

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»

на правах рукописи

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

О.В. Умнова

подпись

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему:

«Оптимизация технологических параметров технологии производства искусственного камня»

по направлению подготовки 08.04.01 Строительство

шифр, наименование направления подготовки

Программа магистратуры Архитектурно-строительное материаловедение

наименование программы магистратуры

Автор В.А. Михайлов

подпись, дата

инициалы, фамилия

Группа МСТ-23

Обозначение магистерской диссертации ТГТУ.08.04.01.03.023 МД ДЭ

Обозначение документа ТГТУ.08.04.01.03.023 МД ТЭ-ТЛ

Руководитель магистерской диссертации

подпись, дата

А.В. Ерофеев

инициалы, фамилия

Нормоконтролёр

подпись, дата

А.В. Ерофеев

инициалы, фамилия

Тамбов 2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

О.В. Умнова

подпись

инициалы, фамилия

« » 2020 г.

**ЗАДАНИЕ
НА МАГИСТЕРСКУЮ ДИССЕРТАЦИЮ**

по направлению подготовки 08.04.01 Строительство

шифр, наименование направления подготовки

Программа магистратуры Архитектурно-строительное материаловедение

наименование программы магистратуры

Тема «Оптимизация технологических параметров технологии производства искусственного камня»

формулировка темы диссертации по приказу

утверждена приказом № 30/2-08 от «19» февраля 2020 г.

Автор диссертации А.В. Михайлов Группа МСТ-23

инициалы, фамилия

Обозначение диссертации ТГТУ.08.04.01.03.023 МД ДЭ

Обозначение документа ТГТУ.08.04.01.03.023 МД ТЭ-3Д

Срок представления диссертации к защите «1» июля 2020 г.

Исходные данные для проектирования (исследования)

Объект исследования: Поливинилхлорид. Предмет исследования: характеристик поливинилхлорида и динамика их изменения после неблагоприятных воздействий.

Перечень подлежащих разработке вопросов:

1 Проведенный ретроспективный анализ применения камня как строительного материала и выявленные объективные и субъективные предпосылки появления искусственного;

2 Проведенный анализ физико-химических основ производства искусственного камня;

3 Оптимизированные технологию и технологические параметры производства оселкового камня;

4 Оптимизированные технологию и технологические параметры производства формового камня;

5 Оптимизированные технологию и технологические параметры производства гибкого камня;

Руководитель диссертации

подпись, дата

А.В. Ерофеев

инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись, дата

В.А. Михайлов

инициалы, фамилия

АННОТАЦИЯ

Тема магистерской диссертации: «Оптимизация технологических параметров технологии производства искусственного камня».

Автор: Михайлов Владислав Андреевич.

Руководитель: кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений» Ерофеев Александр Владимирович.

Год защиты: 2020.


Камень на протяжении всей истории человечества играл значимую роль в постройке и возведении зданий и сооружений. Он прошел путь от несущего конструктивного элемента до отделочного. Со временем и развитием технологий натуральный камень отошел на второй план и его место заняли различные виды искусственного камня.

Целью работы является оптимизация технологических параметров производства некоторых видов искусственного камня: оселкового, литьевого, формовой и гибкий камень.

Исходными компонентами оселкового камня являются гипс и различные пигменты. При производстве формового камня используются цемент, арматура и пигменты. А гибкого – подложка, компаунд (связующее) и материал декоративного слоя.

Основным физико-химическим процессом производства оселкового камня является гидратация гипса. Основным физико-химическим процессом производства формового камня является гидратация цемента. Основным физико-химическим процессом производства гибкого камня является полимеризация или поликонденсация смолы.

В качестве оценки полученных результатов был применен метод экспертной оценки, который помог определить наилучшие образцы с точки зрения потребителя.



Основная часть работы выполнена на кафедре «Конструкции зданий и сооружений» Тамбовского государственного технического университета, а часть работы выполнена в Словацком техническом университете.

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	7
ВВЕДЕНИЕ	8
1 Искусственный камень как альтернатива природному	12
1.1 Ретроспективный анализ применения камня	12
1.1.1 Первобытный период.....	12
1.1.2 Строительство мегалитов.....	14
1.1.3 Сооружения древнего Египта	15
1.1.4 Строительство Железного века	16
1.1.5 Эпоха Античности	17
1.1.6 Сооружения Средневековья.....	18
1.1.7 Эпоха Возрождения	19
1.1.8 Барокко и Классицизм	20
1.1.9 Строительство Советского периода.....	21
1.1.10 Современные сооружения.....	23
1.2 Объективные и субъективные предпосылки появления искусственного каменя	24
1.3 Физико-химические основы производства.....	26
1.3.1 Физико-химические основы производства оселкового камня	27
1.3.2 Физико-химические основы производства формового камня	29
1.3.3 Физико-химические основы производства гибкого камня.....	32
1.4 Выводы	34
2 Опыт изготовления оселкового камня	35
2.1 Изготовление образцов одного цвета	38
2.1.1 Прокраска в массе	38

2.1.2	Окраска внешнего слоя	55
2.2	Изготовление образцов с вкраплениями и прожилками.....	64
2.2.1	Прокраска в массе	64
2.2.2	Окраска внешнего слоя	65
2.3	Имитация образца под другие материалы.....	67
2.3.1	Имитация под дерево.....	68
2.3.2	Имитация под драгоценные металлы	69
2.3.3	Имитация под старину.....	69
2.4	Выводы.....	71
3	Опыт производства формового камня	73
3.1	Изготовление образцов одного цвета	75
3.2	Выводы.....	81
4	Опыт производства гибкого камня.....	82
4.1	Выбор подложки	83
4.2	Выбор компаунда	85
4.3	Выбор оптимального состава гибкого камня.....	87
4.4	Влияние атмосферных факторов на характеристики гибкого камня	93
4.5	Выводы.....	97
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	99
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	101

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ Р 51910-2002 Методика исследования и проверки ускоренными методами влияния внешних воздействующих факторов на долговечность и сохраняемость технических изделий. Разработка и построение.

ГОСТ 125-79 (СТ СЭВ 826-77) Вяжущие гипсовые. Технические условия

ГОСТ 125-2018 Вяжущие гипсовые. Технические условия

ГОСТ 23789-2018 Вяжущие гипсовые. Методы испытаний

ГОСТ 30744-2001 Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка

ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия

СП 82-101-98 Приготовление и применение растворов строительных

Центральный Комитет КПСС Совет Министров СССР Постановление. От 4 ноября 1955 г. N 1871 Об устранении излишеств в проектировании и строительстве

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. После долгих лет советской ориентации на массовое, функциональное строительство, где на первое место выходит снижение сроков и сметной стоимости строительства, а о неповторимом облике, уникальности не шло и речи, общество начало возвращаться к дореволюционным ценностям. В последнее время все больше и больше наблюдается тенденция на индивидуальность, и это просматривается во всех аспектах нашей жизни. Больше всего это наблюдается во внешнем виде, нас и нашего жилья. Очень популярно стало тематическое обустройство экстерьера и интерьера жилья, это может быть обустройство и под древнюю Грецию, средневековую Европу и дореволюционную Россию. Сегодня опять в моде барельефы, лепнины, пилястры и прочие декоративные украшения. Основным отличием настоящего является то, что экономика влияет на всю жизнь человека. Если раньше человек мог позволить использовать натуральные материалы такие как мрамор, гранит и прочее, то сейчас у большинства населения возникают проблемы с финансовой доступностью использования этих материалов. Именно поэтому возникает вопрос о замене дорогостоящих материалов аналогами, не уступающих по качеству и эстетическому внешнему виду натуральным материалам. В этой роли могут выступать искусственные камни изготовленными разными методиками такие как: литьевой, формовой и оселковый – для которых требуется всего лишь форма, сухие строительные смеси и последующая обработка. Искусственный камень, полученный такими способами, конечно, будет отличаться от настоящего, но по соотношению цена-качество явно выигрывает у натурального, естественно при условии четкого соблюдения технологии производства, в том числе и технологических параметрах.

