

- стекло диаметром более 240 мм;
- на стекло наносят ряд концентрических окружностей диаметром 150...220 мм через каждые 10 мм, а окружности диаметром от 170 до 190 мм – через 5 мм;
- окружности можно нанести на лист белой бумаги и поместить его между двумя листами стекла;
- цилиндр из нержавеющей металла с полированной внутренней поверхностью (рисунок 11);
- линейку длиной 250 мм с ценой деления 1 мм;
- весы по ГОСТ 24104–88 [13] с погрешностью взвешивания не более 1 г;
- секундомер;
- питьевую воду по ГОСТ 2874–82 [14].

В чистую чашку, предварительно протертую тканью, вливают воду, масса которой зависит от свойств гипсового вяжущего. Затем в воду в течение 2...5 с всыпают от 300 до 350 г гипсового вяжущего. Массу перемешивают ручной

мешалкой в течение 30 с, начиная отсчет времени от начала затворения гипсового вяжущего с водой. После окончания перемешивания цилиндр, установленный в центре стекла, заполняют гипсовым тестом, излишки которого срезают линейкой. Цилиндр и стекло предварительно протирают тканью. Через 45 с, считая от начала засыпания гипсового вяжущего в воду, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр очень быстро поднимают вертикально на высоту 15...20 см и отводят в сторону. Диаметр расплыва измеряют непосредственно после поднятия цилиндра линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение. Если диаметр расплыва теста не соответствует (180 ± 5) мм, испытание повторяют с измененной массой воды.

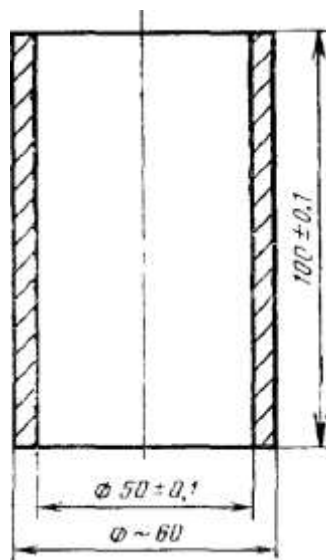


Рисунок 11– Цилиндр

При определении нормальной густоты было проведено три опыта с пробой гипса 300 г и получены результаты с добавлением разного количества воды, представленные в таблице. При проведении опыта № 1 с содержанием воды 59 % от массы вяжущего, диаметр расплыва гипсового теста был получен слишком большой. Поэтому необходимо уменьшить количество воды – 51 %. Однако, опыт № 2 показал результат, слишком низкий, следовательно, количество воды принято увеличить до 55 %, при котором диаметр расплыва был получен в соответствии с ГОСТ 23789–79 [2].

Таблица 4 – Определение нормальной густоты

№ опыта	Содержание воды от массы гипса, г	Содержание воды от массы гипса, %	Диаметр расплыва, см
1	177	59	23
2	155	51	13
3	165	55	17,4

Таким образом, была получена нормальная густота с содержанием воды в количестве 55 % от массы гипса. Все дальнейшие эксперименты будут проводиться трижды для каждой дозировки воды затворения: 51, 55 и 59 %.

3.1.2 Определение сроков схватывания

Для определения сроков схватывания используют гипсовое тесто стандартной консистенции. Сущность метода состоит в определении времени от начала контакта гипсового вяжущего с водой до начала и конца схватывания теста.

Для определения сроков схватывания применяют:

- секундомер;
- коническое кольцо из коррозионностойкого материала (рисунок 12);

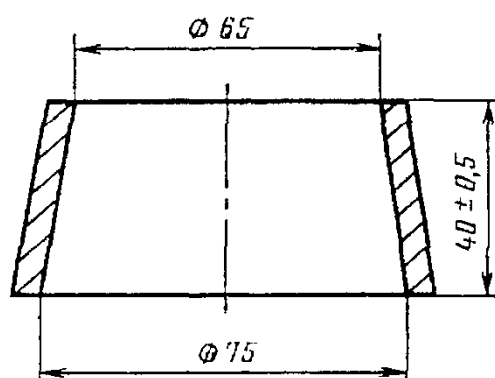


Рисунок 12 – Коническое кольцо

– прибор Вика с массой подвижной части (300 ± 2) г. Прибор Вика приведен на рисунке 13. Игла должна быть изготовлена из твердой нержавеющей стальной проволоки с полированной поверхностью и не должна иметь искривлений;

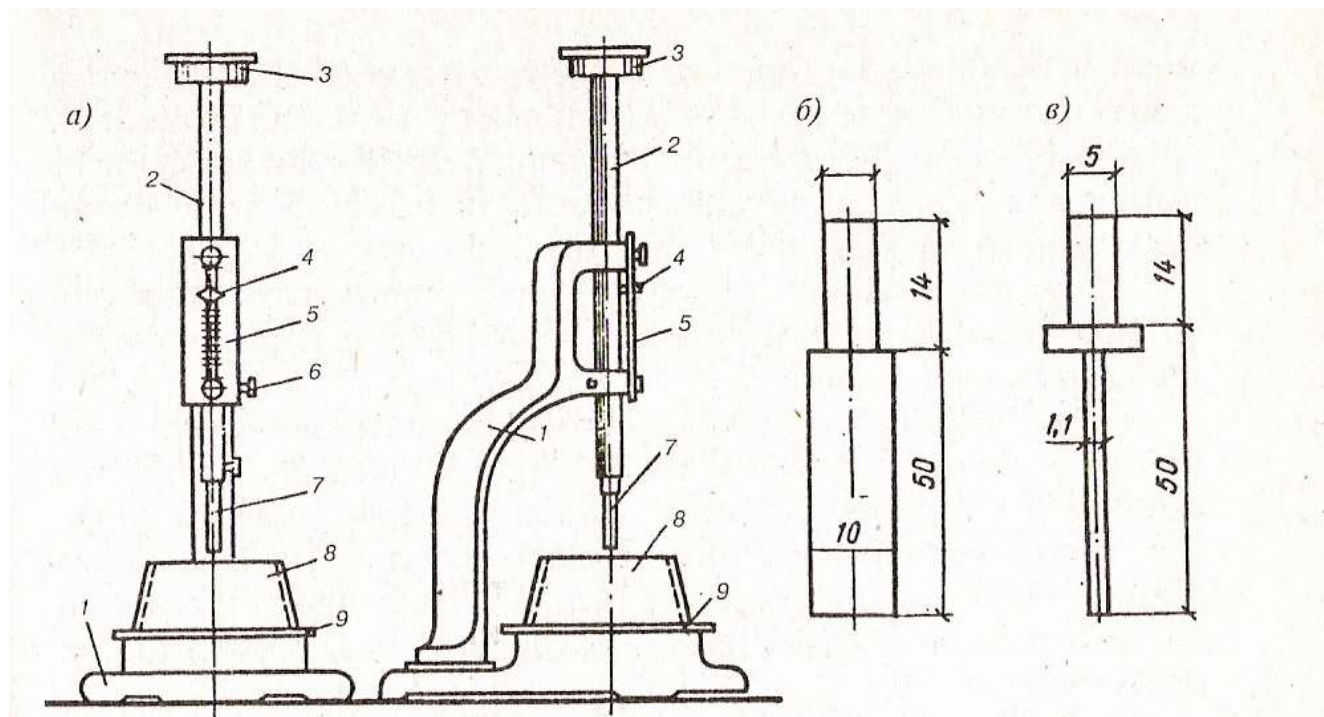


Рисунок 13 – Прибор Вика

– полированную пластинку из коррозионностойкого материала размером не менее 100x100 мм.

Перед началом испытания проверяют, свободно ли опускается стержень прибора Вика, а также нулевое положение подвижной части.

Кольцо, предварительно протертое и смазанное минеральным маслом и установленное на полированную пластинку, заполняют тестом. Для удаления попавшего в тесто воздуха кольцо с пластинкой 4–5 раз встряхивают путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. После этого излишки теста срезают линейкой и заполненную форму на пластинке устанавливают на основании прибора Вика.

Подвижную часть прибора с иглой устанавливают в такое положение, при котором конец иглы касается поверхности гипсового теста, а затем иглу свободно опускают в кольцо с тестом. Погружение производят один раз каждые 30 с,

начиная с целого числа минут. После каждого погружения иглу тщательно вытирают, а пластинку вместе с кольцом передвигают так, чтобы игла при новом погружении попадала в другое место поверхности теста.

Начало схватывания определяют числом минут, истекших от момента добавления вяжущего к воде до момента, когда свободно опущенная игла после погружения в тесто первый раз не доходит до поверхности пластинки, а конец схватывания – когда свободно опущенная игла погружается на глубину не более 1 мм. Время начала и конца схватывания выражают числом минут.

В зависимости от сроков схватывания различают вяжущие видов, приведенных в таблице 5.

Таблица 5 – 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 6.

Таблица 6 – Определение сроков схватывания

№ опыта	Содержание воды, %	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин
1	59	10	15
2	51	9	14
3	55	5	8

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 (рисунок 10);
- мерный цилиндр вместимостью 1 л по ГОСТ 1770–74 [15];
- весы по ГОСТ 24104–88 [13] с погрешностью взвешивания не более 1 г;
- форму из коррозионностойкого материала для изготовления образцов-балочек размерами 40x40x160 мм (рисунок 14);

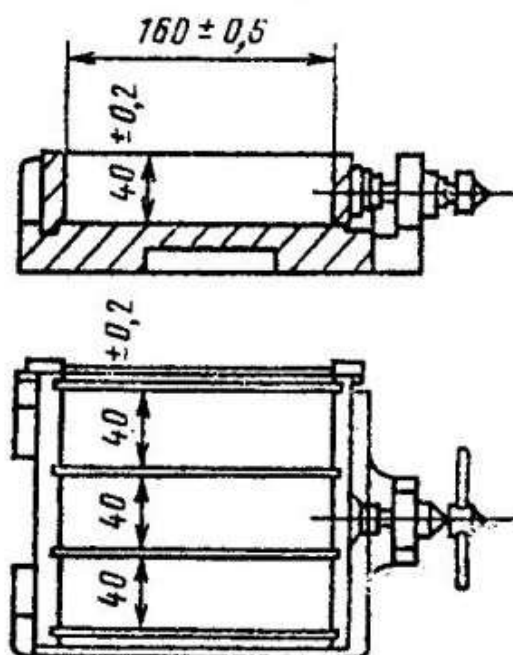


Рисунок 14 – Форма

- 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 15) твердостью по Роквеллу не менее б1; искривление пластин не должно превышать 0,05 мм;
- прибор для испытания на изгиб.

Продольная и поперечные стенки форм должны быть отшлифованы сверху и снизу и плотно лежать на основании. Угол между сторонами и дном формы должен составлять $(90 \pm 0,5)^\circ$. Габариты форм следует проверять не реже одного раза в шесть месяцев. Если габариты форм отклоняются от номинальных

размеров более чем на 0,5 мм по длине и на 0,2 мм по ширине и высоте, то формы нужно заменить.

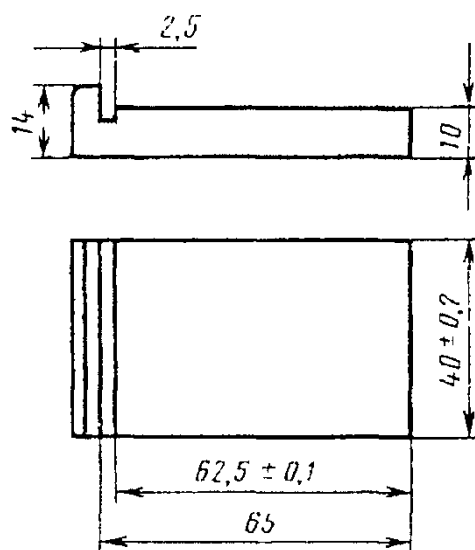


Рисунок 15 – Пластина

Определение прочности образцов, изготовленных из гипсового теста стандартной консистенции, производят через 2 ч после контакта, гипсового вяжущего с водой.

Для изготовления образцов берут пробу гипсового вяжущего массой от 1,0 до 1,6 кг. Гипсовое вяжущее в течение 5...20 с засыпают в чашку с водой, взятой в количестве, необходимом для получения теста стандартной консистенции. После засыпания вяжущего, смесь интенсивно перемешивают ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородного теста, которым заливают форму. Предварительно внутреннюю поверхность металлических форм слегка смазывают минеральным маслом средней вязкости. Отсеки формы наполняют одновременно, для чего чашку с гипсовым тестом равномерно продвигают над формой. Для удаления вовлеченного воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз, для чего ее поднимают за торцевую сторону на высоту от 8 до 10 мм и опускают. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают линейкой, передвигая ее по верхним граням формы перпендикулярно к поверхности

образцов. 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 [16] таким образом, чтобы те грани его, которые были горизонтальными при изготовлении, находились в вертикальном положении. Схема расположения образца на опорных валиках приведена на рисунке 16.

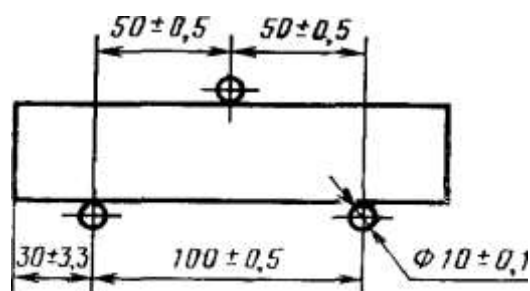


Рисунок 16 – Схема расположения образца для испытания на изгиб

Расчет предела прочности производят по формуле:

$$\delta_{\text{изг}} = 0,0234 \cdot F, \quad (9)$$

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:

$$\delta_{\text{изг}} = \frac{2,78 + 2,48 + 2,82}{3} = 2,69 \text{ МПа}$$

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 17). 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.

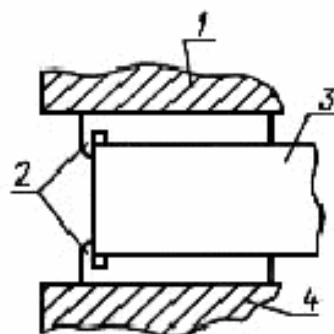


Рисунок 17 – Схема испытаний на сжатие, где 1 – верхняя плита пресса; 2 – пластинки; 3 – половина образца; 4 – нижняя плита пресса

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. На примере рассмотрим среднее арифметическое первого опыта с содержанием воды 51 %:

$$\delta_{сж} = \frac{4,84 + 5 + 4,36 + 4,72}{4} = 4,73 \text{ МПа}$$

Данные по испытанию на предел прочности при сжатии и при изгибе представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Определение предела прочности на сжатие и изгиб

Содержание воды, %	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа
51	2,69	4,73
55	2,315	3,62
59	2,39	4,01

3.2 Влияние пигментов на свойства гипса

В качестве пигментов для проведения опытов были использованы следующие органические и неорганические вещества: порошок измельченного недожженного кирпича оранжевого цвета и пережженного кирпича красного цвета, перманганат калия, колер коричневого цвета.

Все пигменты, для сравнения их влияния на свойства, используются в соотношении 3 % и 5 % к массе гипса, кроме перманганата калия. Для исследования его влияния, делался раствор 0,01 г и 0,03 г к 10 мл воды.

3.2.1 Исследование влияния пигмента из пережженного кирпича

Таблица 8 – Нормальная густота

Содержание воды в пробе, %	Диаметр расплыва, см	
	Содержание пигмента	Содержание пигмента
	3 %	5 %
51	17,5	17
55	20	22
59	29	28,5

Таблица 9 – Сроки схватывания

Содержание воды, %	Сроки схватывания, мин			
	Содержание пигмента 3 %		Содержание пигмента 5 %	
	начало	конец	начало	конец
51	7	12	10	12
55	8	12	8	12
59	8	15	9	13

Таблица 10 – Прочность при изгибе и сжатии

Содержание воды, %	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
	Содержание пигмента 3 %	Содержание пигмента 5 %	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%
51	2,775	2,775	4,02	4,23
55	2,14	2,42	3,5	3,64
59	2,63	2,58	3,28	3,468

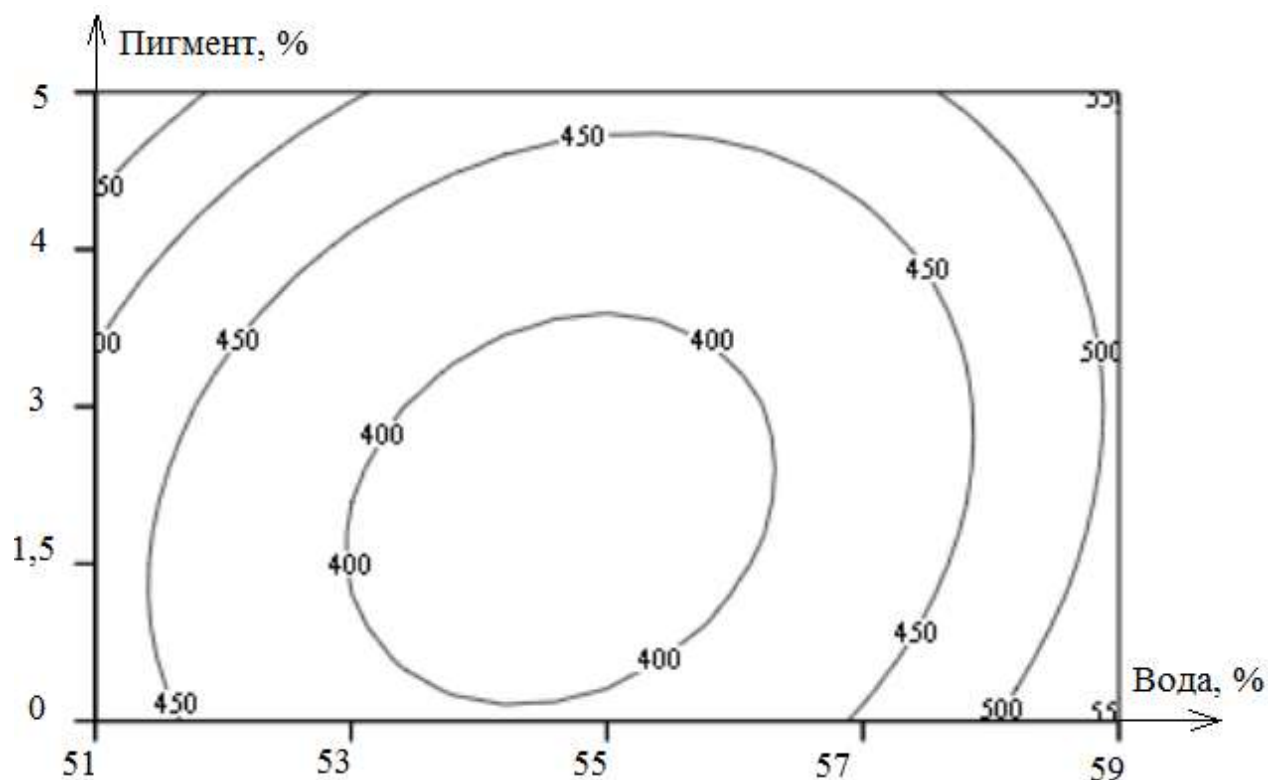
Для более полного анализа влияния пигментов на прочностные характеристики был проведен двухфакторный эксперимент по следующим матрицам (см. таблицы 11, 12, 16, 20, 24). Обработка полученных данных отображены в таблицах 12, 16, 20 и 24 и на рисунках 18...33. На рисунках показаны зависимости свойств от варьируемых факторов: процентного содержания воды и пигмента.

Таблица 11 – План матрица для пигментов из пережженного кирпича, недожженного кирпича и коричневого колера

№	Вода		Пигмент	
	Код	Физ. значение, %	Код	Физ. значение, %
1	-1	51	-1	0
2	0	55	-1	0
3	1	59	-1	0
4	-1	51	0	3
5	0	55	0	3
6	1	59	0	3
7	-1	51	1	5
8	0	55	1	5
9	1	59	1	5

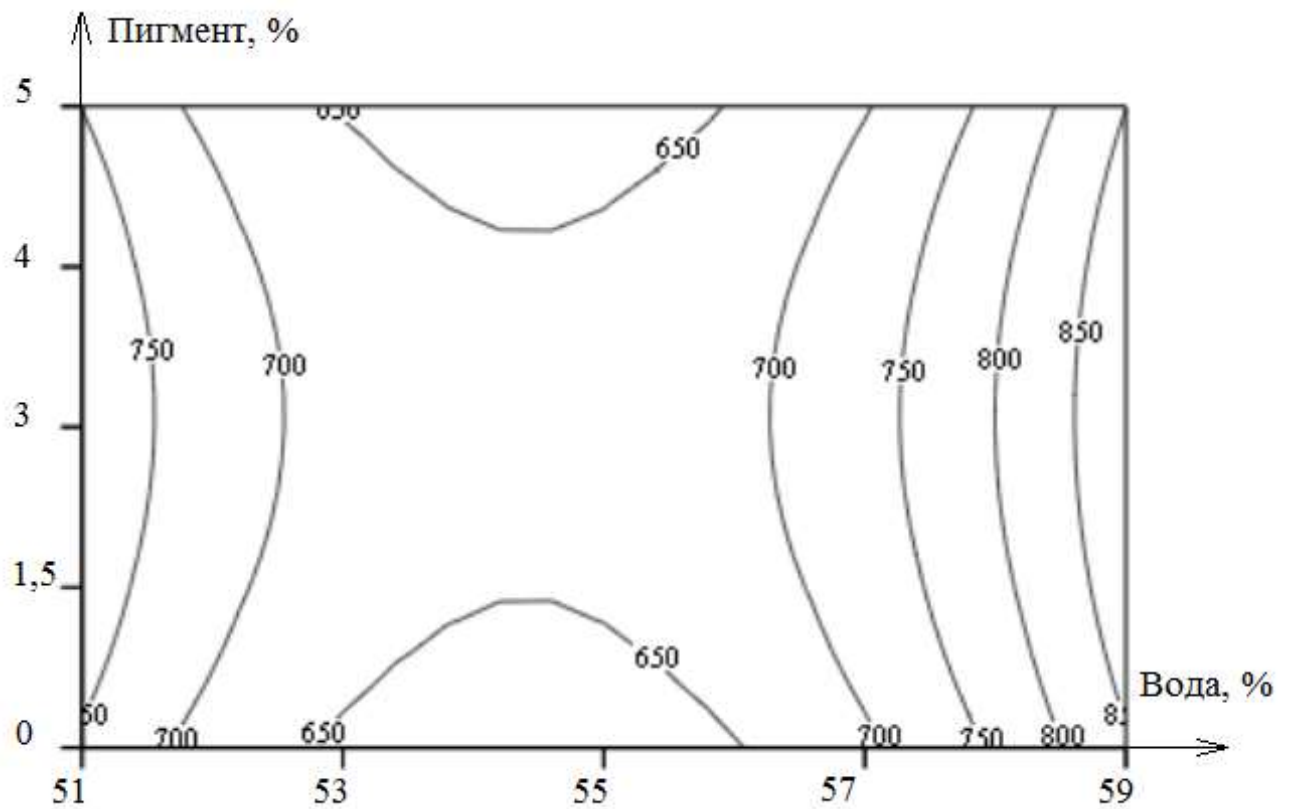
Таблица 12 – Результаты реализации план-матрицы для пигмента из пережженного кирпича

№	Начало, сек		Конец, сек		R _{сж} , МПа		R _{изг} , МПа	
1	530	550	830	850	4,46	5,0	2,5	2,88
2	290	310	470	490	3,5	3,74	2,3	2,33
3	590	610	890	910	4,0	4,02	2,28	2,5
4	410	430	710	730	4,0	4,04	2,7	2,85
5	470	490	710	730	3,2	3,8	2,1	2,18
6	470	490	890	910	3,26	3,3	2,5	2,76
7	590	610	710	730	4,2	4,26	2,7	2,85
8	470	490	710	730	3,5	3,78	2,4	2,44
9	530	550	770	790	3,336	3,6	2,5	2,66



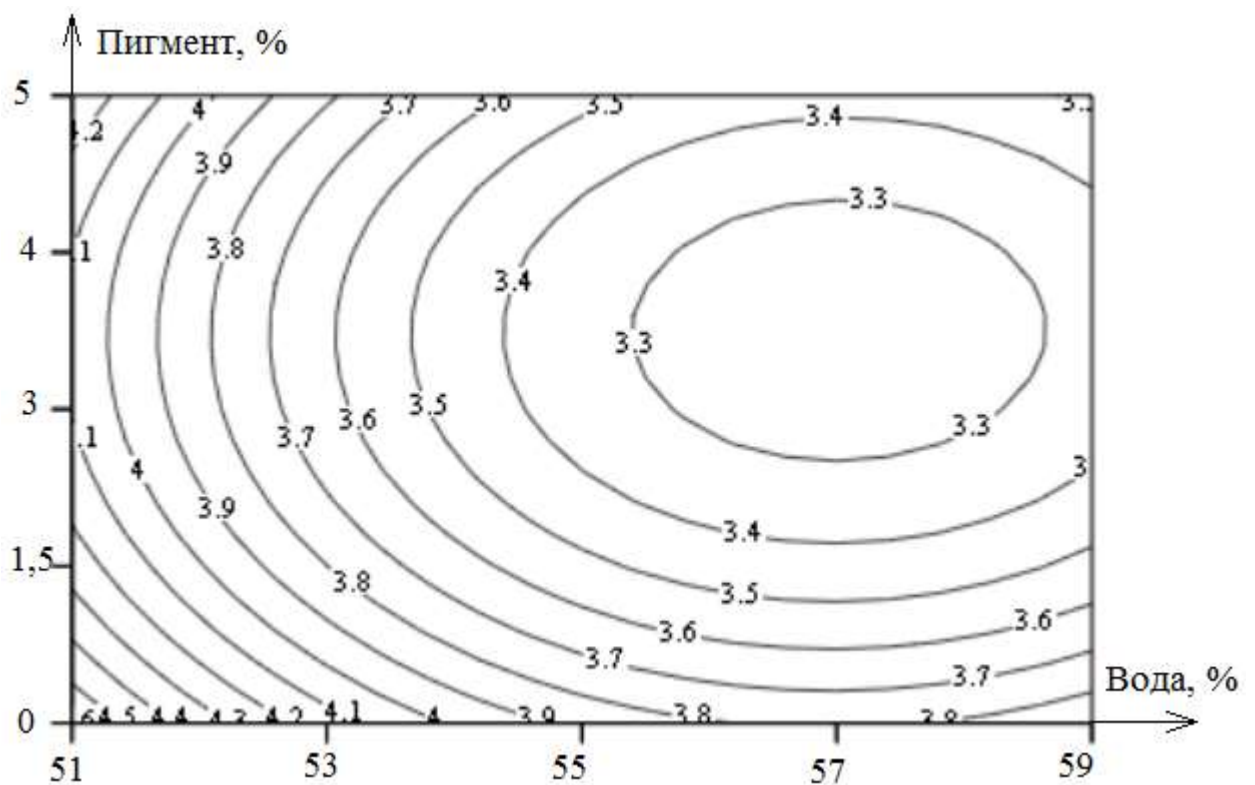
$$M(x;y)=386,67+10x+30y+110x^2+50y^2-30xy; FR=9,03$$

Рисунок 18 – Изолинии начала схватывания, сек



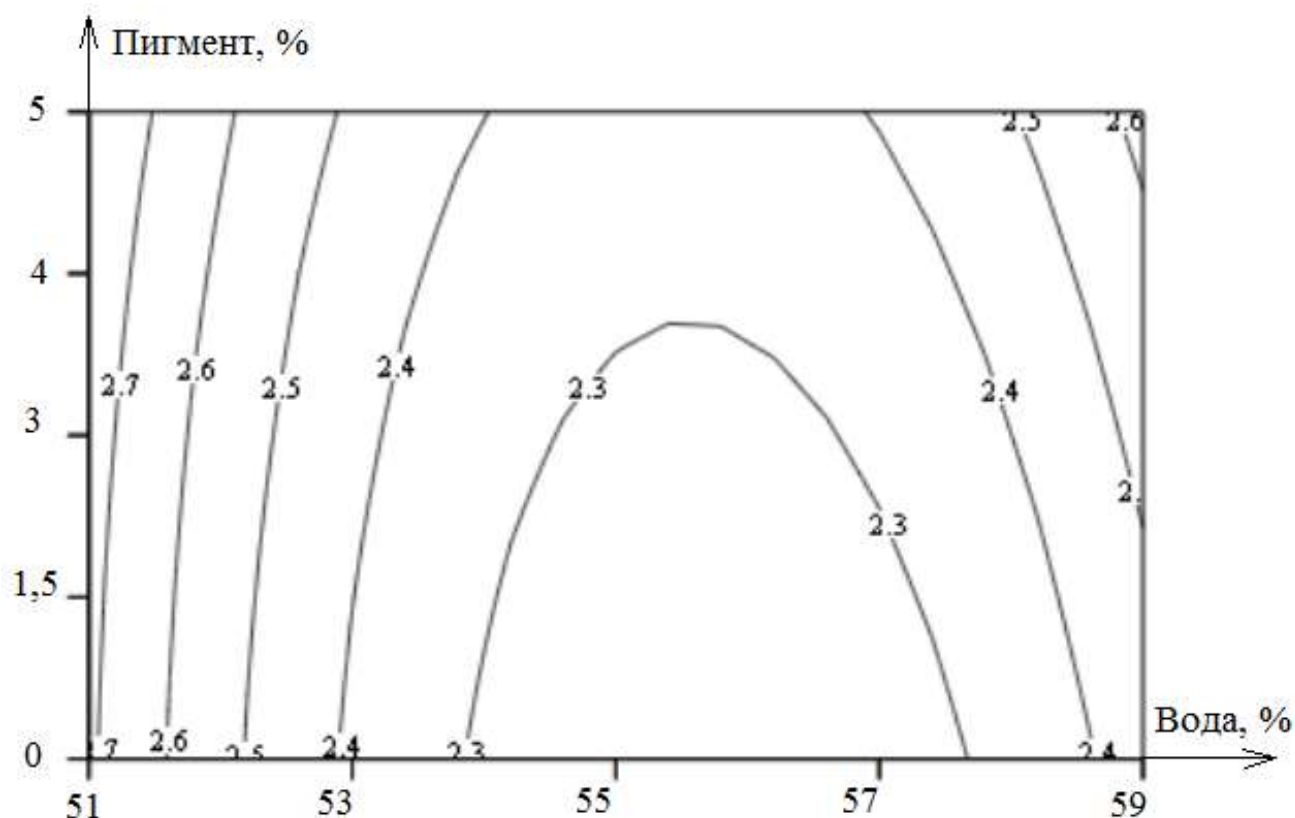
$$M(x;y)=666,67+50x+2,79y+170x^2-40y^2; FR=15,54$$

Рисунок 19 – Изолинии конца схватывания, сек



$$M(x;y)=3,35-0,37x-0,17y+0,37x^2+0,35y^2-0,0105xy; FR=0,15$$

Рисунок 20 – Изолинии предела прочности при сжатии, МПа



$$M(x;y)=2,28-0,1x+0,06y+0,35x^2+0,013y^2-0,026xy; FR=0,117$$

Рисунок 21 – Изолинии предела прочности при изгибе, МПа

Вывод: анализируя представленные выше изолинии можно сказать, что с увеличением процента воды сроки начала схватывания увеличиваются, также увеличиваются сроки начала схватывания с увеличением процентного содержания пигмента, однако, время конца схватывания увеличивается до 4 % содержания пигмента, после чего начинается их сокращение, при этом процентное содержание воды колеблется от 53 до 57 %. Также можно сказать, что при увеличении процентного содержания воды пределы прочности уменьшаются вне зависимости от содержания пигмента.

3.2.2 Исследование влияния пигмента из недожженного кирпича

Таблица 13 – Нормальная густота

Содержание воды в пробе, %	Диаметр расплыва, см	
	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%
51	13	18
55	17	17
59	24	26,5

Таблица 14 – Сроки схватывания

Содержание воды, %	Сроки схватывания, мин			
	Содержание пигмента 3%		Содержание пигмента 5%	
	начало	конец	начало	конец
51	10	13	8	15
55	13	16	12	15
59	15	18	13	17

Таблица 15 – Прочность при изгибе и сжатии

Содержание воды, %	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%
51	2,22	2,395	2,44	2,41
55	2,105	2,225	2,24	2,24
59	2,13	2,1	2,04	2,06

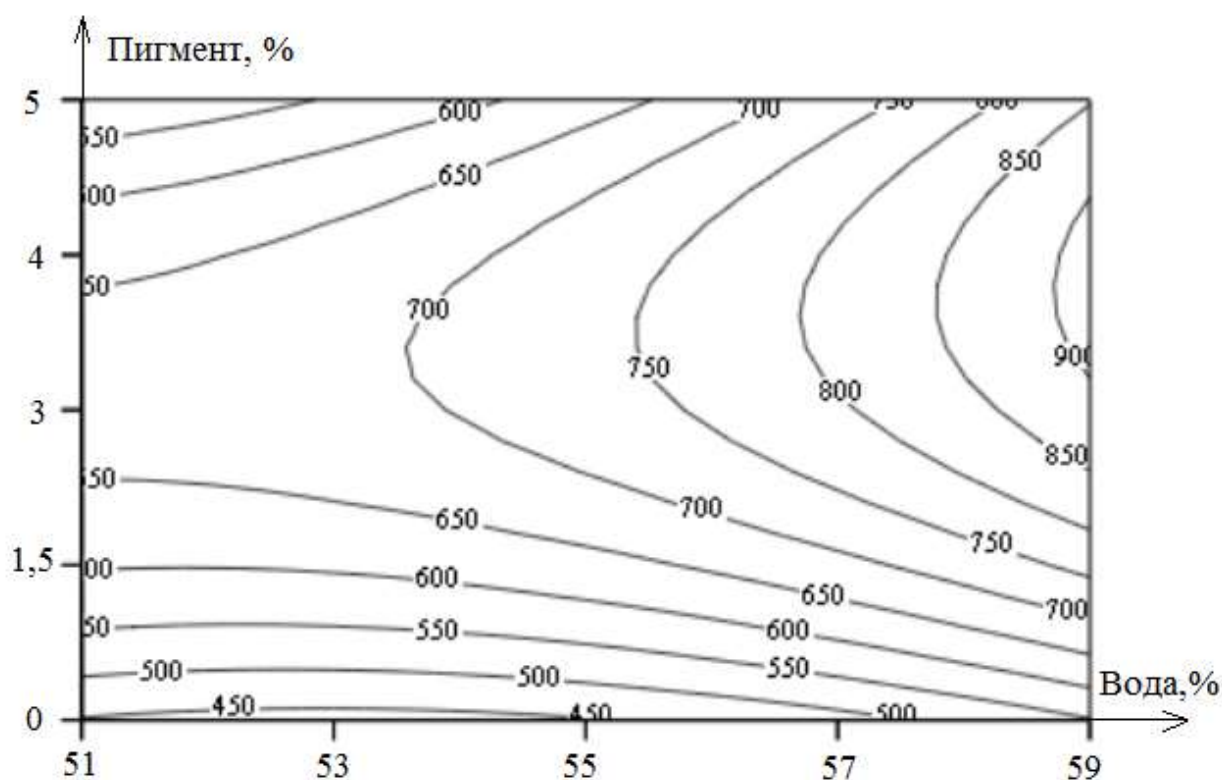
Таблица 16 – Результаты реализации план-матрицы для пигмента из недожженного кирпича

№	Начало, сек		Конец, сек		R _{сж} , МПа		R _{изг} , МПа	
	530	550	830	850	4,46	5,0	2,5	2,88
1	530	550	830	850	4,46	5,0	2,5	2,88

2	290	310	470	490	3,5	3,74	2,3	2,33
---	-----	-----	-----	-----	-----	------	-----	------

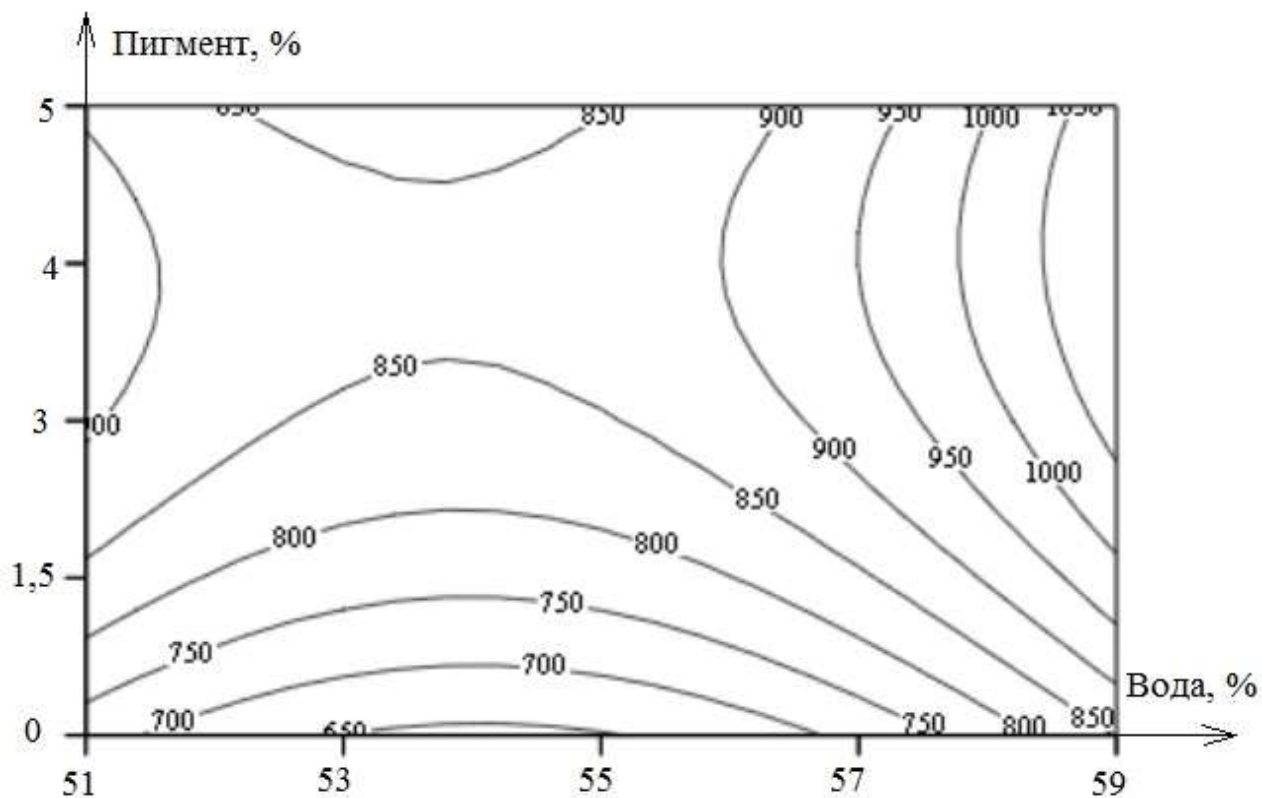
Окончание таблицы 16

№	Начало, сек		Конец, сек		R _{сж} , МПа		R _{изг} , МПа	
	3	590	610	890	910	4,0	4,02	2,28
4	590	610	770	790	2,4	2,48	2,2	2,24
5	770	790	950	970	2,2	2,28	2,1	2,11
6	890	910	1070	1090	2,0	2,08	2,1	2,16
7	470	490	890	910	2,4	2,42	2,29	2,5
8	710	730	890	910	2,2	2,28	2,1	2,35
9	770	790	1010	1030	2,02	2,04	2,0	2,2



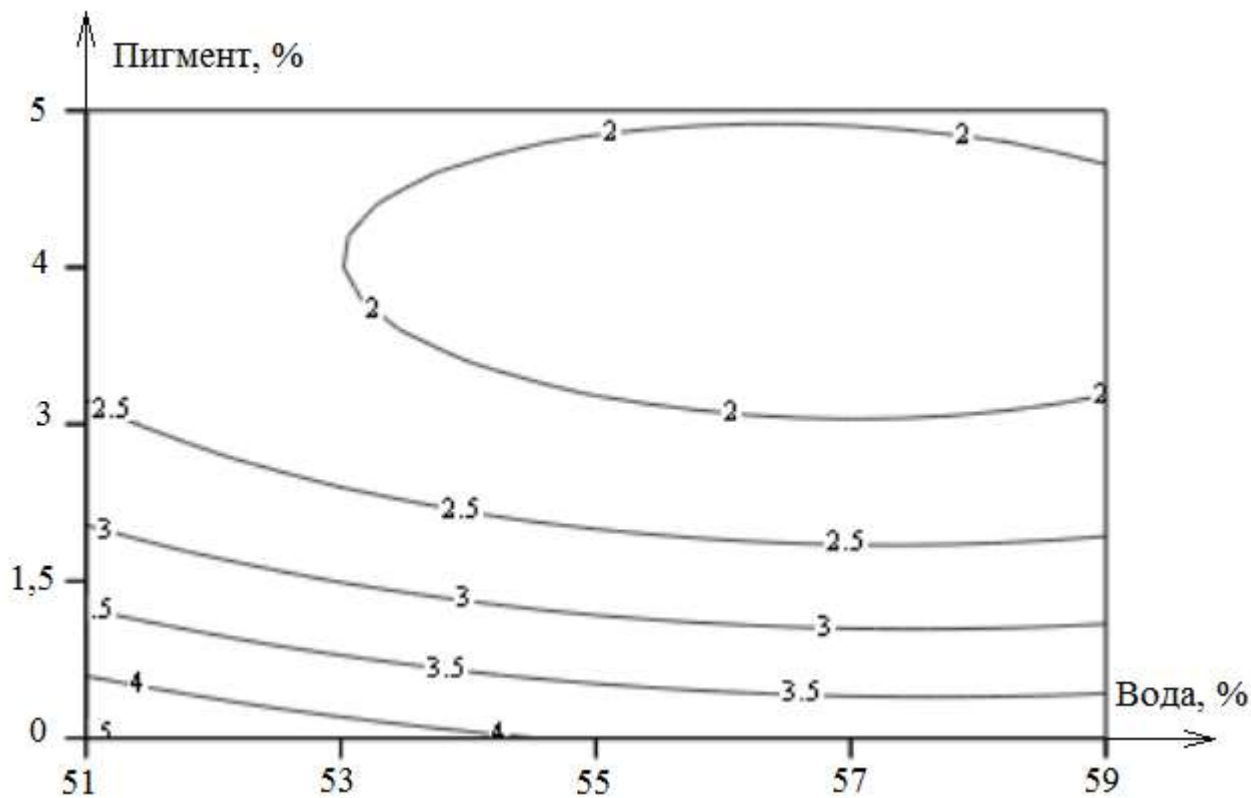
$$M(x;y)=726,67+110x+90y+50x^2-190y^2+60xy; FR=15,54$$

Рисунок 22 – Изолинии начала схватывания, сек



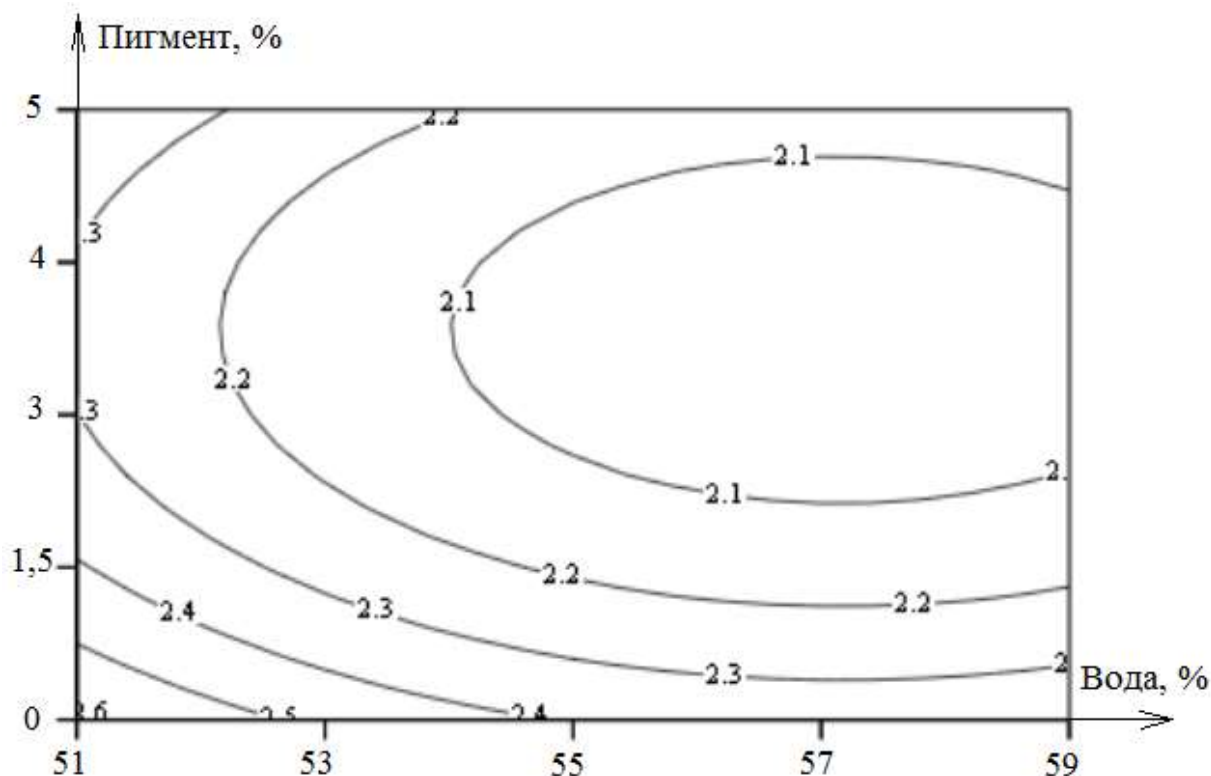
$$M(x;y)=846,67+80x+100y+140x^2-100y^2+15xy; FR=22,8$$

Рисунок 23 – Изолинии конца схватывания, сек



$$M(x;y)=2,07-0,25x-0,95y+0,24x^2+0,93y^2+0,085xy; FR=0,425$$

Рисунок 24 – Изолинии предела прочности на сжатие, МПа



$$M(x;y)=2,08-0,114x+0,1125y+0,105x^2+0,2y^2+0,00125xy; FR=7,66$$

Рисунок 25 – Изолинии предела прочности на изгиб, МПа

Вывод: изучая изолинии, расположенные выше, можно сделать вывод, что при увеличении процентного содержания воды время начала схватывания растет, при этом самые длительные сроки схватывания получились при содержании пигментов в интервале от 3 до 5 %. Время конца схватывания растет также при увеличении процентного содержания воды, однако при снижении содержания пигмента время конца схватывания уменьшается. Изучая изолинии пределов прочности можно сказать, что при максимальном содержании воды пределы прочности при изгибе и сжатии минимальны.