В открытом доступе, в том числе и в сети интернет, можно найти большое количество технологий производства искусственного камня. Авторы и производители этих технологий утверждают, что технологические схемы и параметры производства позволяют получить качественный конкурентно способный продукт. Однако на практике эти утверждения не выдерживают никакой критики.

При полном соблюдении технологии производства изделие не обладает требуемым набором эксплуатационных характеристик или получается далеким от идеалов эстетики. Именно поэтому практическое апробирование и оптимизация существующих технологий производства аналогов природного камня в настоящее время являются актуальной задачей.

Целью работы является оптимизация технологических параметров технологии производства искусственного камня.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. Провести ретроспективный анализ применения камня как строительного материала и выявить объективные и субъективные предпосылки появления искусственного;
2. Проанализировать физико-химические основы производства искусственного камня;
3. Оптимизировать технологию и технологические параметры производства оселкового камня;
4. Оптимизировать технологию и технологические параметры производства формового камня;
5. Оптимизировать технологию и технологические параметры производства гибкого камня;

Объектом исследования выступает искусственный камень.

Предмет исследования – технология производства искусственного камня.

Степень достоверности. Для проведения экспериментов используется оборудование прошедшее метрологическую поверку. Эксперименты выполнены с достаточной степенью воспроизводимости. Достоверность результатов подтверждена их сходимостью с теоретическими предпосылками. Полученные результаты логичны, обоснованы и не противоречат известным законам и теориям.

Научная новизна заключается в комплексной оптимизации технологических параметров производства искусственного камня на основе исследований предпочтения потребителей, выполненных методом экспертных оценок.

Теоретическое значение работы обуславливается выявленными оптимальными технологическими параметрами.

Практическое значения заключается в том, что на основании полученных экспериментальных данных возможно изготавливать образцы искусственного камня различных видов, цветовых решений и форм.

Автор защищает:

1. Проведенный ретроспективный анализ применения камня как строительного материала и выявленные объективные и субъективные предпосылки появления искусственного;
2. Проведенный анализ физико-химических основ производства искусственного камня;
3. Оптимизированные технологию и технологические параметры производства оселкового камня;
4. Оптимизированные технологию и технологические параметры производства формового камня;
5. Оптимизированные технологию и технологические параметры производства гибкого камня;

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались на Всероссийской научно-практической конференции для молодых ученых с международным участием «Мир науки без границ» (г. Тамбов, 2019 г.); Всероссийском открытом конкурсе «Взгляд молодых на проблемы региональной экономики» (г. Тамбов, 2018 и 2019 г.); Международной научно-практической конференции Липецкого государственного технического университета «Современные проблемы строительной науки» (г. Липецк 2017 г.); XVIII Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы строительства, строительной индустрии и промышленности» (г. Тула 2017 г.); II-я Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция "Современная наука: теория, методология, практика" (г. Тамбов 2020 г.).

Публикации. По результатам диссертационного исследования опубликовано 16 статей в том числе одна в журнале из перечня журналов ВАК. Так же подго-

товлена одна статья в журнале из перечня ВАК и одна статья в журнале, индексируемом в международной базе цитирования SCOPUS.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, основной части, заключения и списка используемых источников, она изложена на 103 страницах, которые включают 54 рисунка, 30 таблиц и 26 позиций в списке используемых источников.

1 Искусственный камень как альтернатива природному

Камень на протяжении всей истории человечества, наряду с деревом, является одним из самых популярных строительных материалов. Его применение для сооружения жилища началось с появлением человечества. Однако на разных исторических этапах развития человечества его функциональное назначение изменялось. Ретроспективный анализ применения натурального камня в строительстве позволит выявить объективные и субъективные предпосылки появления искусственного камня.

1.1 Ретроспективный анализ применения камня

Ретроспективный анализ применения натурального камня выполняется в рамках исторически сложившихся эпох, начиная с первобытной и заканчивая современностью.

1.1.1 Первобытный период

Итак, натуральный камень, как один из базовых материалов в строительстве, начал применяться для сооружения жилищ с появлением человечества. Изначально люди сами из камня ничего не возводили, а только пользовались естественными укрытиями, созданными самой природой. Наиболее популярными укрытиями такого типа являются пещеры (рисунок 1.1), которые первобытные люди использовали в качестве жилища еще 2 миллиона лет назад.

Видео пещеры

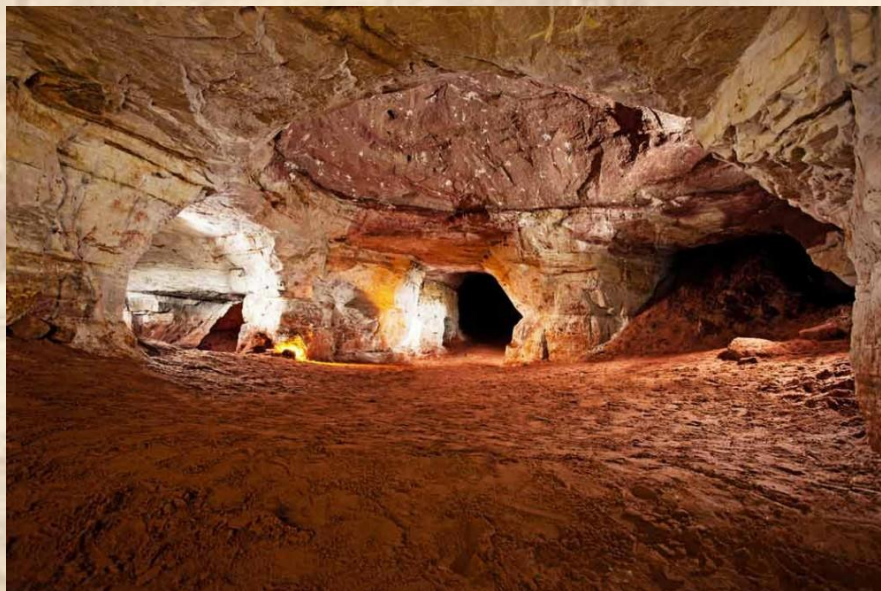


Рисунок 1.1 – Общий вид пещер

В связи с тем, что естественные обиталища не могли удовлетворить всем нуждам древних людей, а также начали появляться первые строительные инструменты из древесины, камней и костей животных начинается процесс обустройства жилища. В этот период времени (примерно 75...60 тыс. лет назад) началось мощение жилых площадок камнем и возведение древних оград. Примеры такого использования камня показаны на рисунке 1.2.