3.2.3 Исследование влияния перманганата калия

Таблица 17 – Нормальная густота

Содержание воды в пробе, %	Диаметр расплыва, см	
	Содержание пигмента 0,01 г	Содержание пигмента 0,03 г

51	18	18
----	----	----

Окончание таблицы 17

Содержание воды в пробе, %	Диаметр расплыва, см	
	Содержание пигмента 0,01 г	Содержание пигмента 0,03 г
55	25	30
59	31	34

Таблица 18 – Сроки схватывания

Содержание воды, %	Сроки схватывания, мин			
	Содержание пигмента 0,01 г		Содержание пигмента 0,03 г	
	начало	конец	начало	конец
51	16	22	15	25
55	12	15	14	22
59	15	20	16	21

Таблица 19 – Прочность при изгибе и сжатии

Содержание воды, %	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
	Содержание пигмента 0,01 г	Содержание пигмента 0,03 г	Содержание пигмента 0,01 г	Содержание пигмента 0,03 г
	51	2,505	2,6	2,45
55	2,22	2,6	2,44	2,54
59	2,13	2,505	2,32	2,45

Таблица 20 – План-матрица для перманганата калия

№	Вода		Пигмент	
	Код	Физ. значение, %	Код	Физ. значение, %
1	-1	51	-1	0
2	0	55	-1	0
3	1	59	-1	0

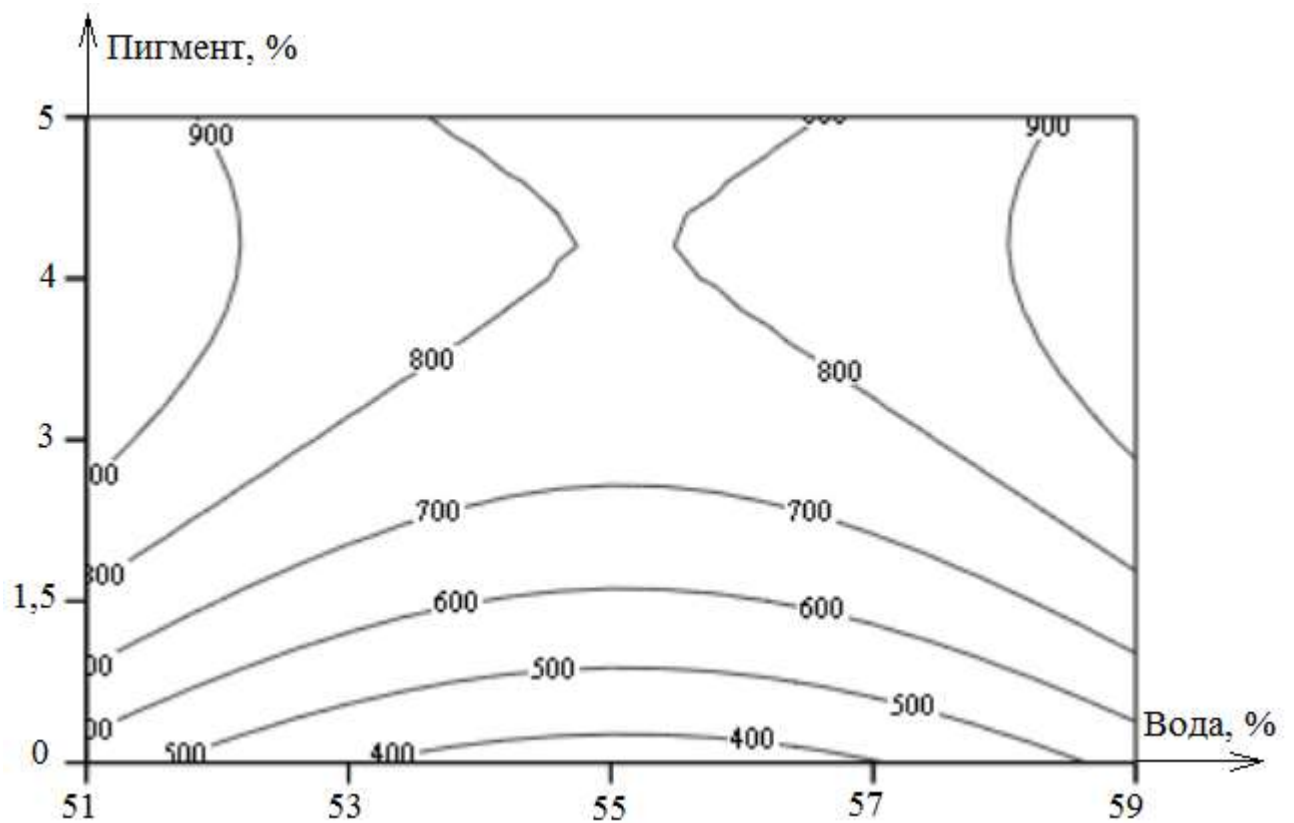
4	-1	51	0	0,1
---	----	----	---	-----

Окончание таблицы 20

№	Вода		Пигмент	
	Код	Физ. значение, %	Код	Физ. значение, %
5	0	55	0	0,1
6	1	59	0	0,1
7	-1	51	1	0,3
8	0	55	1	0,3
9	1	59	1	0,3

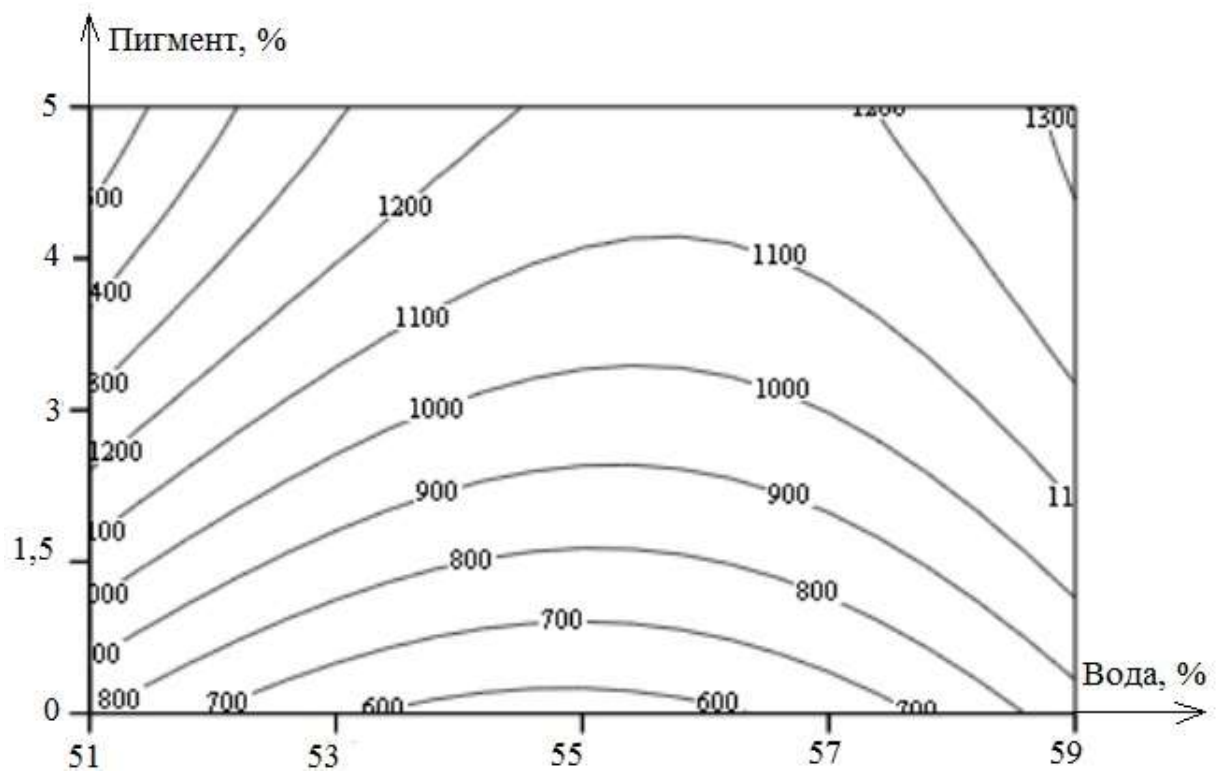
Таблица 21 – Реализация план-матрицы для перманганата калия

№	Начало, сек		Конец, сек		R _{сж} , МПа		R _{изг} , МПа	
1	530	550	830	850	4,46	5,0	2,5	2,88
2	290	310	470	490	3,5	3,74	2,3	2,33
3	590	610	890	910	4,0	4,02	2,28	2,5
4	950	970	1310	1330	2,3	2,6	2,5	2,51
5	710	730	890	910	2,4	2,48	2,2	2,24
6	890	910	1190	1210	2,24	2,4	2,1	2,16
7	890	910	1490	1510	2,5	2,58	2,55	2,65
8	830	850	1310	1330	2,5	2,58	2,55	2,65
9	950	970	1250	1270	2,3	2,6	2,5	2,51



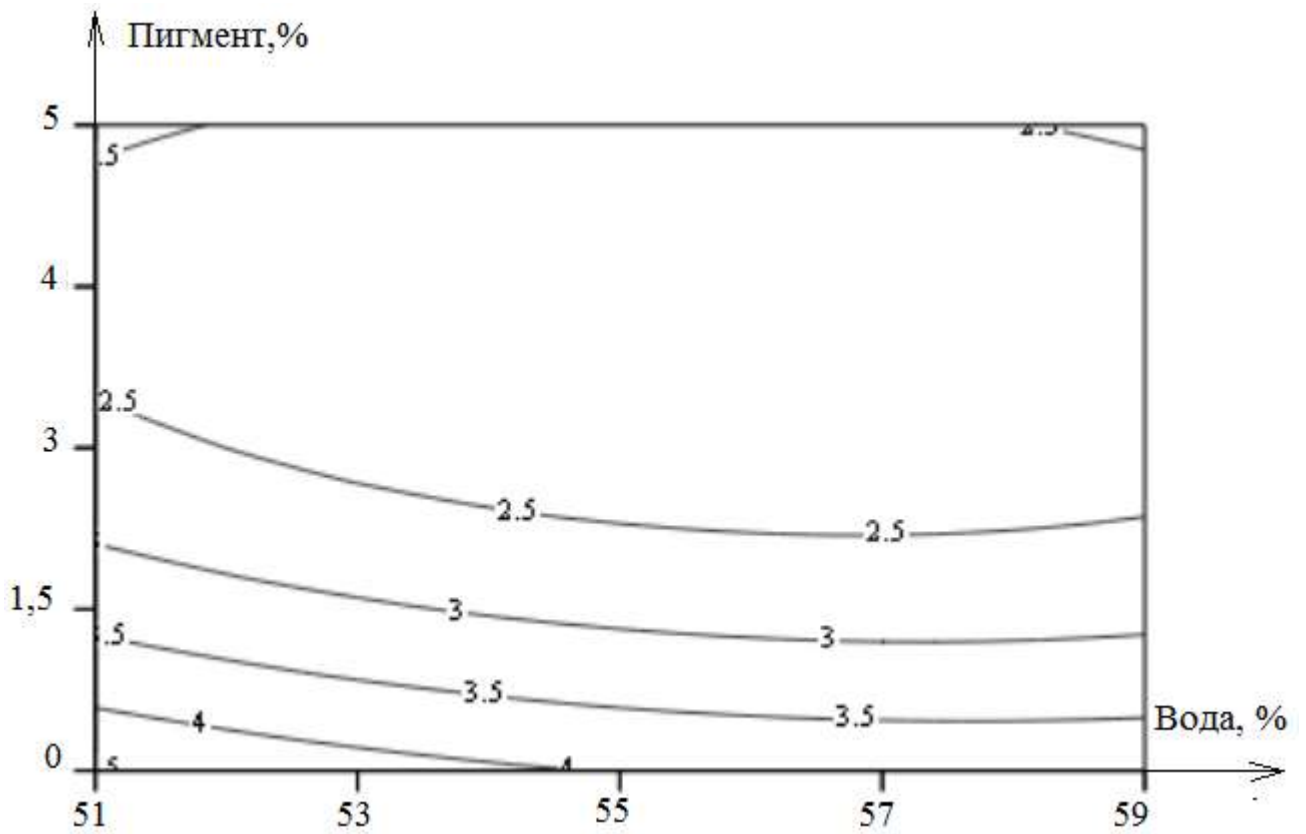
$$M(x;y)=733,3+10x+210y+190x^2-170y^2; FR=4,57$$

Рисунок 26 – Изолинии начала схватывания, сек



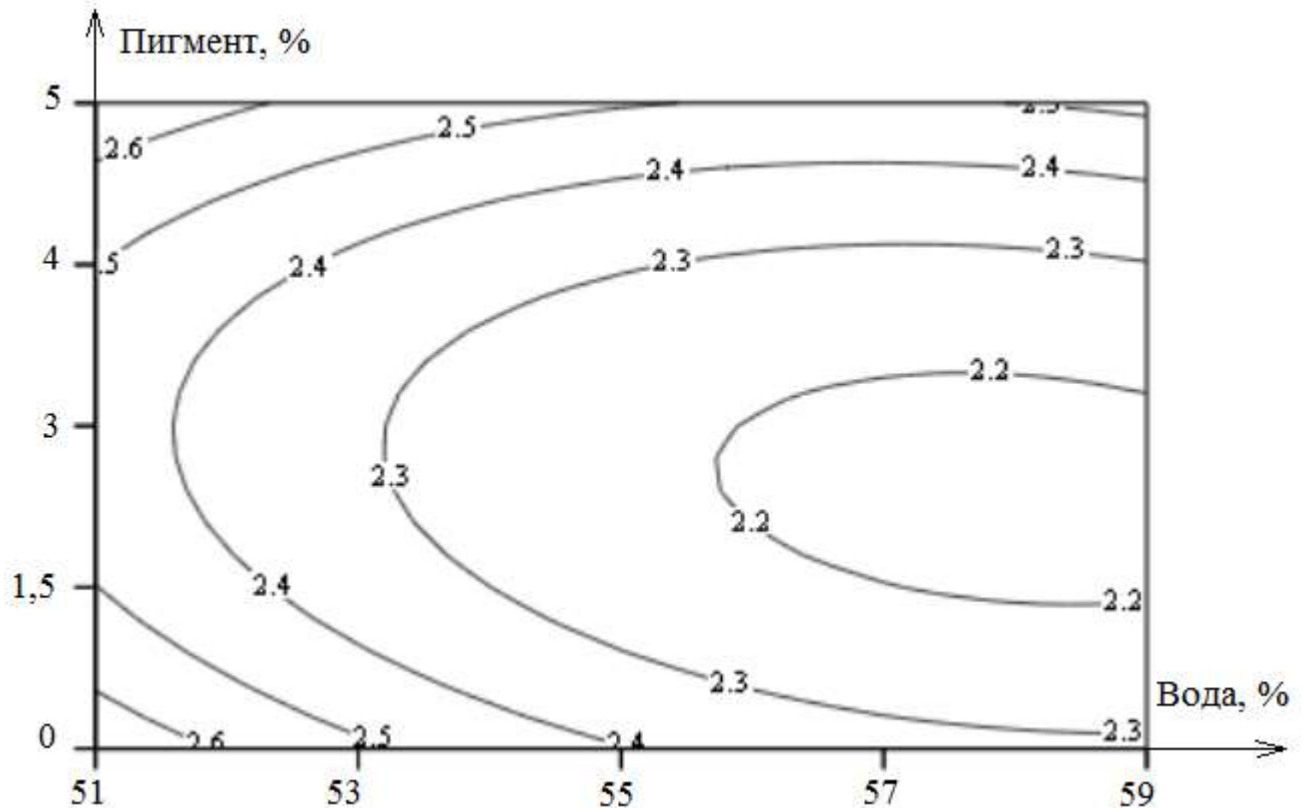
$$M(x;y)=960-50x+310y+270x^2-90y^2-75xy; FR=12,77$$

Рисунок 27 – Изолинии конца схватывания, сек



$$M(x;y)=2,25-0,156x-0,805y+0,216x^2+0,91y^2+0,1575xy; FR=0,41$$

Рисунок 28 – Изолинии предела прочности на сжатие, МПа



$$M(x;y)=2,22-0,128x+0,052y+0,092x^2+0,232y^2+0,05125xy; FR=0,105$$

Рисунок 29 – Изолинии предела прочности на изгиб, МПа

Вывод: перманганат калия полностью растворяется в воде, а входящие в его состав вещества создают кислую среду, которая по данным [84] приводит к формированию крупных кристаллов $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, что приводит к увеличению сроков схватывания и снижению прочностей. Это подтверждают полученные данные и изолинии.

3.2.4 Исследование влияния коричневого колер

Таблица 22 – Нормальная густота

Содержание воды в пробе, %	Диаметр расплыва, см	
	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%
51	18	17
55	26	22
59	29	27

Таблица 23 – Сроки схватывания

Содержание воды, %	Сроки схватывания, мин			
	Содержание пигмента 3%		Содержание пигмента 5%	
	начало	конец	начало	конец
51	12	16	10	16
55	16	20	11	18
59	15	19	12	20

Таблица 24 – Прочность при изгибе и сжатии

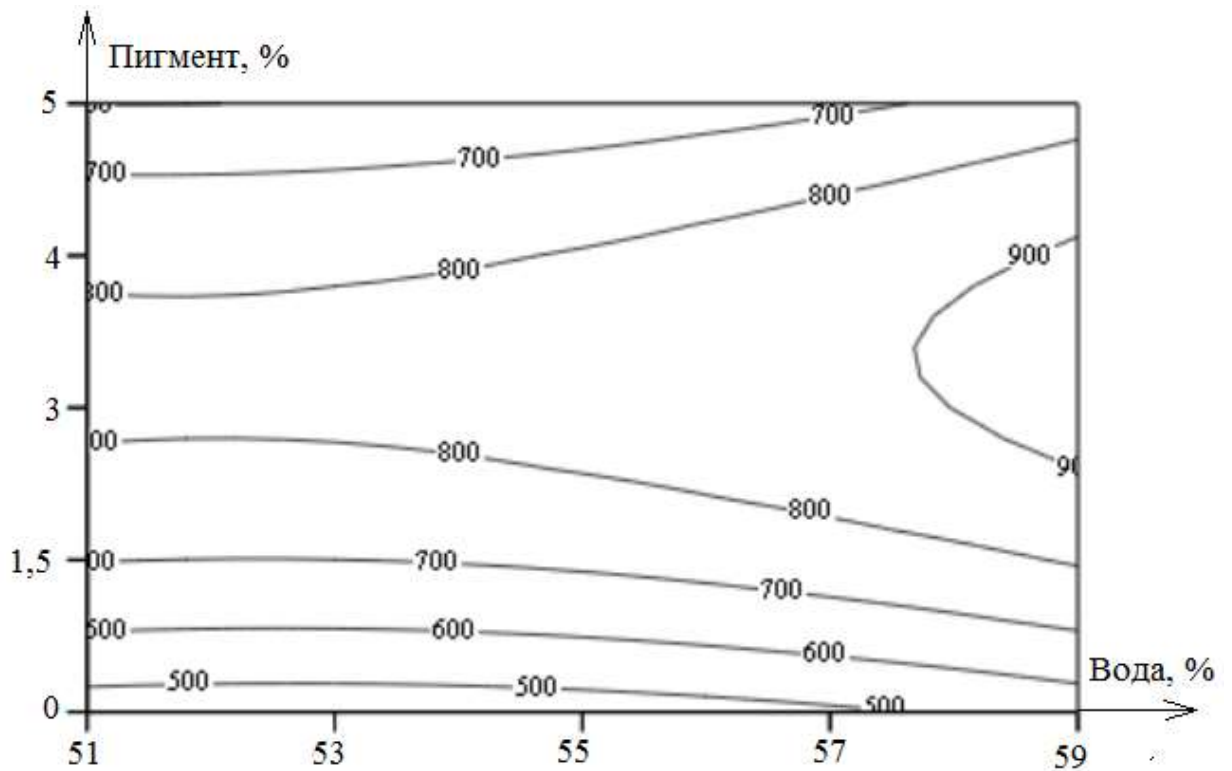
Содержание воды, %	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%
51	2,62	2,495	2,42	2,38

Окончание таблицы 24

Содержание воды, %	Предел прочности при изгибе, МПа		Предел прочности при сжатии, МПа	
	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%	Содержание пигмента 3%	Содержание пигмента 5%
	55	2,17	2,165	2,27
59	2,22	2,4	2,27	2,168

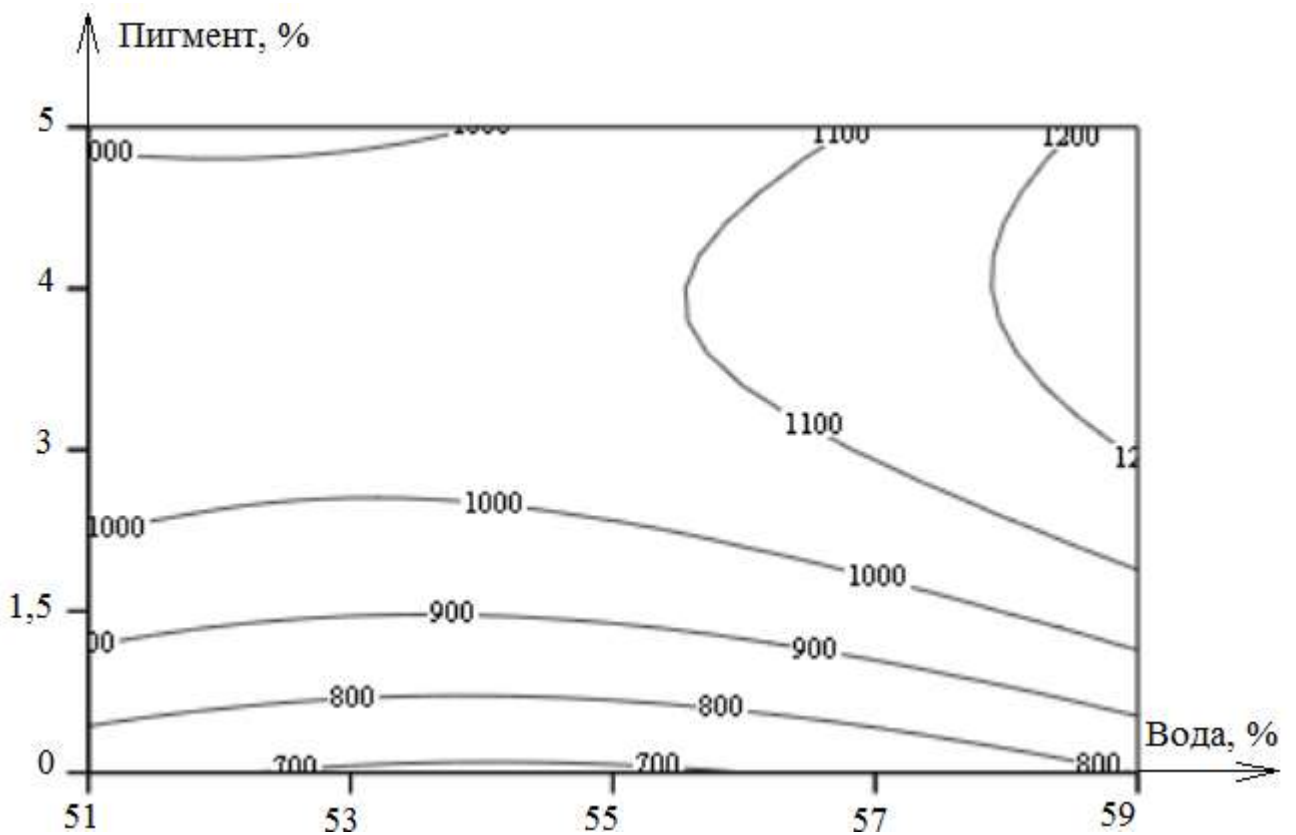
Таблица 25 – Результаты реализации план-матрицы для колера

№	Начало, сек		Конец, сек		R _{сж} , МПа		R _{изг} , МПа	
	1	530	550	830	850	4,46	5,0	2,5
2	290	310	470	490	3,5	3,74	2,3	2,33
3	590	610	890	910	4,0	4,02	2,28	2,5
4	710	730	950	970	2,34	2,5	2,6	2,64
5	950	970	1190	1210	2,2	2,34	2,1	2,24
6	890	910	1130	1150	2,2	2,34	2,2	2,24
7	590	610	950	970	2,36	2,4	2,39	2,6
8	650	670	1070	1090	2,2	2,5	2,13	2,2
9	710	730	1190	1210	2,11	2,226	2,3	2,5



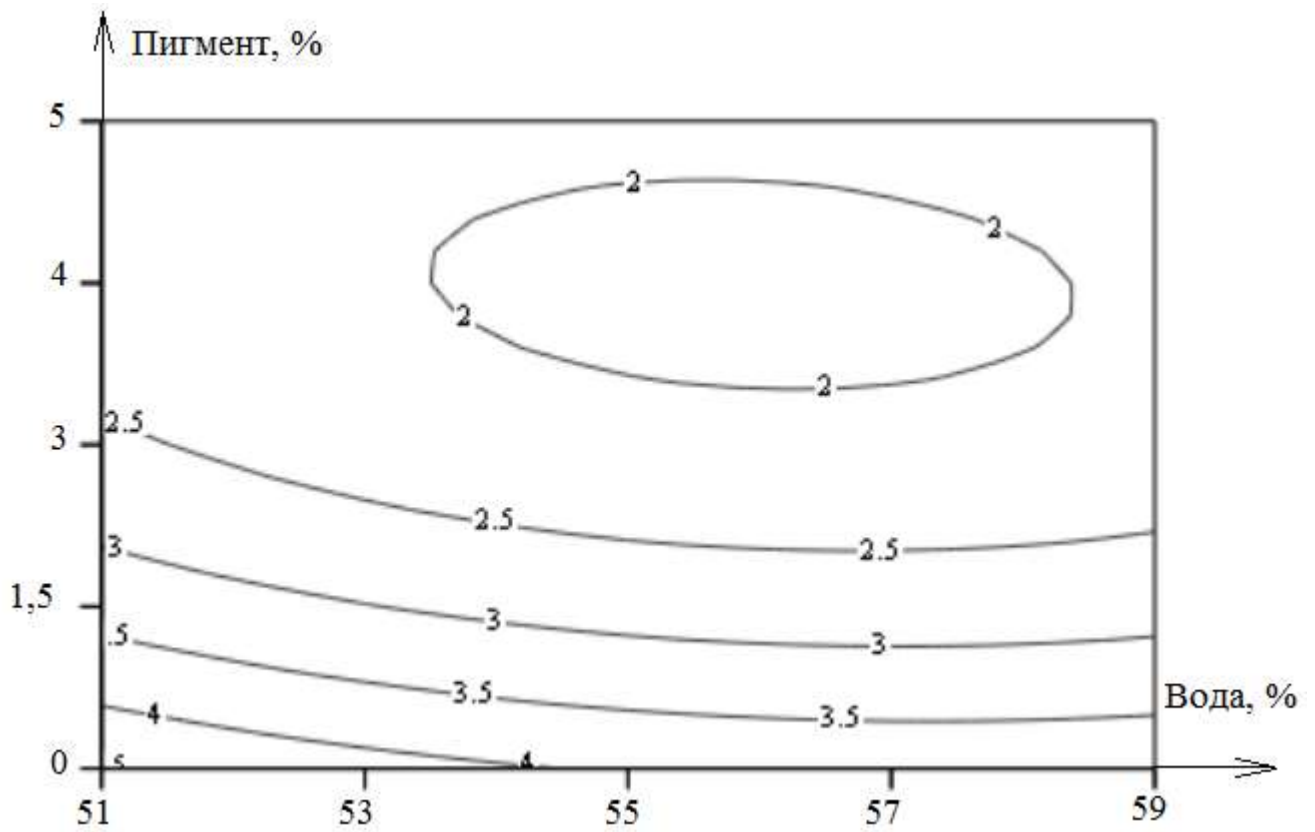
$$M(x;y)=833,34+60x+90y+40x^2-290y^2+15xy; FR=18,03$$

Рисунок 30 – Изолинии начала схватывания, сек



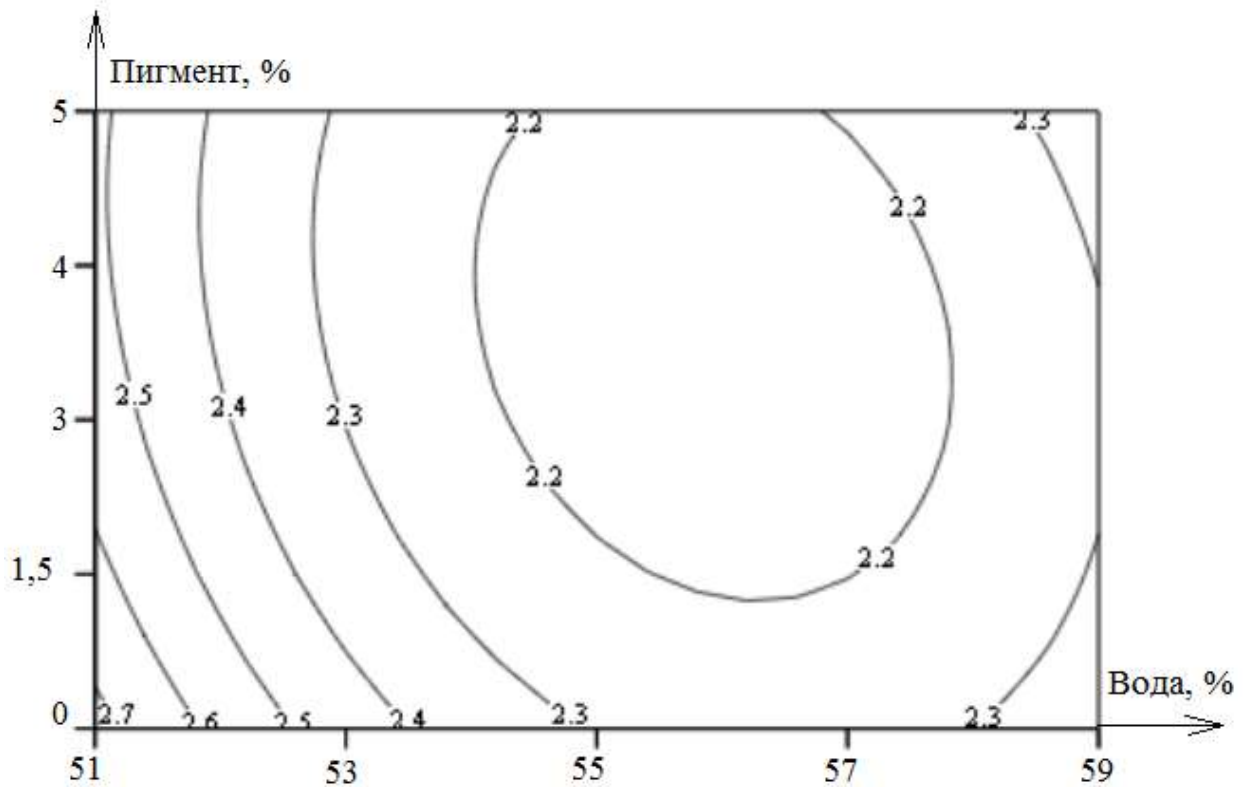
$$M(x;y)=1046,67+80x+170y+80x^2-190y^2+45xy; FR=29,68$$

Рисунок 31 – Изолинии конца схватывания, сек



$$M(x;y)=2,15-0,18x-0,91y+0,25x^2+0,89y^2+0,127xy; FR=0,415$$

Рисунок 32 – Изолинии предела прочности на сжатие, МПа



$$M(x;y)=2,168-0,1325x-0,056y+0,2525x^2+0,0725y^2+0,05125xy; FR=3,91$$

Рисунок 33 – Изолинии предела прочности на изгиб, МПа

Вывод: изучая изолинии, расположенные выше, можно сделать вывод, что при увеличении процента воды время начала схватывания растет, при этом самые длительные сроки схватывания получились при содержании пигментов в интервале от 3 до 5 %. Время конца схватывания растет также при увеличении процентного содержания воды, однако при снижении содержания пигмента время конца схватывания уменьшается. Изучая изолинии пределов прочностей можно сказать, что при максимальном содержании воды пределы прочностей минимальны.

3.3 Исследование свойств сухих строительных смесей на гипсовом вяжущем

Соответствуя требованиям ГОСТ 31376–2008 [4] 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 растворяемых смесей должно наступать с момента затворения водой не ранее: 45 мин – при производстве работ вручную; 90 мин – при механизированном производстве работ;
- подвижность штукатурных растворяемых смесей должна быть такой, чтобы при испытании по ГОСТ 31376 [4] 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;

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

Требования к затвердевшим штукатурным смесям:

– предел прочности на растяжение при изгибе затвердевших смесей должен быть не менее 1,0 МПа;

– предел прочности при сжатии затвердевших смесей должен быть не менее 2,0 МПа;

– прочность сцепления затвердевших смесей с основанием должна быть не менее 0,3 МПа;

– изготовитель по просьбе потребителя или, если необходимо, определяет среднюю плотность затвердевшей смеси.

3.3.1 Определение подвижности пластичных растворных смесей

Определяют диаметр расплыва образца растворной смеси на встряхивающем столике.

В качестве средств для испытаний используют:

- смеситель по ГОСТ 31356 [17];
- форма (кольцо Вика) высотой 40 мм, верхним диаметром 65 мм и нижним диаметром 75 мм, изготовленная из нержавеющей стали;
- чаша для приготовления смеси и лопатка для ручного перемешивания по ГОСТ 310.3 [18];
- встряхивающий столик по ГОСТ 310.4 [16];

- стеклянная пластинка диаметром 250 мм;
- линейка по ГОСТ 427 [20] длиной 250 мм с ценой деления 1 мм;
- весы по ГОСТ 24104 [13] с пределом допускаемой погрешности взвешивания ± 1 г;
- мерный цилиндр по ГОСТ 1770 [15] с ценой деления 1 мл;
- секундомер.

Воду в количестве, указанном в маркировке сухой смеси и необходимом для получения растворной смеси требуемой подвижности, выливают в чашу смесителя или чашу для ручного перемешивания, предварительно протертые влажной тканью. Смесь приготавливают в следующей последовательности:

- 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:

$$\frac{B}{T} = \frac{m_1}{m_2}, \quad (10)$$

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.

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.

3.3.1.1 Результаты испытаний штукатурки с песком

Во время испытания были проведены три опыта, каждый из которых отличался разным содержанием количества воды.

1 опыт: Для первого опыта использовалось 300 грамм гипсового вяжущего, 100 грамм песка и 200 грамм воды, таким образом, масса сухой навески равна $m_2 = 400$ г, масса воды, требуемой для определения подвижности – $m_1 = 200$ г. После выполнения всех необходимых операций диаметр расплыва стал равен 210 мм. Данный результат не соответствует норме, следовательно, необходимо уменьшить количество воды.

2 опыт: Для второго опыта использовалось 300 грамм гипсового вяжущего, 100 грамм песка и 160 грамм воды, таким образом, масса сухой навески равна $m_2 = 400$ г, масса воды, требуемой для определения подвижности – $m_1 = 160$ г.

После выполнения всех необходимых операций диаметр расплыва стал равен 160 мм. Данный результат соответствует норме, следовательно, необходимо определить водотвердое состояние:

$$\frac{B}{T} = \frac{160}{400} = 0,4$$

3 опыт: Для проверки результатов водотвердого отношения следует провести повторный опыт с тем же количеством материалов, как во втором опыте. Диаметр расплыва получился равным 163 мм.

$$\frac{B}{T} = \frac{160}{400} = 0,4$$

Таким образом, за окончательный результат принимаем диаметр равный:

$$d = \frac{160 + 163}{2} = 161,5 \text{ мм}$$

Так как пигментирующие добавки не забирают на себя воду, проводить исследование пластичности штукатурного раствора с песком и пигментами не обязательно.

3.3.1.2 Результаты испытаний штукатурки с вермикулитом

Во время испытания были проведены два опыта, каждый из которых отличался разным содержанием количества воды.

1 опыт: Для первого опыта использовалось 300 грамм гипсового вяжущего, 50 грамм песка и 250 грамм воды, таким образом, масса сухой навески равна $m_2 = 350$ г, масса воды, требуемой для определения подвижности – $m_1 = 250$ г. После выполнения всех необходимых операций диаметр расплыва стал равен 165 мм. Данный результат соответствует норме, следовательно, необходимо определить водотвердое состояние:

$$\frac{B}{T} = \frac{250}{350} = 0,7$$

2 опыт: Для проверки результатов водотвердого отношения следует провести повторный опыт с тем же количеством материалов, как во втором опыте. Диаметр расплыва получился равным 163 мм.

$$\frac{B}{T} = \frac{250}{350} = 0,7$$

Таким образом, за окончательный результат принимаем диаметр равный:

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

Так как пигментирующие добавки не забирают на себя воду, проводить исследование пластичности штукатурного раствора с вермикулитом и пигментами не обязательно.

3.3.2 Определение времени начала схватывания

Сущность метода заключается в определении глубины погружения в растворную смесь требуемой подвижности съемного конуса, установленного на приборе Вика.

Время начала схватывания характеризует продолжительность переработки растворной смеси, в течение, которого смесь следует использовать по назначению.

В качестве приборов для испытания должны быть использованы:

- смеситель по ГОСТ 31356 [17];
- чаша для приготовления растворной смеси и лопатка для ручного перемешивания по ГОСТ 310.3 [18];
- прибор Вика (рисунок 34), оборудованный съемным конусом, закрепленным на подвижном стержне (рисунок 36), и пластинкой-фиксатором (рисунок 35); масса съемного конуса с подвижным стержнем – $(100 \pm 0,5)$ г;

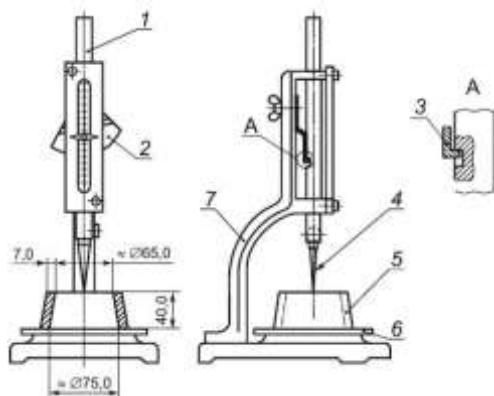


Рисунок 34 – Прибор Вика с съемным конусом, где 1 – подвижный стержень, 2 – пластинка фиксатор подвижного стержня, 3 – пружинная пластина, 4 – погружной съемный конус, 5 – кольцо Вика, 6 – стеклянная пластинка

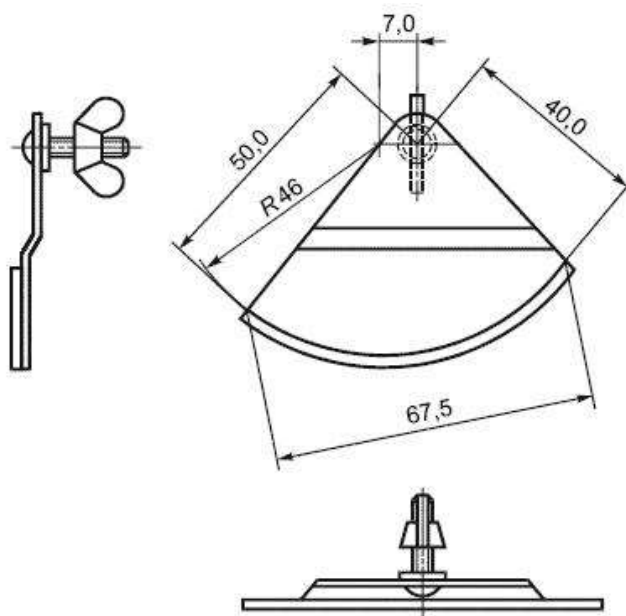


Рисунок 35 – Пластинка фиксатор подвижного стержня с конусом

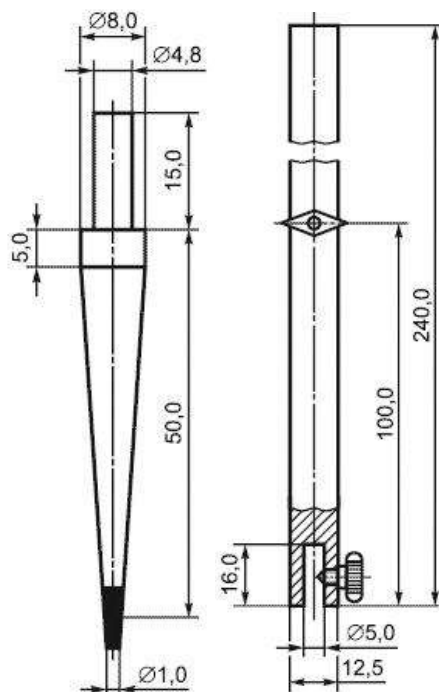


Рисунок 36 – Подвижная часть прибора Вика: а) Съемный стальной конус;
б) Подвижный алюминиевый стержень

- форма (кольцо Вика) высотой 40 мм, верхним диаметром 65 мм и нижним диаметром 75 мм, изготовленная из нержавеющей стали;
- стеклянная пластинка размером 150x150 мм;
- весы по ГОСТ 24104 [13] с пределом допускаемой погрешности взвешивания ± 1 г;
- мерный цилиндр по ГОСТ 1770 [15] с ценой деления 1 мл;
- секундомер.