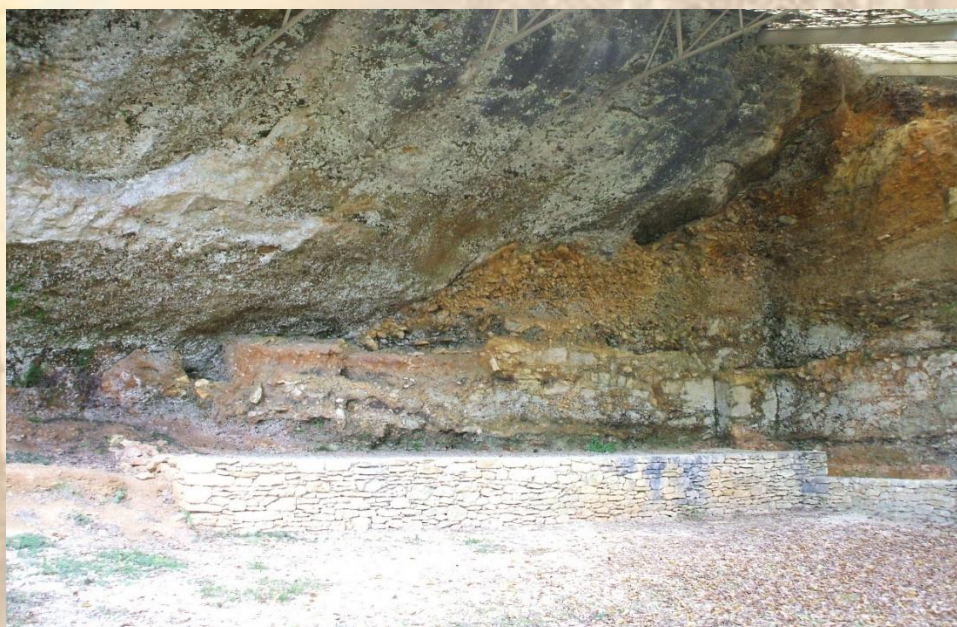


Рисунок 1.2 – Древняя стоянка Ла Феррасси

1.1.2 Строительство мегалитов

При переходе от кочевого к оседлому образу жизни начали возводиться не только жилища, но и первые сооружения культового назначения, получивших название мегалитов. Мегалиты – это сооружения из огромных каменных глыб, характерные в основном для финального неолита и энеолита (IV...III тыс. до н. э. в Европе, либо позднее в Азии и Африке). К ним относятся менгиры, дольмены и кромлехи. Менгиры по сути являются первыми каменными памятниками (древний обелиск) в виде установленного человеком грубо обработанного дикого камня, у которого горизонтальные размеры значительно меньше вертикальных. Дольмены же одни из первых каменных сооружений, которые имеют как внутреннее пространство, так и внешний объем (рисунок 1.3). Кромлех представляет собой ряд поставленных вертикально в землю продолговатых камней, которые образуют одну или несколько окружностей. Строительство кромлехов велось с учетом архитектурной композиции, масштаба, ритма и т.д. Назначение первых сооружений из природного камня до сих пор до конца не установлено, и вызывает большое количество споров в среде специалистов.



Рисунок 1.3 – Дольмены

Видео дольмены

1.1.3 Сооружения древнего Египта

В времена, когда в Европейской части возводили дольмены в Египте начали возводить сооружения невероятных объёмов и размеров, которые все своим весом принижали людей перед божествами и императором. Самые известные – это пирамиды. Самой древней считается пирамида Джосера (рисунок 1.4), построенная архитектором Имхотепом в период с 2667 по 2648 гг. до н. э., а крупнейшей из египетских пирамид – это пирамида Хеопса, состоящая из блоков известняка и гранита. И так в этот период времени натуральный камень начинает выполнять не только несущую, но и декоративную функцию. Пирамида Хеопса была построена на естественном известняковом холме. После того, как пирамида лишилась нескольких слоёв облицовки, этот холм частично просматривается на восточной, северной и южной сторонах пирамиды. Первоначально пирамида была облицована более твёрдым, чем основные блоки, белым известняком. Верх пирамиды венчал позолоченный камень — пирамидион.

Также начали изготавливать скульптуры с более детальной проработкой внешнего вида. Таким образом, в древнем Египте впервые начали применять камень в качестве облицовочного материала.



Рисунок 1.4 – Пирамида Джассера

Видео пирамиды

1.1.4 Строительство Железного века

Позже в эпоху железного века с появлением первых железных строительных инструментов и более точной обработки камня начали возводиться жилища из мелких камней с последующей обмазкой глиной, которые раскинулись на территории современной Англии и Африки. Ярким представителем такой постройки является Большой храм Зимбабве, длина наружной стены по периметру, которого составила 300 м, а высота 9 м. На сооружение «эллипса» ушло почти 900 тысяч каменных блоков, что соответствует 22,5 млн «европейских кирпичей», весь же «храм» весит не менее 100 тысяч тонн (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Большой храм Зимбабве

Видео железный век

1.1.5 Эпоха Античности

Массово каменное строительство для постройки сооружений начали применять в V...IV вв. до н. э. на территории древней Греции и Рима, где с помощью обыкновенного камня возводились не только сооружения сложных архитектурных форм, но и создавались скульптуры с мельчайшими деталями. Так же начали применять малые архитектурные формы, такие как ордера, пилястры и карнизы.

В этот период времени наибольшую популярность приобретает каменная стоечно-балочная система. Однако данный вид конструкции не позволяла создавать требуемые на том периоде развития объемы и пролеты. Поэтому от применения натурального камня постепенно начинают отказываться, заменяя его бетоном. Природному камню в этот период времени отводится роль облицовочного декоративного материала. Архитектура Античности развивалась семимильными шагами вплоть до 235...285 годов н. э. И стало угасать вместе с распадом римской империи. Ярчайшими представителями данного периода являются Акрополь, Колизей и т.д. (рисунок 1.6).

Видео Античности



Рисунок 1.6 – Акрополь

1.1.6 Сооружения Средневековья

С наступлением смутных времен и потерей технологий строительства античности происходит деградация архитектуры. Строительство возвращается к камню как конструкционному материалу. В связи с началом феодальных войн возросла потребность в укрепленных сооружениях, в которых главная несущая роль отводится камню. Яркими представителями этой эпохи являются многочисленные замки, раскиданные по всей территории современной Европы (рисунок 1.7).

Строительство с использованием декоративных элементов применялось только для возведения храмов и соборов. В основном они возводились в готическом стиле. Для готики характерны арки с заостренным верхом, узкие и высокие башни и колонны, богато украшенный фасад с резными деталями (вимперги, тимпаны, архивольты) и многоцветные витражные стрельчатые окна.



Рисунок 1.7 – Замок Гогенцоллерн

1.1.7 Эпоха Возрождения

С приходом XV века и сменой феодального общественного устройства на буржуазный строй начинается возрождение наследия античности. Наблюдается кардинальное изменение в философии, литературе, живописи и конечно строительстве. Особенное значение в этом направлении придаётся формам античной архитектуры: симметрии, пропорции, геометрии и порядку составных частей, о чём наглядно свидетельствуют уцелевшие образцы. Сложная пропорция средневековых зданий сменяется упорядоченным расположением колонн, пилястр и притолок, на смену несимметричным очертаниям приходит полукруг арки, полусфера купола, ниши, эдикулы. Архитектура снова становится ордерной (рисунок 1.8).

Развитие Архитектуры Возрождения привело к нововведениям в использовании строительных техник и материалов, к развитию архитектурной лексики. Важно отметить, что камень начинает применяться только при фундаментальном строительстве храмов и светских сооружений.



Рисунок 1.8 – Собор святого Марка Венеция

Видео возрождение

1.1.8 Барокко и классицизм

В середине XVIII века происходит промышленная революция и технологии начинают развиваться огромными шагами вперед. Происходит возрождения технологий античности, появляются новые материалы такие как бетон, портланд-цемент, римский цемент. И камень массово начинает использоваться как отделочный материал, а также и в малых архитектурных формах. В то время очень популярными стилями считались барокко и классицизм. Для барокко характерны контрастность, напряжённость, динамичность образов, аффектация, стремление к величию и пышности, к совмещению реальности и иллюзии, к слиянию искусств. А черты классицизма в архитектуре черпают свои мотивы в традициях античности, олицетворением которой стал фасад греческого храма или римского сооружения с портиком, колоннадами, треугольным фронтоном, расчленение стен пилястрами, карнизами – элементами ордерной системы. Украшением фасадов служат гирлян-

ды, урны, розетки, пальметты и меандры, бусы и ионики. Планы и фасады симметричны относительно главного входа. В окраске фасадов преобладает светлая палитра, при том, что белый цвет служит для акцентирования внимания на архитектурных элементах: колоннах, портиках и т.д., которые подчеркивают тектонику строения (рисунок 1.9).