Приготовленную растворную смесь переносят в форму, установленную на стеклянную пластинку. Для удаления воздуха из смеси форму с пластинкой встряхивают 4–5 раз, поднимая одну из сторон пластинки приблизительно на 10 мм и затем отпуская ее. Удаляют избыток смеси металлической линейкой вровень с краями формы и устанавливают стеклянную пластинку с формой на основание прибора Вика. Конус, закрепленный на подвижном стержне прибора Вика, устанавливают поворотом пластины-фиксатора так, чтобы острием он касался поверхности смеси, и фиксируют его в этом положении. Для погружения конуса в смесь освобождают подвижный стержень прибора Вика нажатием на пластинку-фиксатор. По шкале прибора определяют глубину погружения конуса. После каждого погружения конус очищают и высушивают, интервал между погружениями должен быть не более 2 мин. Расстояние между точками погружения конуса – не менее 12 мм.

За начало схватывания принимают время от момента затворения сухой смеси водой t_0 до момента, когда конус погружается в смесь на глубину (22 ± 2) мм, t_1 . Начало схватывания T , мин, определяют по формуле:

$$T = t_1 - t_0, \quad (11)$$

где t_1 – время, когда конус погружается в смесь на глубину (22 ± 2) мм, мин;
 t_0 – начало затворения сухой смеси водой, мин.

3.3.2.1 Определение времени начала схватывания для штукатурки с песком

При проведении испытаний было получено, что время затворения сухой смеси с водой равно $t_0 = 12:57$ минут, время, когда конус погрузился в смесь на глубину (22 ± 2) мм – $t_1 = 13:07$ минут. Таким образом, начало схватывание равно:

$$T = t_1 - t_0 = 13:07 - 12:57 = 10 \text{ минут.}$$

Так как, использовалась бездобавочная смесь, время начала схватывания не соответствует нормируемому времени. Из этого можно сделать вывод, что необходимо использование корректирующих добавок, увеличивающих время начала схватывания.

3.3.2.2 Определение времени начала схватывания для штукатурки с песком и пигментами

После проведения всех необходимых испытаний все результаты были сведены в таблицу 26.

Таблица 26 – Результаты испытаний по времени начала схватывания

Наименование пигмента	t_0 , мин	t_1 , мин	T, мин
Пережженный кирпич	12:54	13:08	14
Недожженный кирпич	13:38	13:44	6
Марганец	13:18	13:23	5
Колер	12:21	12:32	11

Изучив все полученные результаты, можно сделать вывод, что наилучшим результатом является штукатурка с добавлением пережженного кирпича, но при этом также необходимо использование корректирующих добавок, увеличивающих время начала схватывания.

3.3.2.3 Определение времени начала схватывания для штукатурки с вермикулитом

При проведении испытаний было получено, что время затворения сухой смеси с водой равно $t_0 = 12:39$ минут, время, когда конус погрузился в смесь на глубину (22 ± 2) мм – $t_1 = 12:57$ минут. Таким образом, начало схватывание равно:

$$T = t_1 - t_0 = 12:57 - 12:39 = 18 \text{ минут.}$$

Так как, использовалась бездобавочная смесь, время начала схватывания не соответствует нормируемому времени. Из этого можно сделать вывод, что необходимо использование корректирующих добавок, увеличивающих время начала схватывания.

3.3.2.4 Определение времени начала схватывания для штукатурки с вермикулитом и пигментами

После проведения всех необходимых испытаний все результаты были сведены в таблицу 27.

Таблица 27 – Результаты испытаний по срокам схватывания

Наименование пигмента	t_0 , мин	t_1 , мин	T, мин
Пережженный кирпич	13:14	13:34	20
Недожженный кирпич	14:43	14:52	9
Марганец	13:49	13:54	5
Колер	14:13	14:28	15

Изучив все полученные результаты, можно сделать вывод, что наилучшим результатом также является штукатурка с добавлением пережженного кирпича, но при этом также необходимо использование корректирующих добавок, увеличивающих время начала схватывания.

3.3.3 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 [21];
- прокладки размером 250x350 мм из марлевой ткани по ГОСТ 11109 [22];
- 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 [13] с диапазоном взвешивания не менее 500 г и пределом допускаемой погрешности взвешивания $\pm 0,1$ г;
- устройство для определения водоудерживающей способности растворной смеси (рисунок 37);

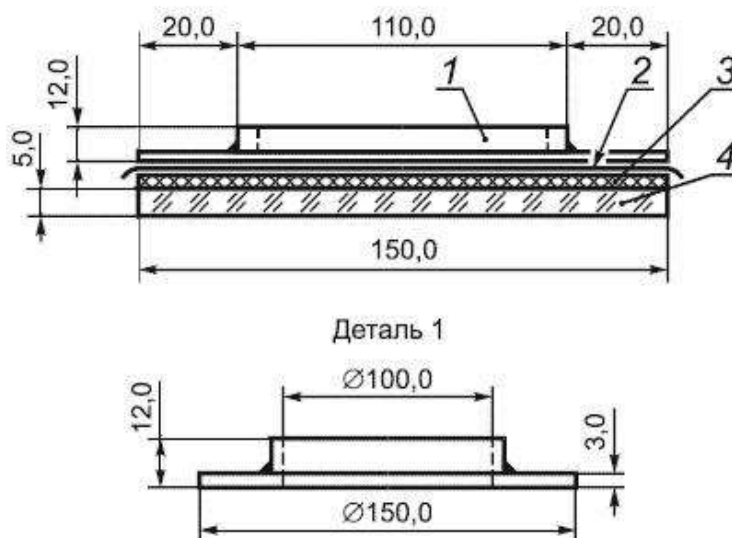


Рисунок 37 – Схема устройства для определения водоудерживающей способности, где 1 – кольцо со смесью, 2 – прокладка из марлевой ткани, 3 – десять листов бумаги, 4 – стеклянная пластинка

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 $m_в$, г, определяют по формуле:

$$m_в = m_c \frac{B}{T}, \quad (12)$$

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

$$m_c = m_2 - m_1, \quad (13)$$

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

Потерю воды смесью $m_{ном}$, % массы, определяют по формуле:

$$m_{ном} = \frac{m_{вб}}{m_в} 100, \quad (14)$$

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

$$m_{вб} = m_3 - m, \quad (15)$$

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

Водоудерживающую способность смеси B , %, определяют по формуле:

$$B = 100 - m_{ном}. \quad (16)$$

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний двух проб.

3.3.3.1 Результаты испытаний для штукатурки с песком

В результате проведенных испытаний, получили следующие результаты: масса бумаги до испытаний $m = 10,7$ г, масса устройства без растворной смеси $m_1 = 946$ г, масса устройства с растворной смесью $m_2 = 1274$ г, масса бумаги после испытаний $m_3 = 18$ г, водотвердое отношение мы берем из расчетов в пункте 3.3.1.1 $\frac{B}{T} = 0,4$.

Проведем необходимые расчеты:

$$m_c = 1274 - 946 = 328 \text{ г}$$

$$m_b = 328 \cdot 0,4 = 131,2 \text{ г}$$

$$m_{бб} = 18 - 10,7 = 7,3 \text{ г}$$

$$m_{ном} = \frac{7,3}{160} \cdot 100 = 4,56 \%$$

$$B = 100 - 4,56 = 95,44 \%$$

3.3.3.2 Результаты испытаний штукатурки с песком и пигментами

Для удобства анализа данных, получившихся в результате испытаний, составим сводную таблицу 28.

Таблица 28 – Результаты испытаний

Наименование пигмента	m, г	m ₁ , г	m ₂ , г	m ₃ , г
Пережженный кирпич	10,7	773	935	15
Недожженный кирпич	10,7	773	927	14
Марганец	10,7	773	935	16
Колер	10,7	773	929	14

Используя формулы, приведенные в пункте 3.3.3 получаем следующие данные, приведенные в таблице 29.

Таблица 29 – Результаты расчетов

Наименование пигмента	m _c , г	m _в , г	m _{вб} , г	m _{пот} , %	B, %
Пережженный кирпич	162	64,8	4,3	2,7	97,3

Недожженный кирпич	154	61,6	3,3	2,06	97,94
Марганец	162	64,8	5,3	3,3	96,7
Колер	156	62,4	3,3	2,06	97,94

3.3.3.3 Результаты испытаний штукатурки с вермикулитом

В результате проведённых испытаний, получили следующие результаты: масса бумаги до испытаний $m = 10,7$ г, масса устройства без растворной смеси $m_1 = 769$ г, масса устройства с растворной смесью $m_2 = 883$ г, масса бумаги после испытаний $m_3 = 15$ г, водотвердое отношение мы берем из расчетов в пункте

$$3.3.1.2 \frac{B}{T} = 0,7.$$

Проведем необходимые расчеты:

$$m_c = 883 - 769 = 114 \text{ г}$$

$$m_g = 114 \cdot 0,7 = 79,8 \text{ г}$$

$$m_{гб} = 15 - 10,7 = 4,3 \text{ г}$$

$$m_{ном} = \frac{4,3}{250} \cdot 100 = 1,72 \%$$

$$B = 100 - 1,72 = 98,28 \%$$

3.3.3.4 Результаты испытаний штукатурки с вермикулитом и пигментами

Для удобства анализа данных, получившихся в результате испытаний, составим сводную таблицу 30.

Таблица 30 – Результаты испытаний

Наименование пигмента	m, г	m ₁ , г	m ₂ , г	m ₃ , г
Пережженный кирпич	10,7	768	872	13
Недожженный кирпич	10,7	768	869	14
Марганец	10,7	769	861	12
Колер	10,7	769	885	11

Используя формулы, приведенные в пункте 3.3.3 получаем следующие данные, приведенные в таблице 31.

Таблица 31 – Результаты расчетов

Наименование пигмента	m_c , гр.	m_b , гр.	$m_{вб}$, гр.	$m_{пот}$, %	B ,%
Пережженный кирпич	104	72,8	2,3	0,92	99,08
Недожженный кирпич	101	70,7	3,3	1,32	98,68
Марганец	92	64,4	1,3	0,52	99,48
Колер	116	81,2	0,3	0,12	99,88

3.3.4 Определение прочности сцепления с основанием (адгезии)

Сущность метода заключается в определении предельного сопротивления отрыву затвердевшего раствора от основания.

В качестве средств для испытаний используем:

– основание – бетонная плита по ГОСТ 31356 [17]. При определении прочности сцепления в качестве основания (например, по просьбе потребителя) могут быть использованы другие виды материалов (кирпич, природный камень, гипсовые плиты и др.) в зависимости от области применения сухой смеси при условии выполнения требований настоящего стандарта. Метод с применением в качестве основания бетонной плиты является основным (арбитражным);

– трафарет из нержавеющей стали толщиной 5 мм с квадратными отверстиями размером 50x50 мм или круглыми отверстиями диаметром 50 мм. 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 50x50 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 38);

– 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) %;

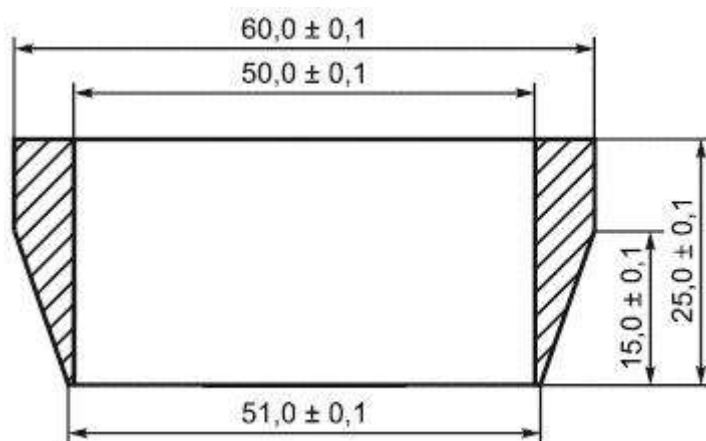


Рисунок 38 – Усеченное коническое кольцо

– пресс с устройством для захвата приспособления для отрыва образца или другое средство испытания с индикатором с погрешностью измерения ± 5 % максимальной нагрузки.

Образцы для испытания изготавливают в форме цилиндров диаметром 50 мм или призм с поперечным сечением в форме квадрата размером 50x50 мм. Толщина образцов должна быть не более 10 мм. На основание устанавливают трафарет, на который наносят растворную смесь. Смесь заглаживают металлическим шпателем. По истечении времени, когда боковые стенки образцов сохраняют вертикальное положение, трафарет снимают. Образцы цилиндрической формы могут быть изготовлены без использования трафарета. Для изготовления образцов смесь, готовую к применению, наносят на основание слоем толщиной, рекомендованной предприятием-изготовителем, но не более 10 мм, и разглаживают. В период структурообразования (до начала схватывания) в слой смеси, вращая, вдавливают до основания усеченные конические кольца (см. рисунок 4). Затем, продолжая вращение, кольца осторожно удаляют. Если в процессе изготовления образца происходит нарушение формы образца или его сцепления с основанием, образец бракуют и изготавливают новый. Расстояние между кольцами, а также между кольцами и краями основания должно быть не менее 50 мм. Число образцов для испытания должно быть не менее пяти. К затвердевшим образцам приклеивают металлические пластинки с приспособлением для отрыва образцов и продолжают хранение образцов в камере при температуре (20 ± 2) °C и относительной влажности (60 ± 10) % в течение 24 ч. При приклеивании необходимо следить, чтобы пластинки располагались строго по центру поверхности образцов, а клей не растекался по боковым поверхностям образцов.

Отмечают характер отрыва образцов. При испытании возможны четыре варианта отрыва образцов (см. рисунки 39...42): 1 – отрыв по контактной зоне основание – затвердевший раствор (рисунок 39). Результат испытания соответствует предельному сопротивлению отрыву; 2 – отрыв по затвердевшему раствору (рисунок 40). Прочность сцепления превышает полученное при испытании значение; 3 – отрыв по основанию (рисунок 41). Прочность сцепления превышает полученное при испытании значение; 4 – отрыв по клею

(рисунок 42). Испытание следует повторить, так как, вероятно, допущены ошибки при приклеивании металлической пластинки или неправильно выбран клей.

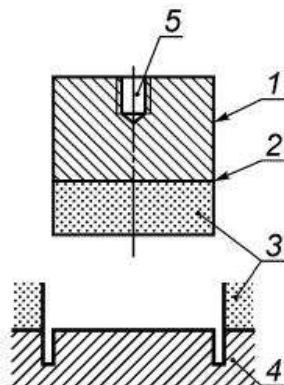


Рисунок 39 – Разрушение по примеру 1-го варианта

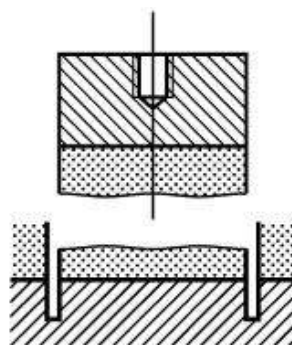


Рисунок 40 – Разрушение по примеру 2-го варианта

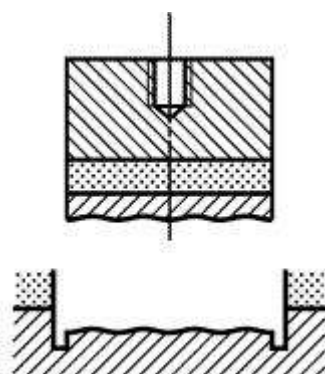


Рисунок 41 – Разрушение по примеру 3-го варианта

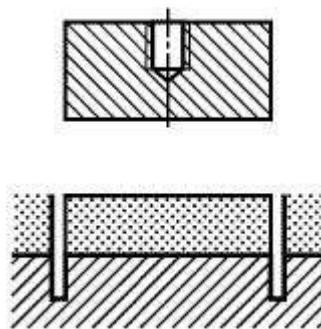


Рисунок 42 – Разрушение по примеру 4-го варианта

Прочность сцепления (адгезию) образца с основанием определяют, как максимальную силу, приложенную перпендикулярно к поверхности образца, при которой происходит, отрыв образца от основания.

Прочность сцепления с основанием (адгезию) при испытании одного образца A_i , МПа, определяют по формуле:

$$A_i = \frac{F}{S}, \quad (17)$$

где F – максимальная сила отрыва образца от основания, Н; S – площадь контакта поверхности образца с основанием, мм².

Каждое единичное значение прочности сцепления округляют до 0,1 МПа.

За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний всех образцов A , МПа, рассчитанное по формуле:

$$A = (A_1 + \dots + A_n) / n \quad (18)$$

Среднеарифметическое значение округляют до 0,1 МПа.

3.3.4.1 Результаты испытаний штукатурки с песком

В нашей работе были проведены испытания на двух поверхностях: гладкой – бетонная плита, пористая – кирпич. После проведения испытаний получили: разрушение прошло на границе между слоем затвердевшего раствора и основанием, соответственно результат соответствует прочности сцепления. 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 $R_{гд} = 0,37$ МПа, прочность сцепления с пористым основанием $R_{пор} = 0,15$ МПа. Проанализировав результаты, можно сделать вывод, что прочность сцепления с пористым основанием не соответствует норме, в отличие от прочности сцепления с гладким основанием.

3.3.4.2 Результаты испытаний штукатурки с песком и пигментами

Для удобства восприятия информации все данные были сведены в общую таблицу 32.

Таблица 32 – Результаты испытаний на адгезию

Наименование пигмента	$R_{гд}$, МПа	$R_{пор}$, МПа
Пережженный кирпич	0,41	0,2
Недожженный кирпич	0,31	0,14
Марганец	0,38	0,18
Колер	0,35	0,12

3.3.4.3 Результаты испытаний штукатурки с вермикулитом

После проведения испытаний получили: разрушение прошло по слою затвердевшего раствора, соответственно 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 $R_{гд} \geq 0,29$ МПа, прочность сцепления с пористым основанием не менее $R_{пор} \geq 0,1$ МПа. Проанализировав результаты, можно сделать вывод, что прочность сцепления с пористым основанием не соответствует норме, в отличие от прочности сцепления с гладким основанием.

3.3.4.4 Результаты испытаний штукатурки с вермикулитом и пигментами

Для удобства восприятия информации все данные были сведены в общую таблицу 33.

Таблица 33 – Результаты испытаний на адгезию

Наименование пигмента	$R_{гль}$, МПа	$R_{пор}$, МПа
Пережженный кирпич	$\geq 0,31$	$\geq 0,18$
Недожженный кирпич	$\geq 0,28$	$\geq 0,14$
Марганец	$\geq 0,29$	$\geq 0,17$
Колер	$\geq 0,27$	$\geq 0,13$

3.3.5 Определение предела прочности на растяжение при изгибе и при сжатии

Определяют прочность на растяжение при изгибе и при сжатии образцов-балочек размерами 160x40x40 мм, изготовленных из растворной смеси требуемой подвижности.

Для испытания необходимы следующие инструменты:

- смеситель по ГОСТ 31356 [17];
- чаша для приготовления смеси и лопатка для ручного перемешивания по ГОСТ 310.3 [18];
- разъемная форма для изготовления образцов-балочек 160x40x40 мм по ГОСТ 310.4 [16];
- сушильный шкаф, обеспечивающий температуру (45 ± 3) °С;
- пластинки для передачи нагрузки на половинки образцов-балочек по ГОСТ 310.4 [16];
- линейка по ГОСТ 427 [20];
- мерный цилиндр по ГОСТ 1770 [15] вместимостью 1 л с ценой деления не более 1 мл;
- весы по ГОСТ 24104 [13] 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 [16];
- машина для определения прочности при сжатии с предельной нагрузкой 10...20 тс по ГОСТ 28840 [23];
- 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 шкафу до 15...20 °С. Массу образцов считают постоянной, если разность между результатами двух последовательных взвешиваний будет менее 0,1 г.

Для определения предела прочности на растяжение при изгибе 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 $(100\pm 0,152)$ мм. Скорость нарастания нагрузки – (50 ± 10) Н/с.

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

$$R_{изг} = 0,0235F, \quad (19)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов испытаний трех образцов, вычисленное с точностью $\pm 0,05$ 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:

$$R_{сж} = \frac{F}{S}, \quad (20)$$

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 $\pm 0,1$ МПа.

3.3.5.1 Результаты испытаний штукатурки с песком

Проведя все необходимые испытания на определение предела прочности на изгиб были получены следующие результаты: 1 образец – 2,31 МПа, 2 образец – 2,29 МПа, 3 образец – 2,06 МПа. Так как, для проведения испытания был использован прибор для измерения предела прочности при изгибе в МПа, следовательно, никаких дополнительных расчетов не требуется. Окончательным результатом является:

$$R_{изг} = \frac{2,31+2,29+2,06}{3} = 2,3 \text{ МПа}$$

При испытаниях на сжатие получено: 1 образец – 8,9 кН, 2 образец – 8,5 кН, 3 образец – 9,7 кН, 4 образец – 9,9 кН, 5 образец – 9,3 кН, 6 образец – 8,4 кН. Для дальнейших расчетов мы исключаем максимальное и минимальное значения. Таким образом, среднеарифметическое значение получается равным 9,1 кН. Окончательным результатом является:

$$R_{сж} = \frac{10 \cdot 9,1}{25} = 3,64 \text{ МПа}$$

3.3.5.2 Результаты испытаний штукатурки с песком и пигментами

Все проведенные расчеты и результаты сведены в общую таблицу 34.

Таблица 34 – Результаты испытаний на предел прочности

Наименование пигмента	R _{изг} , МПа	R _{сж} , МПа
Пережженный кирпич	2,39	3,4
Недожженный кирпич	2,2	3,1
Марганец	2,26	3,36
Колер	2,21	3,3

3.3.5.3 Результаты испытаний штукатурки с вермикулитом

Проведя все необходимые испытания на определение предела прочности на изгиб были получены следующие результаты: 1 образец – 0,95 МПа, 2 образец – 1,102 МПа, 3 образец – 0,97 МПа. Так как, для проведения испытания был использован прибор для измерения предела прочности при изгибе в МПа, следовательно, никаких дополнительных расчетов не требуется. Окончательным результатом является:

$$R_{изг} = \frac{0,95+0,97+1,102}{3} = 1 \text{ МПа}$$

При испытаниях на сжатие получено: 1 образец – 5,2 кН, 2 образец – 2,8 кН, 3 образец – 3,3 кН, 4 образец – 3,0 кН, 5 образец – 3,1кН, 6 образец – 3,1 кН. Для

дальнейших расчетов мы исключаем максимальное и минимальное значения. Таким образом, среднеарифметическое значение получается равным 3,125 кН. Окончательным результатом является:

$$R_{сж} = \frac{10 \cdot 3,125}{25} = 3,25 \text{ МПа}$$

3.3.5.4 Результаты испытаний штукатурки с вермикулитом и пигментами

Все проведенные расчеты и результаты сведены в общую таблицу 35.

Таблица 35 – Результаты испытаний на предел прочности

Наименование пигмента	R _{изг} , МПа	R _{сж} , МПа
Пережженный кирпич	1,5	3,34
Недожженный кирпич	1,1	3,1
Марганец	1,0	3,17
Колер	1,105	3,12



Рисунок 43 – Начало схватывания, мин

Вывод: вермикулит имеет слоистую структуру, что влияет на сроки схватывания. Часть воды, которая должна участвовать в структурообразовании гипсового камня, остается в слоях вермикулита, поэтому время начала схватывания у штукатурки с вермикулитом выше, чем с песком. Тем не менее, полученные результаты не соответствуют требованиям ГОСТ 31376–2008 [4], следовательно, необходимо введение корректирующих добавок, увеличивающих сроки схватывания.

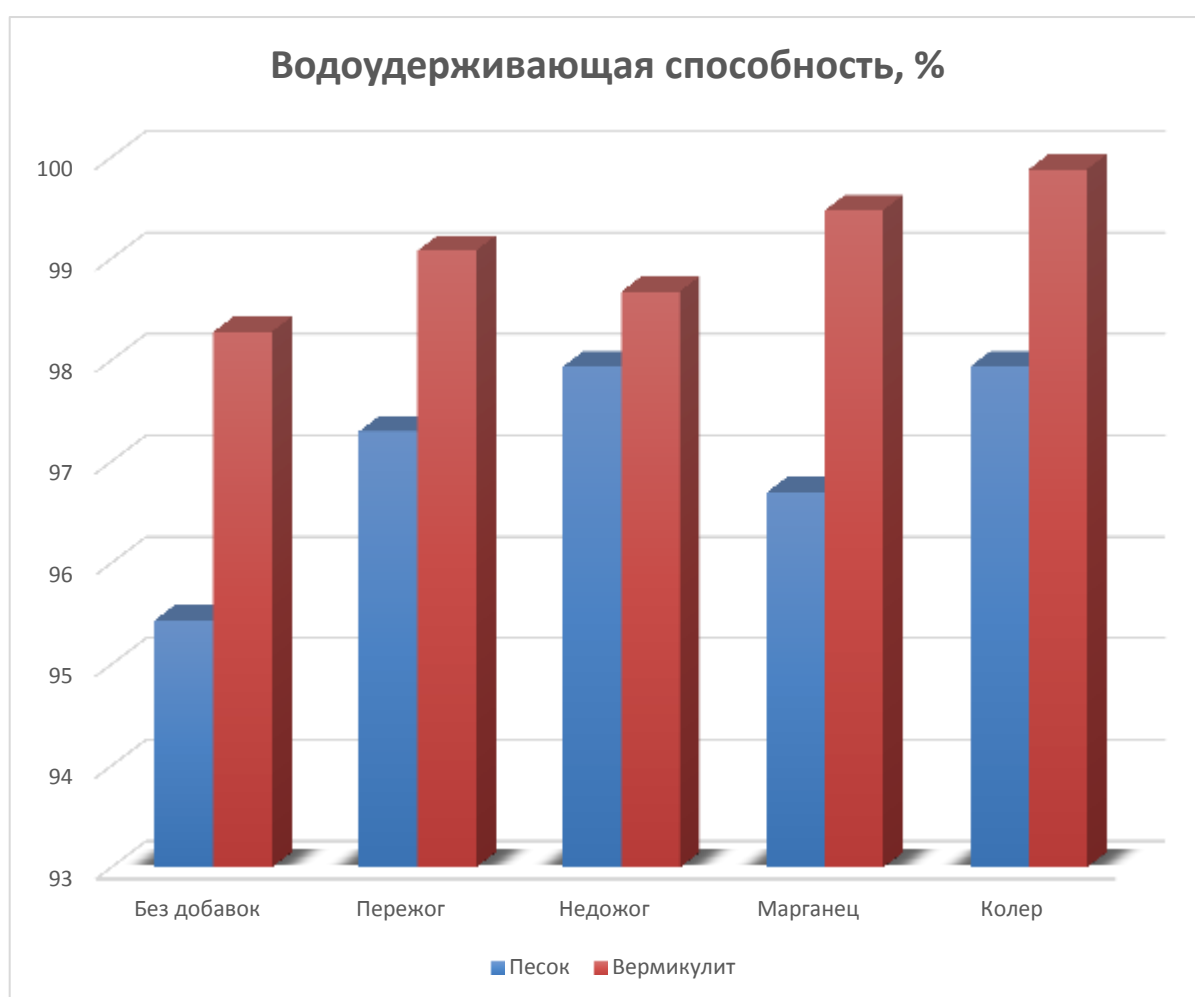


Рисунок 44 – Водоудерживающая способность, %

Вывод: благодаря слоистой структуре вермикулита, он впитывает в себя воду и удерживает ее достаточно долго. Таким образом, видно, что водоудерживающая способность составов на вермикулитовом заполнителе во

всех случаях, в отличие от составов на песке, соответствует требованиям ГОСТ 31376–2008 [4].

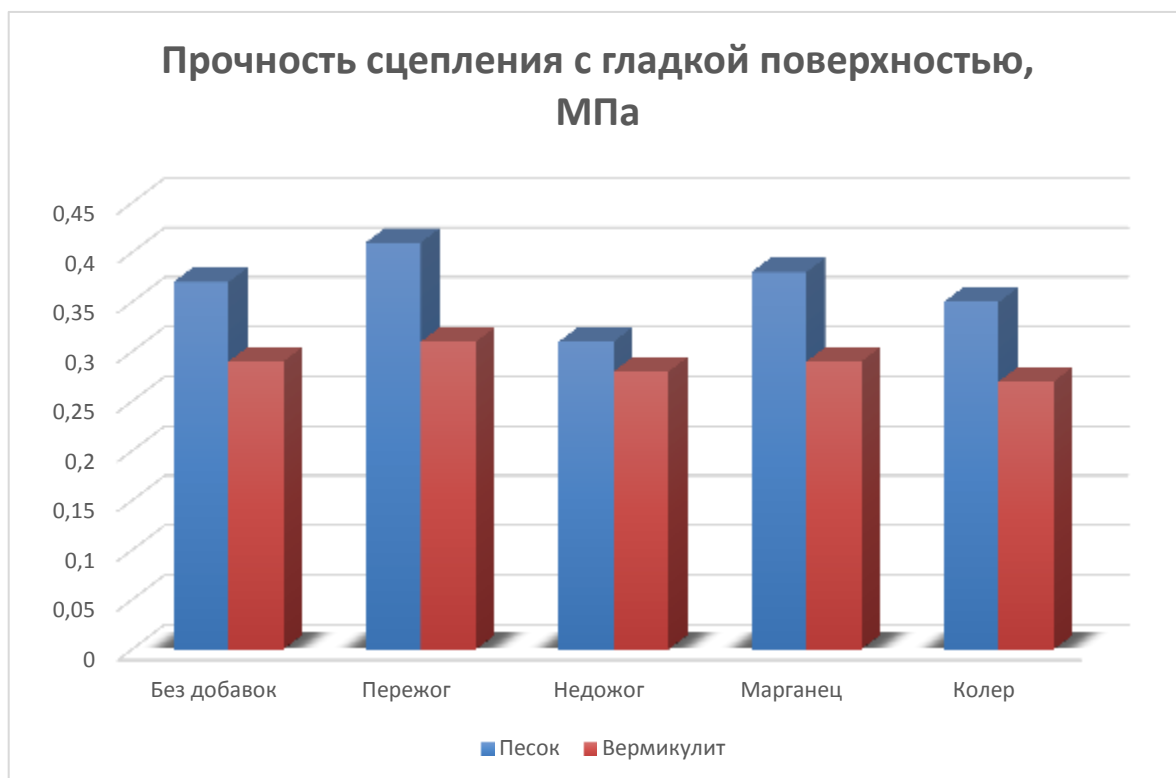


Рисунок 45 – Адгезия, МПа

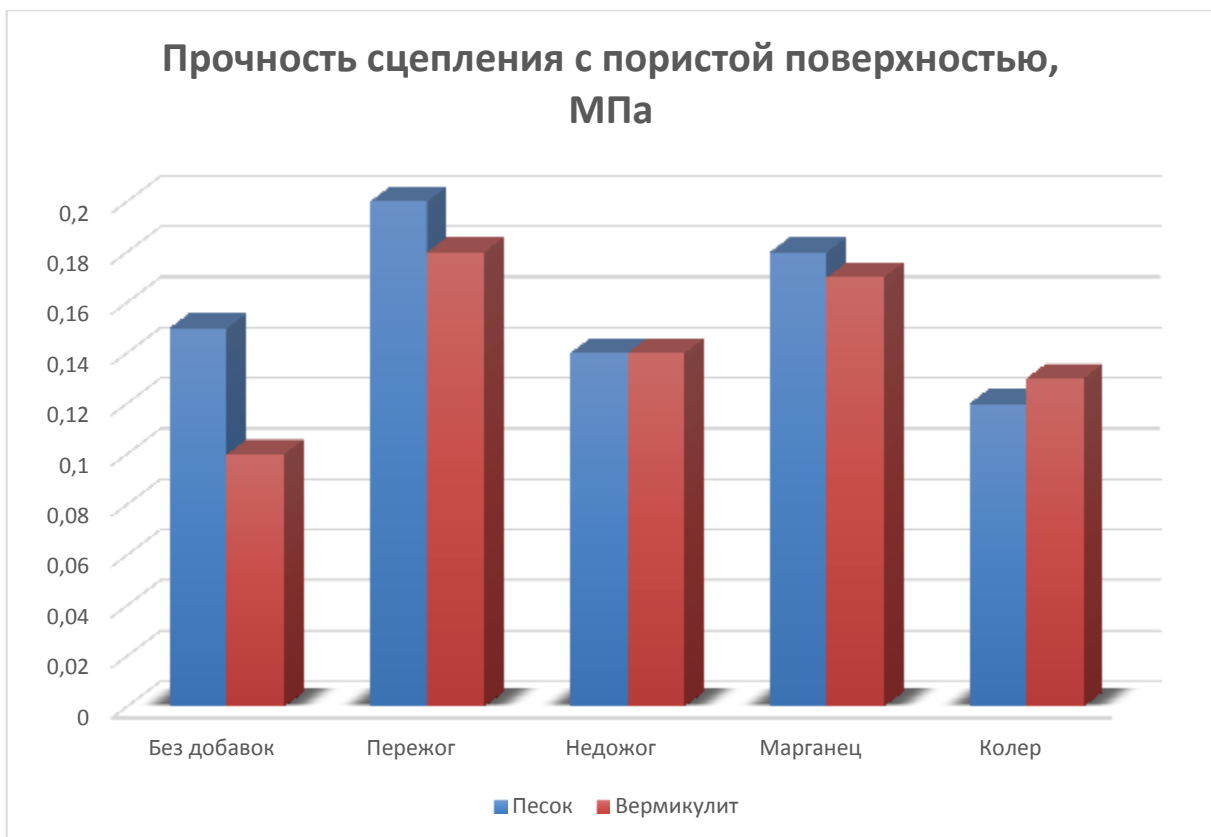


Рисунок 46 – Адгезия, МПа

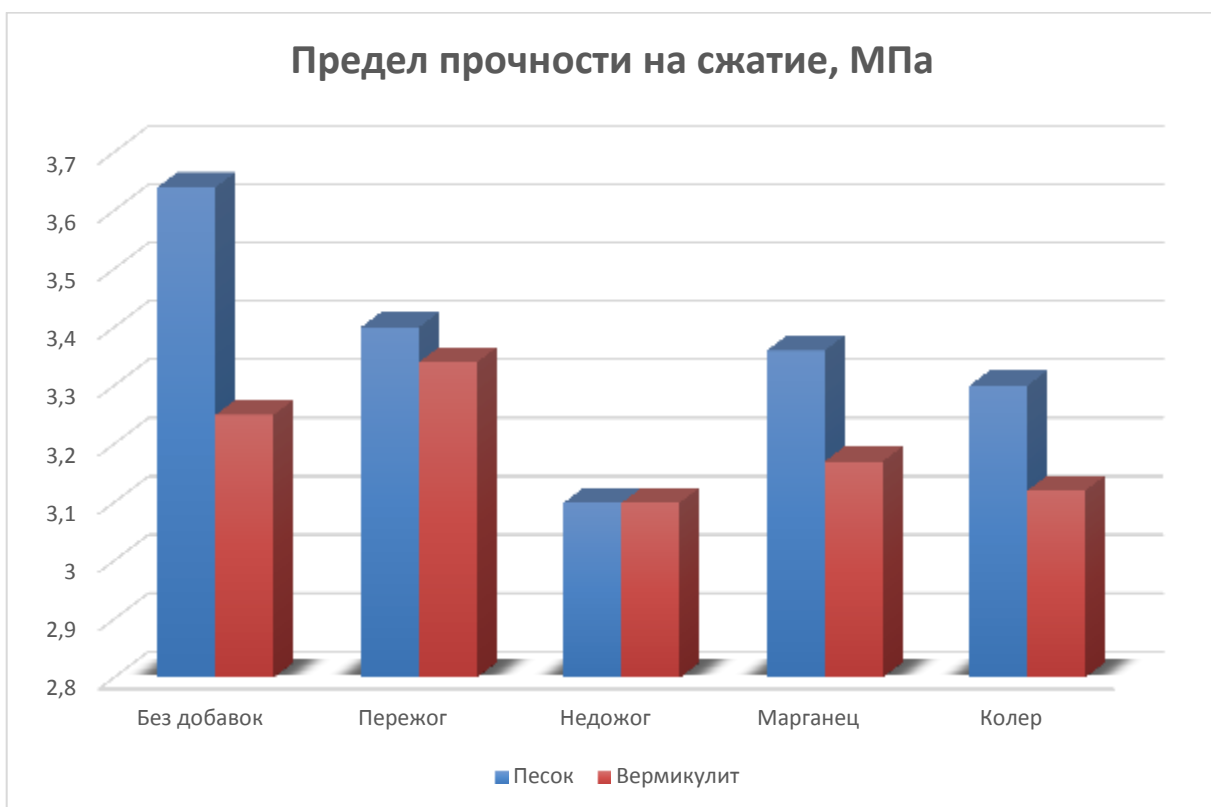


Рисунок 47 – Предел прочности на сжатие, МПа

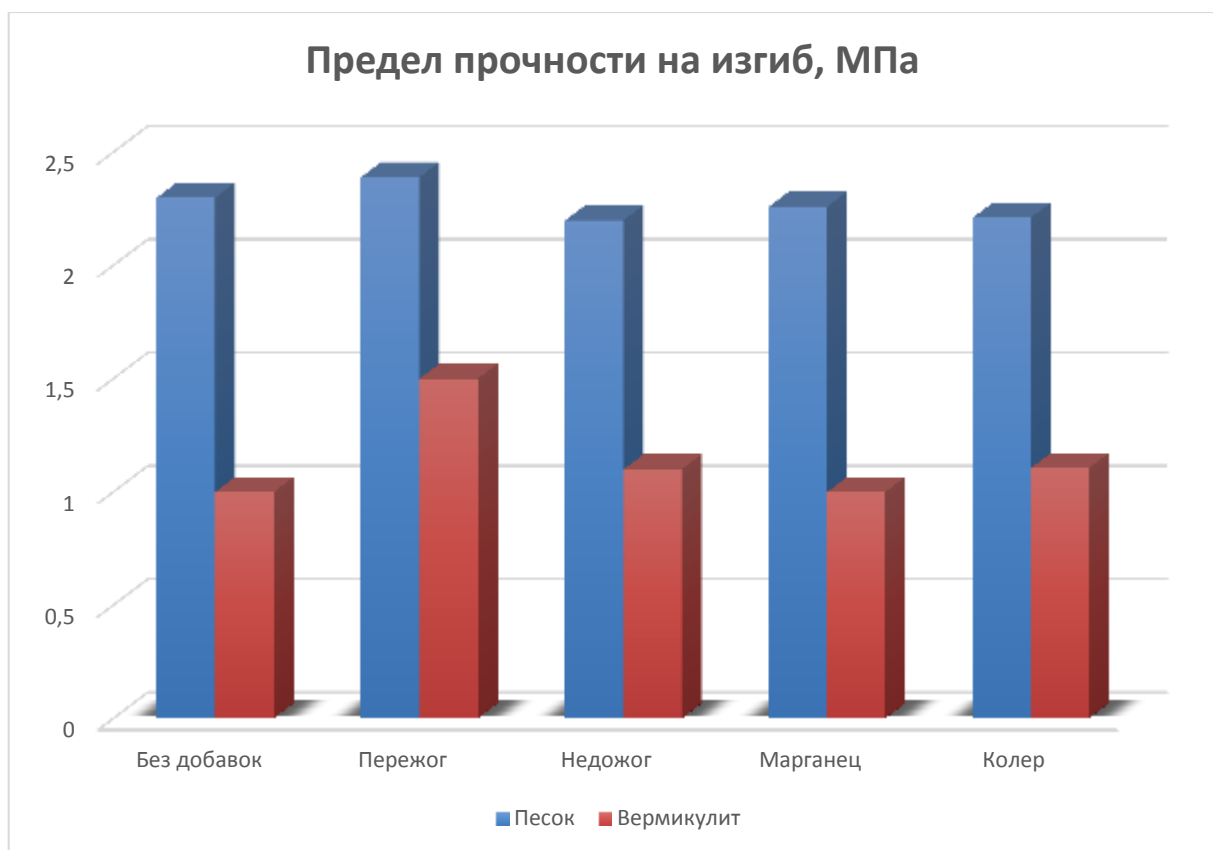


Рисунок 48 – Предел прочности на изгиб, МПа

Вывод: песок имеет прочную кристаллическую структуру, вермикулит же наоборот, легкую слоистую, что сказывается на прочности и адгезии. При воздействии внешних нагрузок составы на вермикулитовом наполнителе разрушаются по его слоям, а не по гипсовому камню, кроме этого вермикулит, оттягивая в свою слоистую структуру часть воды, способствует увеличению пористости штукатурного раствора, что впоследствии снижает его прочность. Песок создает твердый кристаллический скелет, что приводит к увеличению прочности и адгезии.

ВЫВОДЫ ПО 3 ГЛАВЕ

После проведения всех необходимых исследований и расчетов можно сделать следующие выводы:

- все свойства гипсового вяжущего соответствуют требованиям ГОСТ 125–79 [1];
- свойствами гипсового вяжущего можно управлять, меняя количество воды затворения;
- пигментирующие добавки не приносят отрицательного воздействия на технологические характеристики, а во многом улучшают их;
- использование разных заполнителей в производстве сухих строительных смесей значительно изменяет их свойства и характеристики;
- проанализировав влияние всех пигментов, был выбран оптимальный – пигмент из пережженного кирпича для получения сухих строительных смесей с наилучшими техническими характеристиками.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМЕЧСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Оценка экономической эффективности

Оценка экономической эффективности применения разработанного состава сухой штукатурной смеси для сравнения себестоимости продукта с применением химических добавок и без. При этом дозировки всех добавок постоянны. Так же идет сравнение себестоимости штукатурных смесей на основе разных заполнителей: песка и вермикулита.

Себестоимость продукции – это основной экономический показатель, который определяет конкурентоспособность продукции и производства. К себестоимости относят все затраты, связанные с производством и реализацией продукции. Так как применение разработанного комплексного модификатора не повлечет за собой изменение технологии, не потребует установки дополнительного оборудования и увеличения других затрат, связанных с производством и реализацией продукции, то экономический эффект определяем исходя из стоимости материалов для производства единицы продукции.

Для определения экономического эффекта в качестве контрольных были приняты составы растворной смеси с песком и вермикулитом. Расход материалов на 1 м² поверхности растворной смеси и их стоимость приведены далее в таблицах 37 и 38.