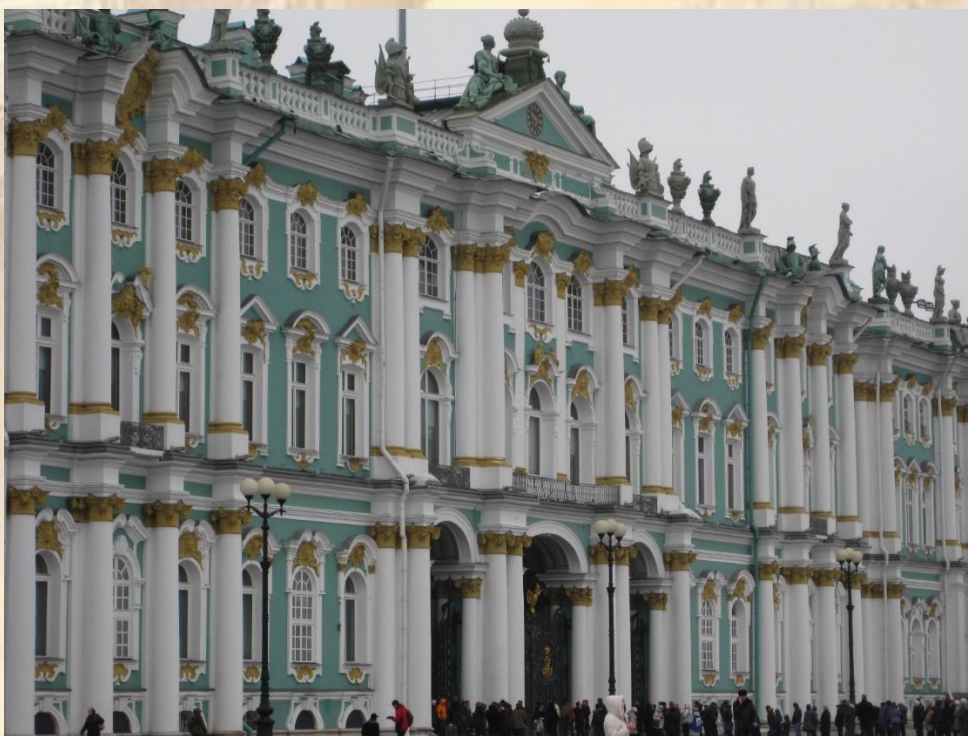


Рисунок 1.9 – Эрмитаж

Видео эрмитаж

1.1.9 Строительство Советского периода

Вплоть до Октябрьской революции и смены режима в стране архитектура и строительство развивается в общем векторе, заложенном в XVIII и XIX веках, естественно с небольшими видоизменениями и отклонениями. Однако с приходом к власти большевиков происходит коренное переосмысление идеалов во всех сферах жизни, в том числе и в строительстве: на первый план выходят функцио-

нализм, от всех буржуазных излишеств отказываются. В начале 30-х годов XX века в архитектуре окончательно складывается и начинает преобладать неоклассика, так называемый Сталинский ампи́р (рисунок 1.10), отличительными чертами которого являлись комплексный подход к застройке с планированием рекреационных зон, транспортной инфраструктуры, магазинов и комбинатов бытового обслуживания на основе социалистической урбанистики, предполагающую ряд основополагающих принципов [1]:

- ансамблевую застройку улиц и площадей;
- синтез архитектуры, скульптуры и живописи;
- разработка традиций русского классицизма;
- использование архитектурных ордеров;
- барельефы с геральдическими композициями и изображениями трудящихся, а также на темы триумфа и регалий власти (фасции, ликторские топоры, венки, копья и т. д.);
- оптимистический настрой всего произведения;
- использование мрамора, гранита, бронзы, ценных пород дерева и лепнины в оформлении общественных интерьеров; нависающие объёмы.



Рисунок 1.10 – Здание Министерства иностранных дел России

С 1955 года в архитектуре России начинаются смутные времена: выходит Постановление № 1871 ЦК КПСС и СМ СССР «Об устранении излишеств в проектировании и строительстве» от 4 ноября 1955 года, которое одновременно завершает эпоху советского монументального классицизма[2]. С зданий, которые уже строились, в приказном порядке убиралось максимальное количество архитектурного декора, если это было технически возможно (рисунок 1.11). Были и более серьезные случаи, когда из-за таких пересмотров строительство зданий останавливалось и возобновлялось по пересмотренным проектам через годы [3]. Натуральный камень в этот период времени практически не применялся в строительстве.



Рисунок 1.11 – Гостиница Россия

Видео СССР

1.1.10 Современные сооружения

В современном мире от камня как от несущего материала отказались полностью. Только в редких случаях его применяют чаще всего при реконструкции

памятников истории. Сейчас в основном ему отводится роль декоративного материала, в облицовки интерьеров и экстерьеров, а также в создании малых архитектурных форм.

Таким образом, натуральный камень за свою многовековую историю прошел путь от несущего до отделочного материала. Однако в настоящее время из-за ряда объективных и субъективных причин его пытаются заменить искусственным камнем, даже в роли облицовочного материала (рисунок 1.12) [4].

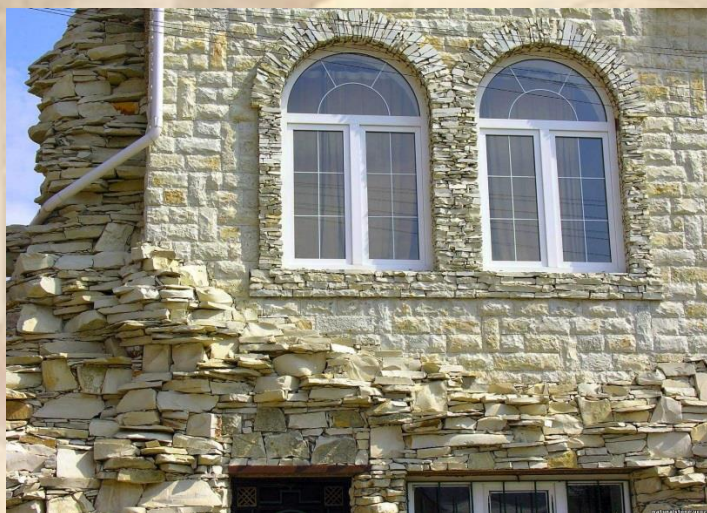


Рисунок 1.12 – Облицовка искусственным камнем

1.2 Объективные и субъективные предпосылки появления искусственного камня

Одной из причин поиска альтернативы природному камню являются проблемы, возникающие при его добыче. Ведь масштабы добычи полезных ископаемых велики – в расчете на одного жителя Земли в год добывается до 20 тонн сырья, из которых менее 10 % переходит в конечный продукт, а остальные 90 % – отходы. Все это приводит к серьезным экологическим проблемам, которые влияют на литосферу, атмосферу, воду и животный мир. Из-за этого растет вероятность оползней и обвалов (рисунок 1.13).

Другой важной проблемой является невозможность создания безотходного производства. Например, при добыче высококачественных гранитов Карелии остается много обломков, из которых можно было бы получить дополнительное количество стройматериалов. Таким образом, проблема безотходного производ-

ства тесно связана с проблемой очистки площадей от обломков и загрязнения атмосферы от пыли[5, 6].



Рисунок 1.13 – Оползни обвалы

Также происходит загрязнение почв из-за огромного выброса пыли при перевозке сырья (рисунок 1.14). Пыль разлетается на многие километры и оседает на поверхности почвы, на растениях и деревьях. Возможно загрязнение подземных вод и в следствие отравление ближайших источников воды.



Рисунок 1.14 – Выброс пыли

Добыча сырья значительно истощает земную кору, с каждым годом уменьшаются запасы веществ, руды становятся менее насыщенными. В связи с этим растут затраты на добычу и переработку, и, вследствие, повышаются цены

на сырье. Массовому потребителю недоступны цены на натуральный природный камень.

Таким образом, поменялась не только функция камня (он стал декоративным материалом), но и начался процесс поиска его альтернативы, который привел к созданию на базе известных физико-механических закономерностей проектирования состава материала так называемого искусственно камня [7].

1.3 Физико-химические основы производства

Сумма объективных (экологичность) и субъективных (стоимость) предпосылок стало причиной появления нового строительного материала – искусственного камня. Применение разных компонентов и технологий производства привело к появлению четырех видов искусственного камня:

– оселковый, исходными компонентами которого являются гипс и различные пигменты, а главным физико-химическим процессом его производства – гидратация гипса;

– литевой, исходными компонентами которого являются эпоксидная смола, мраморная крошка и пигменты, а главным физико-химическим процессом его производства – полимеризация или поликонденсация смолы. Так как литевой камень по способу своего производства является отдельной группой, которая кардинально отличается от производства других видов камня, то для оптимизации его технологического процесса требуется более углубленное изучение, вследствие чего в данной научно-исследовательской работе данный вид камня рассматриваться не будет [8, 9].

– формовой, исходными компонентами которого являются цемент, арматура и пигменты, а главным физико-химическим процессом его производства – гидратация цемента;

– гибкий камень, исходными компонентами которого являются подложка, компаунд (связующее) и материал декоративного слоя, а главные физико-химические процессы его производства – это полимеризация или поликонденсация смолы.

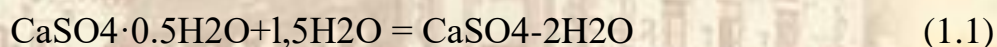
1.3.1 Физико-химические основы производства оселкового камня

Оселковый камень (рисунок 1.15) представляет собой окрашенную гипсовую массу, затворенную водой.



Рисунок 1.15 – Оселковый камень

Главным физико-химическим процессом производства оселкового камня является, как указывалось ранее, процесс гидратации гипса. Схватывание и твердение строительного гипса (β -модификация) и высокопрочного гипса (α -модификация) обусловлены переходом их при взаимодействии с водой в двугидрат по схеме:



По теории А. ЛеШателье (1887 г.), при смешении с водой полуводный гипс растворяется с образованием насыщенного водного раствора. В растворе он взаи-

модействует с водой и переходит в двуводный. Так как растворимость полугидрата в воде, считая на CaSO_4 , составляет около 8 г, а равновесная растворимость двугидрата около 2 г на 1 л, то раствор становится пересыщенным по отношению к двугидрату. Поэтому в жидкой фазе возникают условия для образования зародышей кристаллов двуводного гипса и выделения их из раствора. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение концентрации полугидрата в жидкой фазе и создает возможность для растворения новых порций этого вещества и образования пересыщенного раствора $\text{CaSO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

По мере выделения из раствора всё новых и новых количеств двуводного гипса кристаллики его растут, переплетаются, срастаются и обуславливают схватывание и твердение исходной смеси гипса с водой. Нарушение структуры твердеющего гипса после начала его схватывания приводит к резкому снижению его прочности.

По теории А. А. Байкова (1923 г.), процессы твердения полуводного гипса, а также других минеральных вяжущих веществ, образующих гидратные соединения, можно разделить на три периода.

В первом периоде, начинающемся с момента смешения гипса с водой, растворяется полугидрат и образуется его насыщенный раствор.

Во втором периоде вода взаимодействует с полуводным гипсом с прямым присоединением ее к твердому веществу. Это приводит к возникновению двуводного гипса в виде высокодисперсных кристаллических частичек и к образованию коллоидной массы в виде геля, что сопровождается схватыванием массы.

В третьем периоде частички двугидрата коллоидных размеров перекристаллизовываются с образованием более крупных кристаллов, что сопровождается твердением системы и ростом ее прочности.

Следует подчеркнуть, что по А. А. Байкову, эти периоды не следуют строго один за другим. Они налагаются так, что в твердеющей массе одновременно протекают процессы коллоидообразования, характерные для второго периода, и процессы перекристаллизации в более крупные частички. Дальнейшее высыхание затвердевшей системы приводит к значительному увеличению прочности.

Исследования твердения вяжущих веществ, проведенные в последнее время, позволили глубже проникнуть в его сущность. Однако полного представления об этом процессе еще нет. Основные теории твердения вяжущих веществ (А. Ле Шателье, А. А. Байкова) были развиты другими учеными, установившими, что в ряде их положений есть общие элементы. Гидратация полуводного гипса идет по схеме А. Ле Шателье с образованием кристаллизационной структуры. При этом рост прочности системы обычно заканчивается несколько раньше полного перехода полуводного гипса в двуводный. Прекращение роста прочности или даже понижение ее в конечной стадии гидратации гипса объясняется частичным разрушением структуры под влиянием внутренних напряжений, возникающих в процессе направленного роста кристалликов, спаянных между собой контактами срастания и образующих сплошную кристаллизационную структуру затвердевшего гипса [10].

1.3.2 Физико-химические основы производства формового камня

Формовой камень, по сути, представляет бетонную смесь, затворенную в специальных формах с последующей обработкой для придания готовому изделию требуемого внешнего вида. Может имитировать разные материалы такие как бронза, дерева и др. (рисунок 1.16).



Рисунок 1.16 – Формовой камень

Главным физико-химическим процессом производства формового камня является, как указывалось ранее, процесс гидратации цемента. Первоначально жидкий или пластичный цементный клей превращается в результате гидратации в цементный камень. Первая стадия этого процесса называется загустеванием, или схватыванием, дальнейшая — упрочнением, или твердением.

Гидратация рассматривается в двух аспектах: как пространственный процесс (какие объемы занимают новообразования, и какую структуру они имеют?) и как химический процесс (каков состав новообразования?).

При рассмотрении гидратации как пространственного процесса считается, что цементные частицы в виде дробленых зерен окружены водой затворения, объем которой относительно велик (50...70 объемных процентов), этот объем заполняется новообразованиями, таким образом, чтобы возникла прочная структура (цементный камень). Благодаря химическим реакциям с водой уже через несколько минут возникают как на поверхности зерен, так и в воде иглообразные кристаллы, а через 6 часов уже образуется так много кристаллов, что между цементными зернами возникают пространственные связи. Через 8...10 часов весь объем между постепенно уменьшающимися зернами цемента заполнен скелетом иглообразных кристаллов, который вследствие возникновения из C_3A называется также «алюминатной структурой». Будучи до сих пор пластичной, масса начинает застывать, и происходит быстрое нарастание прочности. В оставшихся пустотах возникают одновременно, но сначала гораздо менее интенсивно продукты гидратации клинкерных минералов C_3Si и C_2Si . Последние образуют однородный чрезвычайно тонкопористый ворс из очень малых кристаллов, так называемую силикатную структуру. Значение этой структуры все более увеличивается. Она является собственно носителем прочности цементного камня и приблизительно через сутки начинает вытеснять алюминатную структуру. В возрасте 28 суток (обычный срок испытания цемента и бетона) обнаруживается только силикатная структура. К этому времени процесс гидратации еще не закончен, в ряде случаев он может продолжаться годы. Возникновение продуктов гидратации рассматривают как гелеобразование, а продукты гидратации — как гель. Скорость, с которой протекают

эти процессы, зависит от: крупности цементных зерен (тонкости помола цемента), минерального состава клинкера цемента, количества воды, температуры гидратации, введенных добавок.

Для полной гидратации цементного зерна необходимо присутствие 0,4-кратного количества воды от его массы. Однако из нее только 60 % (т. е. 0,25 массы цемента) связывается химически. Остальные 40 % исходной воды остаются в порах геля (гелевые поры) слабо связанными. Размер гелевых пор составляет около 3-10~7 мкм. Они неизбежны и служат причиной тонкопористого строения гелевой массы. Поэтому плотный объем геля (без пор) на такую величину меньше суммы объемов исходных компонентов цемента и воды. Этот процесс называют усадкой, а освобождающийся в цементном камне объем – объемом усадки. При наличии воды именно этот объем пор заполняется водой. При полной гидратации цементного клея получаем гель, объем которого примерно на 30 % состоит из пор. Схематически объемные изменения представлены на (рисунок 1.17).