Таблица 36 – Исходные данные

Вид изделия	Штукатурная смесь
Количество рабочих дней	365
Продолжительность смены, ч	8
Производительность в смену, т	3
Количество смен в сутки	3
Производство в сутки, т	9

Таблица 37 – Расход и себестоимость затрат на материалы для 1 м² поверхности штукатурной смеси на основе песка 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	6,225	12,75	79,37
Песок	кг	2,075	2,2	4,564
Вода	м ³	0,0033	20	0,066
Колер	кг	0,187	300	56,1
Итого (без колера)				84
Итого (с колером)				140,1

Таблица 38 – Расход и себестоимость затрат на материалы для 1 м² поверхности штукатурной смеси на основе вермикулита 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	2,017	12,75	25,72
Вермикулит	кг	0,336	222,5	74,76
Вода	м ³	0,001675	20	0,04
Колер	кг	0,06	300	18
Итого (без колера):				100,52
Итого (с колером):				118,52

Таблица 39 – Стоимость сырьевых материалов для универсальной штукатурной смеси и энергоносителей

Наименование	Единица измерения	Цена, руб., с НДС
Гипсовое вяжущее	т	12 750

Окончание таблицы 39

Наименование	Единица измерения	Цена, руб., с НДС
Песок	т	2 200
Колер	т	300 000
Электроэнергия	кВт·ч	1,97

Таблица 40 – Стоимость сырьевых материалов для теплоизоляционной штукатурной смеси и энергоносителей

Наименование	Единица измерения	Цена, руб., с НДС
Гипсовое вяжущее	т	12 750
Вермикулит	т	222 500
Колер	т	300 000
Электроэнергия	кВт·ч	1,97

В следующих таблицах 41...44 показаны различные виды затрат: затраты на оборудование и амортизацию, потребление электроэнергии, затраты на сырьевые материалы, на оплату труда рабочих, а также на производство продукции.

Таблица 41 – Затраты на оборудование и амортизацию

Наименование	Цена, руб., с НДС	Количество, шт.	Итого	Амортизация	
				%, в год	руб.
Транспортирующее и дозирующее оборудование	1,02 млн.	-	1,02 млн.	20	204 тыс.
Бункер для гипсового вяжущего	90 тыс.	1	90 тыс.	10	9 тыс.
Бункер для вермикулита	90 тыс.	1	90 тыс.	10	9 тыс.

Окончание таблицы 41

Наименование	Цена, руб., с НДС	Количество, шт.	Итого	Амортизация	
				%, в год	руб.
Бункер песка	90 тыс.	1	90 тыс.	10	9 тыс.
Бункер для колера	60 тыс.	1	60 тыс.	10	6 тыс.
Бункер для воды	90 тыс.	1	90 тыс.	10	9 тыс.
Бункер для смеси (вяжущее + заполнитель + добавка)	90 тыс.	1	90 тыс.	10	9 тыс.
Вибромельница	1,5 млн.	2	3 млн.	10	300 тыс.
Сушильный шкаф	35 тыс.	5	175 тыс.	10	17,5 тыс.
Насос для подачи смеси	104 тыс.	2	208 тыс.	10	20,8 тыс.
ИТОГО:			4,895млн.		593,3тыс.

Таблица 42 – Потребление электроэнергии

Оборудование	Мощ- ность, кВт	Количе- ство, шт.	Общая мощность, кВт	Часы работы в сутки	Итого	
					кВт·ч	руб.
Вибромельни- ца	300	2	600	11	6 600	13 002
Сушильный шкаф	6	5	30	11	330	650,1
Транспортирую щее и дозировочное оборудование	800	-	800	12	9 600	8 912

Окончание таблицы 42

Оборудование	Мощность, кВт	Количество, шт.	Общая мощность, кВт	Часы работы в сутки	Итого	
					кВт·ч	руб.
Насос для подачи смеси	35,3	2	70,6	12	847,2	1 668,98
Освещение	0,1	0	3	12	36	70,92
ИТОГО (в сутки):						34 304

Таблица 43 – Затраты на оплату труда рабочих

Персонал	Численность, чел.	Отчисления на заработную плату в месяц, в руб.	Отчисления на заработную плату в год, руб.
Мастер	2	60 тыс.	720 000
Рабочие	6	120 тыс.	1 440 000
Отчисления во внебюджетные фонды		30%	734 400
ИТОГО:			2 894 400

Таблица 44 – Расчет затрат на производство продукции

Вид затрат	Объем затрат, руб.			
	в год	в месяц	в сутки	на 1 м ²
Сырье	23 462 067,6;	1 955 172,3;	65 172,41;	84;
	39 103 448,4;	3 258 620,7;	108 620,69;	140;
	80 855 215,2;	6 737 934,6;	224 597,82;	100,52;
	95 333 864,4	7 944 488,7	264 816,29	118,52

Электроэнергия	12 349 440	1 029 120	34 304	38,12
----------------	------------	-----------	--------	-------

Окончание таблицы 44

Вид затрат	Объем затрат, руб.			
	в год	в месяц	в сутки	на 1 м ²
Оплата труда	2 894 400	241 200	8 040	268
Отчисления на амортизацию ОПФ	615 300	51 275	1 709,17	1,9
Итого:	39 321 207,6	3 276 767,3	109 652,12	392,02
	54 962 588,4	4 580 215,7	152 673,86	448,02
	96 714 355,2	8 059 529,6	268 650,99	408,54
	111 193 004	9 266 083,7	308 869,46	426,54

Таким образом, полученные результаты говорят о том, что производство штукатурной смеси без использования искусственных пигментов наименее затратное.

4.2 Безопасность жизнедеятельности

Конституция Российской Федерации в качестве одного из основных правы граждан закрепила право на охрану здоровья (ст. 410). Естественным следствием этого является и право работника на здоровье и безопасные условия труда, которые также в качестве отдельного принципа и в форме субъективного права закреплены в ст. 37 Конституции.

Согласно трудовому кодексу (ст. 211) устанавливаются правила, процедуры и критерии, направленные на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. В ст. 212 перечислены обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда в организации, которые возложены на работодателя.

4.2.1 Краткое описание рассматриваемого проекта, процессов, применяемого оборудования, механизмов, условий труда

Научно-исследовательская работа проводилась в цехе кафедры «Строительные материалы» ЮУрГУ, расположенном в лабораторном корпусе Архитектурно-строительного факультета.

Работа включает в себя следующие процессы:

- измельчение пигментов при помощи щековой дробилки и вибромельницы;
- подсушивание пигментов в сушильном шкафу;
- исследование свойств гипсового вяжущего;
- определение составов растворной смеси;
- формование балочек-образцов для испытания их на изгиб и на сжатие.

При проведении исследований использовалось следующее оборудование:

- гидравлический пресс для испытаний на сжатие;
- прибор для испытаний на изгиб;
- весы электронные и механические;
- сушильный шкаф;
- щековая дробилка;
- вибромельница.

4.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003–74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [24] 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.

4.2.3 Микроклимат

Источником тепловыделения в лаборатории является сушильная камера. В соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [25] работы, производимые в лаборатории, относятся к категории легких работ класса Ib: интенсивность энергозатрат от 121 до 150 ккал/ч. Работы производятся стоя и сопровождаются незначительными физическими нагрузками.

Таблица 45 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21...23	15...75	0,1
Теплый	22...24	15...75	0,2

Таблица 46 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	24...25	60...40	Не более 0,2
Теплый	28...30	60...40	0,1...0,3

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м^2 при облучении 50 % поверхности тела и более и 100 Вт/м^2 – при облучении не более 25 % поверхности тела. Выделение конвекционного тепла предотвращается устройством вентиляции согласно СНиП 41–01–2003 «Отопление вентиляция и кондиционирование» [33].

Для поддержания постоянных значений параметров воздуха – влажности, температуры и скорости движения так же существует система вентилирования и кондиционирования.

4.2.4 Запыленность рабочей зоны

Причинами возникновения профзаболеваний являются несовершенство технологических процессов, недостатки условий труда, несовершенство рабочих мест, профессиональный контакт с инфекционными агентами, несовершенство санитарно-технических установок. В этот список стоит добавить нарушение правил охраны труда. Статистика проверок Роспотребнадзора свидетельствует о том, что до 60 % рабочих мест в строительной отрасли не соответствует требуемым условиям. Но справедливости ради стоит отметить, что и рабочие не всегда соблюдают технику безопасности, в частности не используют выданные им средства индивидуальной защиты (СИЗ).

Вредными веществами являются пыль, поднимающаяся в процессе работы, и тонкодисперсные материалы, вызывающие раздражающее действие и

проникающие через органы дыхания. Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны возникает в результате дозирования и перемешивания пылящих компонентов, которые применяются в научном исследовании. Такими компонентами являются гипс и вспученный вермикулит. Поскольку эти материалы с высокой удельной поверхностью, они способны оседать в легких человека, и при постоянном их воздействии вызвать отдышку, кашель, сухость во рту. Также при длительном воздействии пылящих материалов человек подвержен риску заболевания силикозом. К профессиональным болезням строителей следует отнести хронические простуды, простатит, грыжи, заболевания органов дыхания. У женщин-строителей, в частности занятых на отделочных работах, отмечается повышение частоты гинекологических заболеваний. При прямом длительном контакте с кожей рук пыль может вызывать сухость кожи. Для предотвращения вредного воздействия пылящих материалов в здании лаборатории установлена вытяжная вентиляция.

Фактическая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, то есть СО соответствует 4 классу опасности, значит, данное вещество малоопасно. Воздух помещения очищался приточно-вытяжной вентиляцией цеха.

Таблица 47 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Особенности действия на организм
Кальций сульфат полугидрат	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	2	а	—
Углерод оксид	СО	20*	п	О**

* При длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода, не более 1 ч предельно допустимая концентрация оксида углерода может быть повышена до 50 мг/м³, при длительности работы не более 30 мин – до 100 мг/м³, при длительности работы не более 15 мин – 200 мг/м³. Повторные работы при условиях повышенного содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны могут проводиться с перерывом не менее, чем в 2 ч;

**О – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе.

Нельзя применять открытый огонь и курить в помещениях.

Вентиляция помещений, в которых работают с добавками, должна соответствовать требованиям главы СНиП 2.04.05–91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [34].

Химические добавки должны храниться в упакованном виде в вентилируемых, сухих складских помещениях при соблюдении особых правил хранения конкретных веществ.

В помещениях, где хранятся добавки или ведут работы с их использованием, запрещается принимать пищу. При попадании раствора добавки в глаза или на слизистые оболочки необходимо срочно промыть пораженные участки чистой водой или 2 % раствором борной кислоты.

4.2.5 Освещение

Освещенность на рабочем месте должна отвечать условиям оптимальной работы зрения при заданных размерах объекта различения.

Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда. ГОСТ 12.0.003–74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [24] содержит следующие опасные и вредные факторы, связанные с неудовлетворительным освещением:

- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенная яркость света;

- пониженная контрастность;
- прямая и отраженная блескость;
- повышенная пульсация светового потока.

Воздействие этих факторов вызывает преждевременное утомление, притупляет внимание, снижает производительность труда, может привести к ухудшению зрения и оказаться причиной несчастного случая.

Уровень освещенности на рабочем месте должен соответствовать характеру выполнения зрительной работы.

С целью обеспечения равномерности распределения яркости на рабочей поверхности на участке используют при естественном освещении комбинированное освещение (верхнее и боковое), при искусственном – общее и местное освещение.

Величина освещенности должна быть постоянна во времени. Наибольшая видимость создается при падении световых лучей на рабочую поверхность под углом 60° к ее нормали.

Нормирование производственного освещения ведется по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [35].

Рабочим местом является цех учебного корпуса. Цех имеет большую площадь остекления (3 окна размерностью 3x4 м).

В светлое время суток коэффициент естественного освещения КЕО на рабочем месте должен составлять 0,5 % и более.

Недостаточность естественного освещения, если это необходимо, компенсируется хорошим искусственным освещением, представленным 16 лампами накаливания, расположенных над рабочими местами в цехе.

4.2.6 Шум

Шум неблагоприятно воздействует на человека. Продолжительное действие сильного шума на организм вызывает общее утомление, повышение кровяного

давления, снижение остроты слуха, ослабление внимания, некоторого нарушения координации движения и снижение работоспособности. Постоянное воздействие шума приводит к бессоннице, раздражительности.

В цехе источником шума является устройство для испытания балочек-образцов на изгиб и пресс для испытания их же на сжатие. Однако, в виду непродолжительности воздействия и малых габаритов, данные приборы не оказывают значительного вредного влияния на организм человека.

Основой нормирования шума является ограничение звуковой энергии, воздействующей на человека в течение рабочей смены, значениями, безопасными для его здоровья и работоспособности. Нормирование учитывает различие биологической опасности шума в зависимости от спектрального состава и временных характеристик и производится в соответствии с ГОСТ 12.1.003–83 «Шум. Общие требования безопасности» [26], СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в жилых помещениях общественных зданий и на территории жилой застройки» [36].

Таблица 48 – 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 первой степени	тяжелый труд второй степени	тяжелый труд третьей степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд степени	60	60	-	-	-

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.

4.2.7 Безопасность производственных процессов и оборудования

Общие требования безопасности согласно ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [28]:

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 (демонтажа);

- движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование;

- конструкция зажимных, захватывающих, подъемных и загрузочных устройств или их приводов должна исключать возможность возникновения опасности при полном или частичном самопроизвольном прекращении подачи энергии, а также исключать самопроизвольное изменение состояния этих устройств при восстановлении подачи энергии;

- производственное оборудование должно быть пожаро-, взрывобезопасным в предусмотренных условиях эксплуатации;

- производственное оборудование, являющееся источником шума, ультразвука и вибрации, должно быть выполнено так, чтобы шум, ультразвук и

вибрация в предусмотренных условиях и режимах эксплуатации не превышали установленные стандартами допустимые уровни.

Требования к рабочим местам:

– размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных рабочих позах и не затруднять движений работающего;

– при проектировании рабочего места следует предусматривать возможность выполнения рабочих операций в положении сидя или при чередовании положений сидя и стоя, если выполнение операций не требует постоянного передвижения работающего.

Требования к системе управления:

– система управления должна обеспечивать надежное и безопасное ее функционирование на всех предусмотренных режимах работы производственного оборудования и при всех внешних воздействиях, предусмотренных условиями эксплуатации. Система управления должна исключать создание опасных ситуаций из-за нарушения работающим (работающими) последовательности управляющих действий;

– система управления технологическим комплексом должна исключать возникновение опасности в результате совместного функционирования всех единиц производственного оборудования, входящих в технологический комплекс, а также в случае выхода из строя какой-либо его единицы;

– орган управления аварийным остановом после включения должен оставаться в положении, соответствующем останову, до тех пор, пока он не будет возвращен работающим в исходное положение; его возвращение в исходное положение не должно приводить к пуску производственного оборудования;

– полное или частичное прекращение энергоснабжения и последующее его восстановление, а также повреждение цепи управления энергоснабжением не должны приводить к возникновению опасных ситуаций.

Требования к работе гидравлического пресса:

– все детали пресса, находящиеся под давлением, необходимо подвергать постоянному осмотру, периодическим освидетельствованиям и испытаниям согласно ПБ 10–573–03 «Правилам устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» [39];

– подвижная траверса пресса должна скользить по направляющим с минимальным зазором, не допуская перекоса;

– подвижная траверса не должна доходить до верхнего положения на 30...400 мм, для чего пресс должен быть оборудован конечным выключателем. На колоннах должны быть установлены специальные ограничители (или конечные выключатели) хода вниз;

– прессы должны быть снабжены устройством, предотвращающим самопроизвольное опускание подвижной траверсы;

– прессы должны быть снабжены устройствами для удержания подвижной траверсы в верхнем положении при выполнении ремонтных и наладочных работ;

– при проведении испытаний запрещается поправлять образец без выключения пускового механизма и полной остановки траверсы.

Для безопасной работы с сушильным агрегатом необходимо соблюдать следующие правила:

– загрузочное окно агрегата должна закрываться плотно прилегающей заслонкой с необходимой теплоизоляцией;

– сушильный шкаф должен иметь такую изоляцию стен и сводов, чтобы температура наружных поверхностей обеспечивалась в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.9–93 «Безопасность электротермического оборудования» [29]. При соблюдении всех требований, приведенных выше обеспечивается безопасность условий труда.

4.2.8 Электробезопасность

В данной работе используются электроустановки напряжением до 380 В –

гидравлический пресс для определения прочности образцов при сжатии и изгибе, сушильная камера. Защита от воздействия электричества тока сводится к надежной изоляции токопроводящих проводов и кабелей, установке защитного заземления, установке защитных автоматов-выключателей.

Во избежание термических ожогов необходимо строгое соблюдение правил техники безопасности при работе с электроприборами.

Таблица 49 – ПДУ напряжений прикосновения токов

Режим работы	Род тока					
	Переменный (50 Гц)			Постоянный		
	U, В	I, мА	Продолжительность протекания силы тока	U, В	I, мА	Продолжительность протекания силы тока
Нормальный	2	0,3	< 10 мин	8	1	< 10 мин
Аварийный	20	6	> 1 сек	–	–	–

По электробезопасности помещение лаборатории относится к категории без повышенной опасности.

Данное оборудование регулярно проверяется на наличие неисправностей. К работе с ним не допускаются лица, не изучившие описание эксплуатации и не расписавшиеся в журнале по технике безопасности.

Для защиты человека от поражения электрическим током все электроустановки согласно ГОСТ 12.1.1.030–81 «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление» [30] заземлены медными проводами. Заземлитель и заземленный провод присоединен при помощи хомута из меди или латуни, на участке, зачищенном от краски.

4.2.9 Пожаробезопасность

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные

ценности согласно ГОСТ 12.1.004–91 «Пожарная безопасность. Общие требования» [31], 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» [42]:

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.

Некоторые правила согласно «Постановлению от 25 апреля 2012 г. № 390 О противопожарном режиме» на производственных объектах:

- технологические процессы проводятся в соответствии с регламентами,

правилами технической эксплуатации и другой утвержденной в установленном порядке нормативно-технической и эксплуатационной документацией, а оборудование, предназначенное для использования пожароопасных и пожаровзрывоопасных веществ и материалов, должно соответствовать конструкторской документации;

– руководитель организации обеспечивает при работе с пожароопасными и пожаровзрывоопасными веществами и материалами соблюдение требований маркировки и предупредительных надписей, указанных на упаковках или в сопроводительных документах;

– руководитель организации обеспечивает исправное состояние искрогасителей, искроуловителей, огнезадерживающих, огнепреграждающих, пыле- и металлоулавливающих и противовзрывных устройств, систем защиты от статического электричества, устанавливаемых на технологическом оборудовании и трубопроводах;

– для мойки и обезжиривания оборудования, изделий и деталей применяются негорючие технические моющие средства, за исключением случаев, когда по условиям технологического процесса для мойки и обезжиривания оборудования, изделий и деталей предусмотрено применение легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;

– руководитель организации обеспечивает проведение работ по очистке стен, потолков, пола, конструкций и оборудования помещений от пыли, стружек и горючих отходов;

– сушильные камеры периодического действия и калориферы перед каждой загрузкой очищаются от производственного мусора и пыли;

– запрещается эксплуатация сушильных установок с трещинами на поверхности боровов и неработающими искроуловителями.

В помещении лаборатории находятся первичные средства пожаротушения: огнетушитель пенный (ОХП–15), огнетушитель углекислотный (ОУ–10), пожарный щит с ручными средствами тушения, пожарный кран. В здании предусмот-

рены пути эвакуации, наружные пожарные лестницы, аварийные люки, имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не меньше времени, необходимого для спасения людей при пожаре и расчетного времени тушения пожара, а также пожарная сигнализация, система оповещения, пожарные знаки.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Пигменты различного происхождения одинаковой тонкости помола оказывают различное влияние на технические свойства гипсового вяжущего и сухих гипсовых смесей.

2. С увеличением процентного содержания пигмента из пережженного кирпича и процентного содержания воды увеличиваются сроки начала схватывания гипсового теста, однако, время конца схватывания увеличивается до 4 % содержания пигмента, после чего начинается его сокращение, при этом процентное содержание воды колеблется от 53 до 57 %. Это можно объяснить тем, что частицы пережженного кирпича имеют остеклованную поверхность, а, следовательно, вода затворения не тратится на смачивание этой поверхности и участвует лишь в структурообразовании гипсового камня. Тем же объясняется и снижение предела прочности гипсового камня при увеличении процентного содержания воды вне зависимости от содержания данного пигмента.

3. При увеличении процентного содержания воды в составах с пигментом на недожоге и колере время начала схватывания растет, однако, в этих составах наблюдается оптимум при содержании пигментов в интервале от 3 до 5 %. Время конца схватывания также растет при увеличении процентного содержания воды, однако при снижении содержания пигмента из недожженного кирпича время конца схватывания уменьшается. Это объясняется тем, что недожог состоит как из остеклованных, так и кристаллических частиц, последние оттягивая на себя часть воды затворения, сокращают сроки конца схватывания.

4. Входящие в состав перманганата калия вещества, создают кислую среду в воде затворения, что приводит к формированию крупных кристаллов $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а, следовательно, и к увеличению сроков схватывания и твердения

гипсового теста, а также к снижению прочностей по сравнению с составами на пигментах из пережженного, недожженного кирпича и колера.

5. Составы на кварцевом песке, как и ожидалось, имеют большие показатели прочности и адгезии, по сравнению с составами на вермикулитовом заполнителе. Это объясняется кристаллической структурой песка и слоистой структурой вермикулита. При воздействии внешних нагрузок составы на вермикулитовом заполнителе разрушаются по его слоям, а не по гипсовому камню, кроме этого, вермикулит, оттягивая в свою слоистую структуру часть воды, способствует увеличению пористости штукатурного раствора, что в последствии снижает его прочность. Песок создает твердый кристаллический скелет, что приводит к увеличению прочности и адгезии.

6. Водоудерживающая способность составов на вермикулитовом заполнителе соответствует требованиям ГОСТ 31376–2008 [4] и превышает 98 %, что также объясняется слоистым строением заполнителя.

7. Сроки схватывания и твердения составов на вермикулитовом заполнителе не соответствуют требованиям ГОСТ 31376–2008 [4], следовательно, необходимо введение корректирующих добавок, увеличивающих сроки схватывания.

8. На основании полученных изолиний, при их наложении друг на друга, можно рекомендовать следующий оптимальный диапазон пигментов из пережженного и недожженного кирпича, а также коричневого колера – 3...5 % при содержании воды 53...55 %. В этих диапазонах наблюдались достаточные сроки схватывания и твердения гипсового вяжущего, и не наблюдался сброс прочности гипсового камня по сравнению с неокрашенным гипсовым вяжущим. Перманганат калия не рекомендуется нами в качестве пигмента для гипсовых штукатурок.