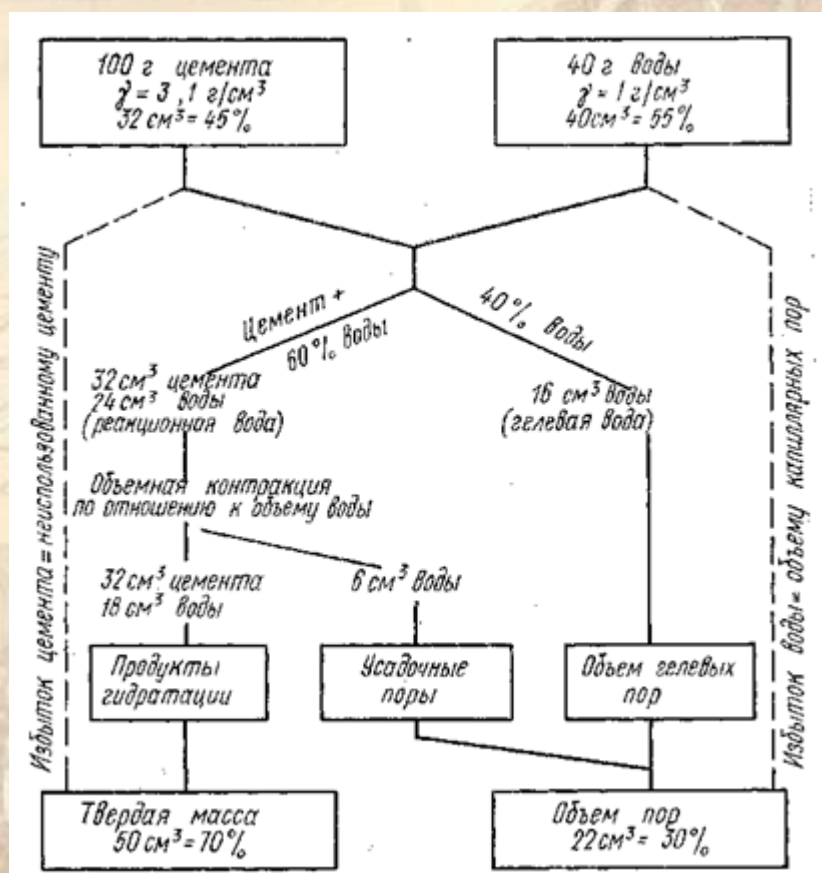
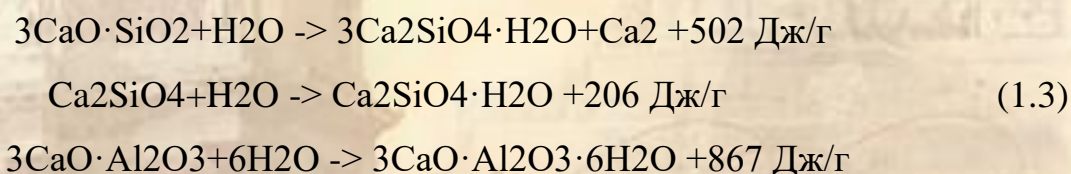


Рисунок 1.17 – Гидратация цемента в цементный клей (представлена на примере объемных изменений цементного клея, состоящего из 100 г цемента и 40 г воды — В/Ц = 0,4)

При рассмотрении гидратации как химического процесса безводные минералы клинкера при реакции с водой превращаются в гидросиликаты, гидроалюминаты и гидроферраты кальция.



Образовавшийся Ca_2 под действием CO_2 воздуха постепенно превращается в CaCO_3 , гидроалюминаты кальция с гипсом в присутствии воды дают двойные основные сульфаты, например, $\text{Ca}_6\text{Al}_2 \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ca}_4\text{AlSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При получении бетона образовавшийся Ca_2 с CO_2 воздуха и SiO_2 превращается в очень прочную массу, состоящую из карбонатов и силикатов кальция [11].

1.3.3 Физико-химические основы производства гибкого камня

Отделочный материал типа гибкий камень (рисунок 1.18) проектируется слоистым композитом, состоящим из подложки, связующего (компаунда) и материала декоративного слоя.

Композиты слоистого вида получаются путем закрепления материала декоративного слоя на основе (подложки) с помощью компаунда (связующего). Таким образом, основой физико-химического процесса композита является процесс полимеризации или поликонденсации связующего, который более подробно был рассмотрен ранее в 1.2.2.



Рисунок 1.18 – Гибкий камень

Однако к настоящему времени известно два способа изготовления гибкого камня. В первом классическом случае, запатентованном немцами, к тщательно выровненному срезу песчаника прикладывается марлевое полотно, которое в последствие пропитывается дисперсным акриловым составом. После пропитки полотна дисперсным акриловым составом начинается процесс его полимеризации, после завершения, которого полотно от песчаника отрывается. При этом тонкий слой основы приклеивается к основе. Процедура повторяется. По сути, получается природный естественный отделочный материал с природной фактурой. Но при использовании данного способа сложность заключается в том, что необходимо в горах найти живописный срез, при использовании одного и того же среза рисунок менять не будет, производство жестко привязано к горам и требует учета сезонных, природных и климатических факторов.

Второй способ отличается тем, что материал получается в заводских условиях, т.е. на подготовленную основу вручную наносится песчаная или мраморная крошка, которая пропитывается клеящим составом. Сушка листов происходит в хорошо проветриваемом помещении. Главным недостатком данного способа яв-

ляется отсутствие рецептуры и технологических параметров производства, что не позволяет получать материал высокого качества.

1.4 Выводы

На основе анализа были выявлены существующие методики производства и физико-механические основы производства искусственного камня, Обоснован выбор исходных компонентов для производства искусственного камня и доказана необходимость использования искусственного камня.

2 Опыт изготовления оселкового камня

Как уже указывалось ранее, основным исходным материалом для производства оселкового камня является гипсовое вяжущее (гипс), получаемое путем термической обработки гипсового сырья до полугидрата сульфата кальция или ангидрита. Оно является вяжущим воздушного твердения.

Оптимальной маркой гипсового вяжущего для изготовления оселкового камня является марка Г-16, так как именно она является наиболее распространенной среди марок высокопрочного гипса. Использование марок с Г-2 по Г-5 не позволяет получить изделие требуемой прочности.

При изготовлении изделия изначально необходимо определить требуемую массу гипса, которая зависит от объема будущего изделия. Экспериментальные исследования показали, что при нормальной густоте гипсового теста на 1 дм³ требуется около 1200 граммов гипсового вяжущего. Далее, исходя из определенной для данной марки гипса нормальной густоты гипсового теста (В/Г), определяется требуемое количество воды.

Нормальная густота или стандартная консистенция гипсового теста соответствует такому процентному соотношению воды к гипсу, при котором расплыв гипсового теста, помещенного в стандартный цилиндр при его поднятии, составляет (180±5) мм. Она определяется с помощью вискозиметра Суттарда по стандартной методике, прописанной в ГОСТе 23789-2018, методом последовательного приближения. Эта характеристика является одной из основных и прописывается на упаковке. Однако для каждой новой партии вяжущего рекомендуется ее уточнять, так как на нее оказывают влияние условия и срок хранения. Определение нормальной густоты гипсового теста представлено ниже.

видео с определением нормальной густоты

Экспериментальные исследования показали, что для партии гипсового вяжущего марки Г-16, используемой в дальнейшем для изготовления лабораторных образцов (рабочая партия), для получения гипсового теста нормальной густоты требуется 40 % воды от массы гипса ($V/G=1:2,5$).

После определения требуемого количества воды гипс в течение 2...5 с добавляется в воду и перемешивается до однородной массы. Далее полученное гипсовое тесто укладывается в формы, в которых и происходит твердение. Время от смешивания гипсового вяжущего с водой до его твердения является еще одной важной характеристикой вяжущего, так как определяет возможное время работы с гипсовым тестом. Срок схватывания, измеряемый в минутах, определяется с помощью прибора Вика по стандартной методике, прописанной в ГОСТе 23789-2018. В зависимости от срока схватывания гипс по ГОСТ 125-2018 делится на быстротвердеющий: начало схватывания (свободно опущенная игла не доходит до пластины) не ранее 2 минут, конец схватывания (свободно опущенная игла погружается не более чем на 1 мм) не позднее 15 минут; нормально твердеющий: начало схватывания не ранее 6 минут, конец – не позднее 30 минут; быстротвердеющий: начало – не ранее 20 минут, конец схватывания не нормируется. Марка по срокам схватывания, как правило, указывается на упаковке. Однако ее также перед началом использования новой партии гипсового вяжущего требуется уточнить. Определение сроков схватывания представлено ниже.

видео с определением сроков схватывания

Экспериментальные исследования показали, что для рабочей партии гипсового вяжущего марки Г-16 срок схватывания составляет 22 минуты, что позволяет его отнести к нормально твердеющему. Таким образом, уже через 22 минуты после смешивания гипса с водой получается готовое изделие (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Внешний вид готового изделия

Немаловажным показателем изделия, отвечающим за его сохранность, являются механические показатели: чем они ниже, тем меньше будет срок службы. Механические характеристики (прочность на сжатие и изгиб) также рекомендуется устанавливать для каждой новой рабочей партии гипсового вяжущего и сравнивать с минимальными для выбранной марки показателями, приведенными в ГОСТе 125-2018. Прочностные характеристики определяются по стандартной методике, прописанной в ГОСТе 23789-2018. Их определение представлено ниже [12, 13].