9. Наименьшие экономические затраты при проектировании цеха по производству декорированных гипсовых штукатурок имеют составы на пигментах из отходов производства кирпича.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 125–79 (СТ СЭВ 826–77). Вяжущие гипсовые. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 8 с.
2. ГОСТ 23789–79. Гипсовые вяжущие. Методы испытаний. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1980. – 12 с.
3. ГОСТ 12865–67. УДК 691.034.9. Группа Ж15. Государственный Стандарт Союза ССР. Вермикулит вспученный. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1967. – 5 с.
4. ГОСТ 31376–2008. Смеси сухие строительные штукатурные на гипсовом вяжущем. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2010. – 7 с.
5. ГОСТ 23732–79. Вода для бетонов и растворов. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 7 с.
6. ГОСТ 28013–98. Растворы строительные. Общие технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 18 с.
7. ГОСТ 10832–2009. Песок и щебень перлитовые вспученные. – М.: Стандартиформ, 2010. – 19 с.
8. ГОСТ 2138–91. Пески формовочные. Общие технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.
9. ГОСТ 16557–78. Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1979. – 10 с.
10. ГОСТ 4013–82. Камень гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1987. – 5 с.
11. ГОСТ 32021–2012. Заполнители и наполнители из плотных горных пород для производства сухих строительных смесей. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2012. – 10 с.
12. ГОСТ 23732–2011. Вода для бетонов и растворов. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2012. – 12 с.

13. ГОСТ 24104–88. Весы лабораторные общего назначения и образцовые. Общие технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1987. – 5 с.
14. ГОСТ 2874–82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1987. – 9 с.
15. ГОСТ 1770–74. Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1975. – 20 с.
16. ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1985. – 12 с.
17. ГОСТ 31356–2007 Смеси сухие строительные на цементном вяжущем. Методы испытаний. – М.: Стандартиформ, 2007. – 16 с.
18. ГОСТ 310.3–76. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1976. – 11 с.
19. ГОСТ 9179–77. Известь строительная. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1977. – 5 с.
20. ГОСТ 427–75. Линейки измерительные металлические. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1975. – 5 с.
21. ГОСТ 12026–76. Бумага фильтровальная лабораторная. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1980. – 6 с.
22. ГОСТ 11109–90. Марля бытовая хлопчатобумажная. Общие технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1991. – 4 с.
23. ГОСТ 28840–90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1991. – 6 с.
24. ГОСТ 12.0.003–80. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 15 с.

25. ГОСТ 12.1.005–88 (2000). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 12 с.
26. ГОСТ 12.1.003–83. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 10 с.
27. ГОСТ 12.4.011–89. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 7 с.
28. ГОСТ 12.2.003–91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 9 с.
29. ГОСТ 12.2.007.9–93. Безопасность электротермического оборудования. – Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1993. – 13 с.
30. ГОСТ 12.1.030-80. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 14 с.
31. ГОСТ 12.1.004–91. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2006. – 64 с.
32. ТУ 21–0284757–1–90. Вяжущие гипсовые и ангидритовые повышенной водостойкости. – М.: Изд-во стандартов, 1991 – 13 с.
33. СНиП 41–01–2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 38 с.
34. СНиП 2.04.05–91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 43 с.
35. 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, 2003. – 26 с.
36. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в жилых помещениях общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 10 с.

37. ГН 2.2.5.1313–03. Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 28 с.
38. Р 2.2.2006–05. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 32 с.
39. ПБ 10–573–03. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 11 июня 2003 г. № 90).
40. СП 82–101–98. Приготовление и применение растворов строительных. – М.: Изд-во стандартов, 1998. –19 с.
41. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (утв. постановлением Госгортехнадзора РФ от 11 июня 2003 г. № 91).
42. Федеральный закон № 123–ФЗ. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (от 4 июля 2008 г.).
43. Постановление № 390 О противопожарном режиме (25 апреля 2012 г.).
44. Дубенецкий, К.Н. Вермикулит / К.Н. Дубенецкий, А.П. Пожнин. – М.: Стройиздат, 1971. – 171 с.
45. Горлов, Ю.П. Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий: Учеб для вузов по спец. «Производство строительных изделий и конструкций. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.
46. Производство и применение вермикулита / Под ред. Н.А. Попова. – М.: Стройиздат, 1964. – 156 с.
47. Почупайло, Т.В. Перлитовая штукатурка в современном строительстве / Т.В. Почупайло, А.А, Крупа // Сб. ВНИИЭСМ. – 1982. – вып. II. – серия 3. – С. 28–29.

48. Большаков, Э.Л. Производство сухих строительных смесей в России: Современное состояние и перспективы. 2-ая Международная научно-техническая конференция «Современные технологии сухих (строительных) смесей в строительстве»: Сборник докладов. – Санкт-Петербург, 2000. – 110 с.

49. Лебедева, Л.М. Справочник штукатурка. / Л.М. Лебедева. – М.: Высшая школа, 1996. – 285 с.

50. Никифоров, Ю.В. Сухие строительные смеси, их производство и применение // Цемент. – СПб. – 1999. – №3. – С. 31–33.

51. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник / под общей ред. А.В. Ферронской – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488 с.

52. Горшков, В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: Учеб.пособие / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.

53. Крамар, Л.Я. Методы исследования строительных материалов: Текст лекций / Л.Я. Крамар, А.С. Королев – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2002. – 53 с.

54. Ничипоренко, С.П. Физико-химическая механика дисперсных структур в технологии строительной керамики / С.П. Ничипоренко. – Киев: Наукова думка, 1978. – 76 с.

55. Грачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Грачев Ю.П. – М.: Пищевая пром., 1979. – 199 с.

56. Баженов, Ю.М. Технология бетона: Учеб пособие для технол. спец. строит. вузов / Ю.М. Баженов. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1987. – 415 с.

57. Горчаков, Г.И. Строительные материалы / Горчаков Г.И, Баженов Ю.М. – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.

58. Зимон, А.Д. Адгезия пыли и порошков / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1967. – 372 с.

59. Песцов, В.И. Современное состояние и перспективы развития производства сухих строительных смесей в России / В.И. Песцов, Э.Л. Большаков // Строительные материалы.– 1999. – № 3. С. 3-5.

60. Ахмедьянов, Р.М. Легкие наружные штукатурные строительные растворы с вермикулитовым наполнителем: дис. канд. техн. Наук / Р.М. Ахмедьянов. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, 2002. – 202 с.
61. Барбарина Т.М. Справочник по производству теплоизоляционных и акустических материалов / Барбарина Т.М., Бубырь Н.Ф., Бутт Л.М. – М.: Издательство литературы по строительству, 1964. – 526 с.
62. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия / Х.С. Воробьев – М.: Стройиздат, 1983. – 200 с.
63. Нациевский Ю.Д. Эффективные строительные материалы / Нациевский Ю.Д., Хоменко В.П., Заиончковский Б.Ф. – Киев: Будивельник, 1974. – 278 с.
64. Элинзон М.П. Производство искусственных пористых заполнителей/ М.П. Элинзон. – М.: Стройиздат, 1974. – 256 с.
65. Рыбьев И.А. Общий курс строительных материалов / И.А. Рыбьев, Т.И. Арефьев, Н.С. Баскаков. – М.: Высшая школа, 1987. – 584 с.
66. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия. Справочник /А.В. Ферронская. – М.: АСВ, 2004. – 488 с.
67. Ферронская А.В. Гипс в малоэтажном строительстве / А.В. Ферронская, В.Ф. Коровяков, И.М. Баранов. – М.: АСВ, 2008. – 240 с.
68. Трофимов Б.Я. Технология конструкционных материалов / Б.Я. Трофимов, М.Д. Бутакова, Е.А. Волошин. – Челябинск: ЮУрГУ, 2008. – 323 с.
69. Киевленко Е.Я. Декоративные коллекционные минералы / Е.Я. Киевленко, В.И. Чупров, Е.Е. Драмшева. – М.: Недра, 1987. – 223 с.
70. Шепелев А.М. Штукатурные работы / А.М. Шепелев. – М.: Высшая школа, 1979. – 239 с.

71. Миронов В.А. Оптимизирование композиций для изготовления строительных смесей / Миронов В.А., Белов В.В., Голубев А.И., Смирнов М.А. – Спб.: ООО «РИА Квинтет», 2008. – 416 с.
72. Ратинов В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1977. – 220 с.
73. Трофимов Б.Я. Гипсовые материалы и изделий / Трофимов Б.Я., Черных Т.Н., Бондаренко С.А., Популлова А.В. – Челябинск: ООО Пирс, 2009. – 119 с.
74. Геммерлинг Г.В. Строительные материалы и изделия на основе отходов промышленного производства, вермикулитов и попутных продуктов / Геммерлинг Г.В., Погорелов Н.М. – Челябинск: УралНИИСтромпроект, 1979. – 183 с.
75. Композиционные строительные материалы. Теория и практика / Под ред. Калашникова В.И. – Пенза: Дом знаний, 2000. – 175 с.
76. Геммерлинг Г.В. Вермикулит / Геммерлинг Г.В. – М.: Издательство литературы по строительству, 1965. – 215 с.
77. Геммерлинг Г.В. Производство и применение вермикулита / Геммерлинг Г.В. – Челябинск: УралНИИСтромпроект, 1983. – 112 с.
78. Ахтямов Я.А. Производство вспученного вермикулита и изделий на его основе / Ахтямов Я.А. – Челябинск: УралНИИСтромпроект, 1984. – 60 с.
79. Сухие строительные смеси и основные разновидности. – http://whitemix.ru/stati/article_post/suhie-stroitelnye-smesi-osnovnyie-raznovidnosti.
80. Energy performance evaluation of heat-storage gypsum board with hybrid SSPCM composite. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226086X17301120>.
81. Retarding effect of impurities on the transformation kinetics of FGD gypsum to α -calcium sulfate hemihydrate under atmospheric and hydrothermal conditions. – <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236117305690>.

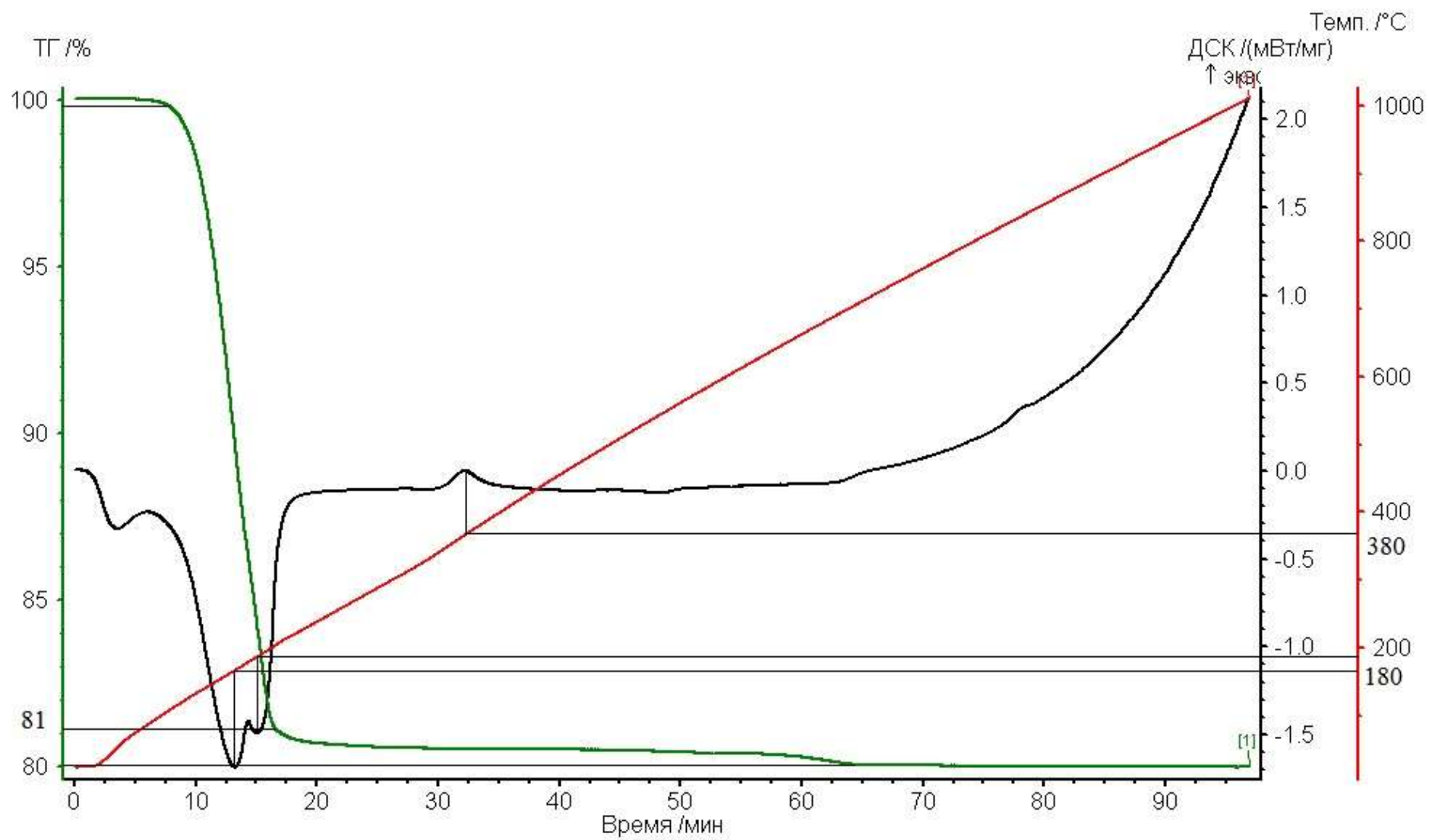
82. Assessment of thermal performance of gypsum-based composite with revalorized graphite filler. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095006181730435X>.

83. Свойства строительного гипса и его применение в строительстве (высокопрочный гипс, формовочный гипс, медицинский гипс). – <http://www.voscem.ru/articles/vyagugie-materialy/gips/svoistva-primenenie/>.

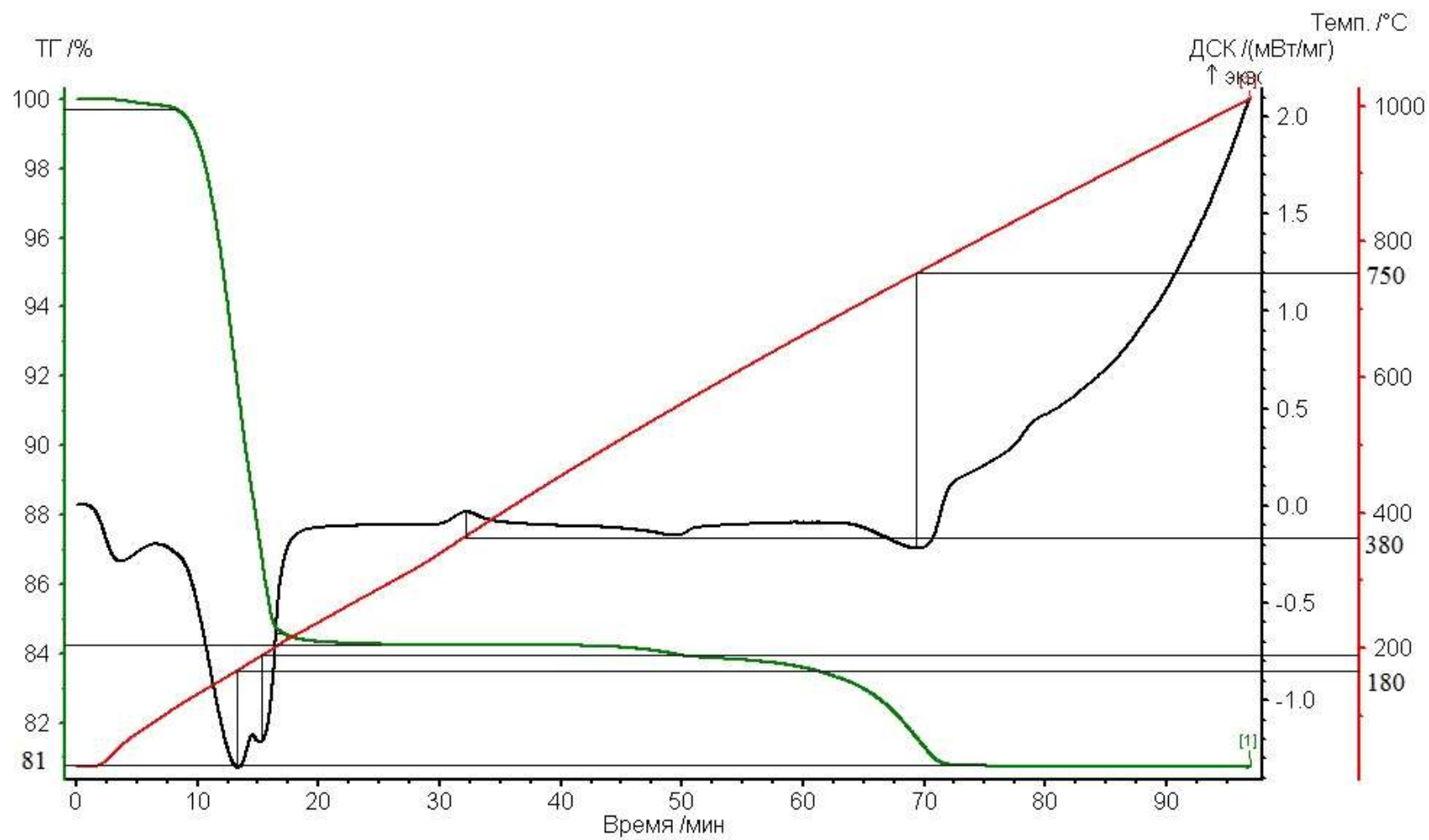
84. Влияние химических добавок на свойства гипсового вяжущего. – <http://elima.ru/articles/index.php?id=213>.

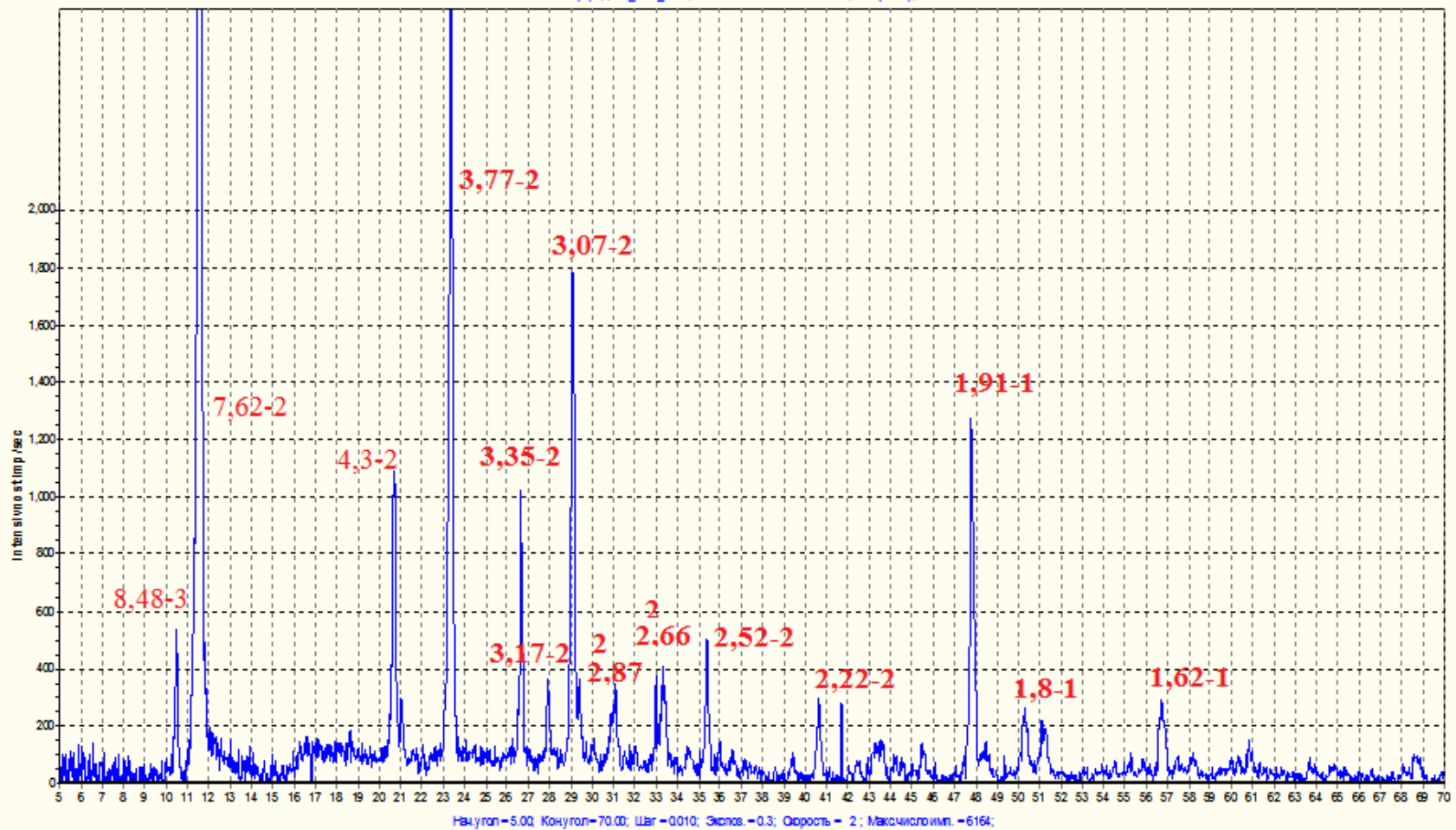
85. Сапелин Н.А. Фосфогипс - сырьё для сухих строительных смесей / Сапелин Н.А., Стеканов Д.И. Никитенко А.А. – ООО «ВНИИСТРОМ-НВ». – <http://www.baltimix.ru/content/publish/vniistrom-nv.pdf>. – С. 4–5.

Приложение 1



Приложение 2





Приложение 4