видео с определением с определенными характеристиками

Экспериментальные исследования показали, что для рабочей партии гипсового вяжущего марки Г-16 предел прочности при сжатии составил 16 МПа, а при изгибе 6 МПа, что соответствует марки гипса Г-16 (не менее 16 МПа при сжатии и не менее 6 МПа при изгибе).

Полученное таким образом изделие может использоваться в качестве готового если речь идет о создании изделия в стилистике античности, во всех остальных случаях требуется дальнейшие манипуляции с ним или технологией производства [14, 15, 16].

2.1 Изготовление образцов одного цвета

Для получения необходимого цвета используется два приема: первый – прокраска в массе по всему объему, а второй – окраска только внешнего слоя.

2.1.1 Прокраска в массе

В данном случае всему объёму готового изделия придаётся требуемый цвет. Это достигается тем, что в гипсовую массу в процентном соотношении добавляется колер. Требуемое процентное содержание колера для достижения необходимой тональности было определено на основе экспериментального исследования. Суть исследования заключается в том, что изготовленные образцы с процентным содержанием колера от 10 до 70 % с шагом в 10 % делятся по тональности с помощью метода экспертной оценки на основные группы, в

которых аналогичным способом устанавливается оптимальное процентное содержание колера.

Исходя из требуемого объема изготавливаемого изделия (в случае изготовления изделия приведенного на рисунке 2.1 – около $0,17 \text{ дм}^3$) с небольшим запасом берется 180 г гипса и 72 г раствора воды с колером требуемого цвета. В работе для повышения достоверности результатов использовались три цвета: синий, красный и фиолетовый, для каждого из которых обработка результатов (мнения экспертов) проводились в отдельности с последующим сопоставлением конечного результата. Состав гипсового теста в зависимости от процентного содержания колера представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Состав гипсового теста

Процентное содержание колера, %	Масса гипса, г	Масса воды, г	Масса колера, г
1	2	3	4
10	180	64,8	7,2
20	180	57,6	14,4
30	180	50,4	21,6
40	180	43,2	28,8
50	180	36,0	36,0
60	180	28,8	43,2
70	180	21,6	50,4

С увеличением процентного содержания колера физико-механические характеристики готового образца начинают снижаться, именно этим обусловлено максимальное процентное содержание колера в 70 %.

Полученные тональности образцов в зависимости от процентного содержания колера показаны на рисунках 2.2...2.3. Номер кодировки обозначает число, присвоенное образцу для его идентификации, в дальнейшем – номер образца.

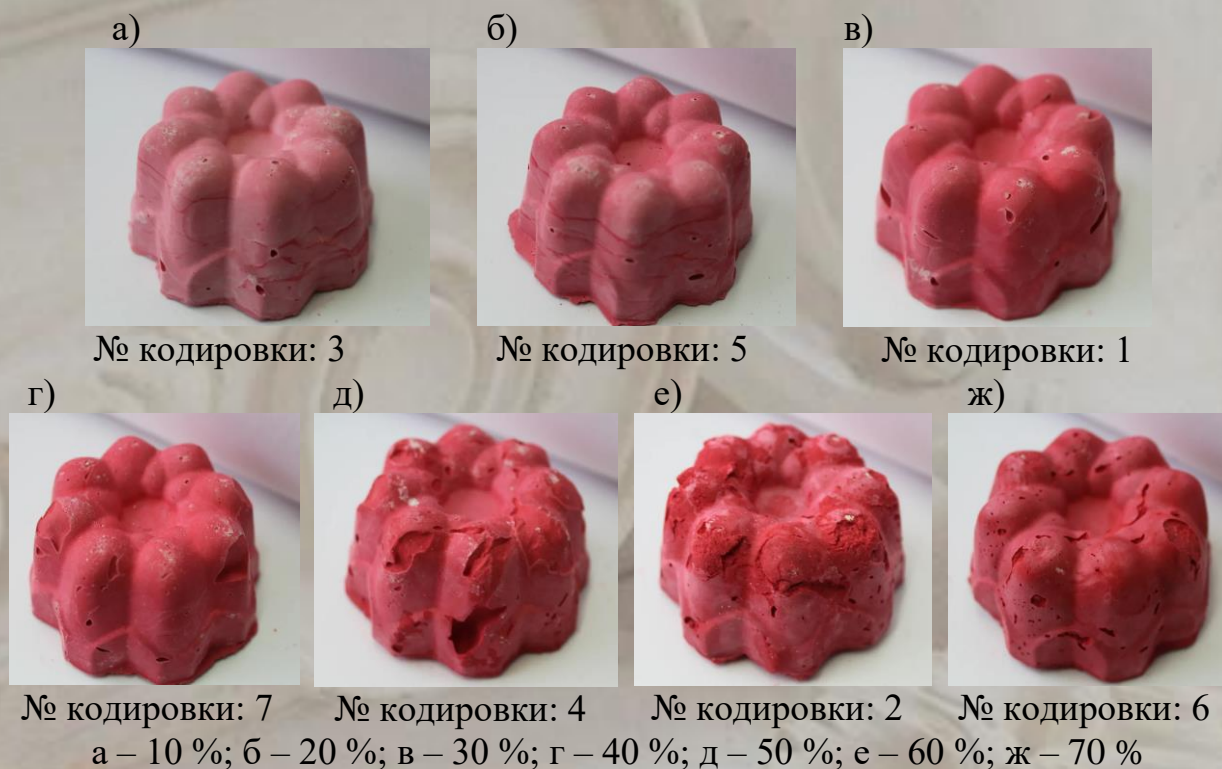


Рисунок 2.2 – Внешний вид образцов прокрашенных в массу в красный цвет с разным содержанием колера



Рисунок 2.3 – Внешний вид образцов прокрашенных в массу в синий цвет с разным содержанием колера

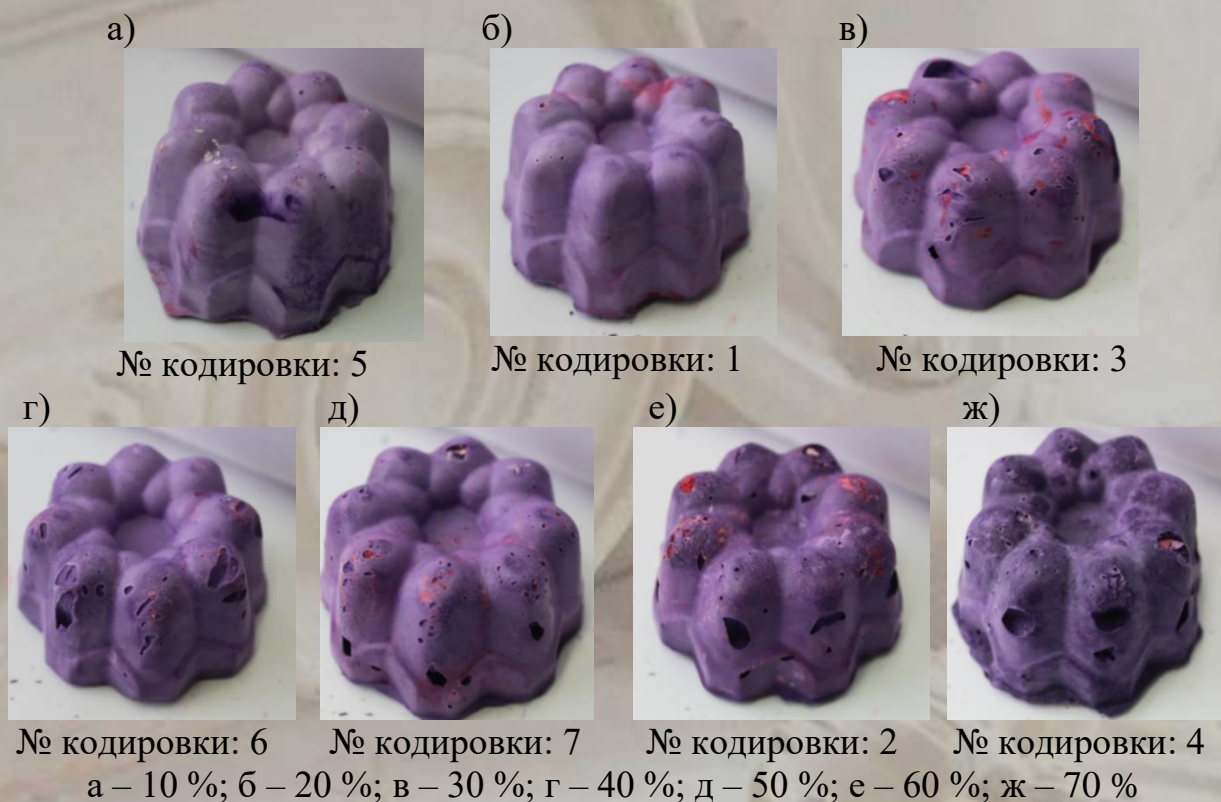


Рисунок 2.4 – Внешний вид образцов прокрашенных в массу в фиолетовый цвет с разным содержанием колера

В связи с тем, что количественно оценить тональности образцов, а точнее предпочтительность тональностей, не представляется возможным, разделение полученных образцов на группы по тональности, установление оптимальной тональности в каждой группе и по каждому цвету проводилось методом экспертных оценок, входящим в состав репрезентативной теории измерений. Метод позволяет получить мнения экспертов в порядковой шкале, при этом агрегированное (обобщенное) мнение экспертов принималось за конечный результат. Использовались два метода экспертных оценок: 1) метод средних арифметических рангов; 2) метод медиан рангов.

Суть метода заключалась в ранжировании тональностей образцов в зависимости от предпочтения эксперта, причем номер ранга повторяться не должен. Наиболее предпочтительной тональности присваивается ранг 1, наименее предпочтительной ранг 7, так как общее количество образцов составляет 7 штук.

Экспертная группа составляла 15 человек, причем при подборе экспертов к ним предъявлялись требования по наличию креативности, конструктивности и самокритичности. В связи с тем, что мужчины и женщины по-разному воспринимают цветовые решения, их соотношение в группе было близко к единице. Для исключения эффекта давления мнения авторитета сбор мнения экспертов осуществлялся путем индивидуального анкетирования.

Анкетирования проводилось на основе заполнения двух анкет, причем анкеты заполнялись экспертами в разные промежутки времени. Это позволяет с одной стороны повысить достоверность получаемых данных, а с другой – на основании совокупности данных первой анкеты, шаблон которой представлен на рисунке 2.5, заполнить в шаблоне второй анкеты, представленной на рисунке 2.6, графы «Название группы» и «Номер образца». Анкеты состоят из вопросов, относящихся к двум группам: объективные данные об эксперте и основные вопросы по сути анализируемой проблемы. Первый основной вопрос обеих анкет (расположите образцы...) позволяет провести оценку эксперта по критерию правильности восприятия им цветовых тональностей, что позволяет отсеять экспертов, не отличающихся таким восприятием, что в свою очередь повышает достоверность окончательных выводов исследования.

АНКЕТА									
Фамилия:					Имя:				
Расположите образцы по тональности от бледного тона к яркому:									
Разделите образцы на три группы по тональности. Дайте название каждой тональности.									
Номер группы									
I			II			III			
Название группы									
Номера образцов принадлежащих к группе									
Присвойте каждому образцу ранг.									
Номер образца									
Ранг									
Объекту имеющему предпочтительную тональность присваивается ранг 1, объекту с наименьшей предпочтительностью тональности - п, где п - количество образцов. Каждый ранг приваивается единожды.									
Эксперт									
					подпись		Фамилия. И.О.		

Рисунок 2.5 – Шаблон анкеты № 1

АНКЕТА									
Фамилия:					Имя:				
Расположите образцы по тональности от яркого тона к ябледному:									
Присвойте каждому образцу в каждой группе ранг.									
Название группы									
Номер образца									
Ранг									
Название группы									
Номер образца									
Ранг									
Название группы									
Номер образца									
Ранг									
Объекту имеющему предпочтительную тональность в каждой группе присваивается ранг 1, объекту с наименьшей предпочтительностью тональности - п, где п - количество образцов в группе. Каждый ранг в каждой группе приваивается единожды.									
Эксперт									
					подпись		Фамилия. И.О.		

Рисунок 2.6 – Шаблон анкеты № 2

Результаты, по разделению образцов на группы в зависимости от их то-нальности, сведены в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Разделение образцов на группы в зависимости от процентного содержания колера

Номер группы	Название группы	Номера образцов	Процентное содержание колера
1	2	3	4
красный			
I	Бледно-красный	3, 5	10, 20
II	Красный	1, 7	30, 40
III	Тёмно-красный	2, 4, 6	50, 60, 70
синий			
I	Светло-голубой	7, 2, 3	10, 20, 30
II	Голубой	5, 6	40, 60
III	Синий	1, 4	50, 70
фиолетовый			
I	Светло-фиолетовый	5, 1	10, 20
II	фиолетовый	3, 6, 7	30, 40, 50
III	Темно-фиолетовый	2, 4	60, 70

Полученные мнения по третьему вопросу первой анкеты сведены в таблицы 2.3...2.5.

Таблица 2.3 – Мнения экспертов по ранжированию образцов фототаблицы 2 (красный цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой						
	1	2	3	4	5	6	7
1	6	1	7	3	5	2	4
2	7	1	4	3	5	2	6
3	5	1	7	3	6	2	4
4	6	2	7	3	5	1	4
5	5	3	7	2	6	1	4
6	3	1	6	7	4	2	5
7	3	6	1	5	2	7	4
8	3	5	1	6	2	7	4
9	1	7	4	6	3	5	2
10	1	5	3	7	2	4	6
11	1	4	7	3	6	5	2
12	5	2	7	3	6	1	4
13	3	5	1	2	6	7	4
14	7	1	6	4	5	3	2
15	2	4	7	5	6	3	1

Таблица 2.4 – Мнения экспертов по ранжированию образцов фототаблицы 3 (синий цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	6	7	5	4	3	1
2	4	5	1	2	6	7	3
3	2	6	5	1	4	3	7
4	2	6	5	1	4	3	7
5	4	5	6	3	2	1	7
6	1	3	2	5	4	6	7
7	7	2	3	6	5	4	1
8	4	5	6	2	1	3	7
9	1	6	4	2	5	3	7
10	7	2	1	6	4	5	3
11	6	3	4	5	1	2	7
12	2	5	1	4	7	3	6
13	5	4	3	2	7	6	1
14	7	5	4	2	6	3	1
15	2	5	7	3	6	1	4

Таблица 2.5 – Мнения экспертов по ранжированию образцов фототаблицы 4 (фиолетовый цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой						
	1	2	3	4	5	6	7
1	6	2	3	4	7	5	1
2	5	3	7	1	6	4	2
3	6	3	1	4	7	5	2
4	6	5	4	1	7	3	2
5	6	2	5	1	7	3	4
6	7	6	5	1	2	3	4
7	2	6	5	7	1	3	4
8	1	6	4	7	3	2	5
9	1	5	3	4	6	2	7
10	6	1	4	2	7	5	3
11	5	3	7	4	2	6	1
12	1	6	4	5	7	2	3
13	3	6	7	1	4	2	5
14	2	5	3	7	6	4	1
15	2	7	5	6	1	3	4

По методу среднеарифметических рангов была посчитана сумма рангов, присвоенных каждому образцу. Далее она была разделена на число экспертов, т.е. был получен среднеарифметический ранг, по которым и построена

итоговая ранжировка, исходя из принципа – чем меньше средний ранг, тем предпочтительнее тональность. При равенстве среднеарифметического ранга им присваивается одинаковый средний ранг.

Метод средних арифметических рангов известен более 30 лет, однако специалисты считают его не совсем корректным, так как баллы измеряются в порядковой шкале. Поэтому помимо этого метода целесообразным является применение метод медианных рангов. Сравнение результатов полученных двумя разными методами позволит получить результат близкий к реальности.

По методу медианных рангов все ранги, поставленные экспертами определенному образцу, располагаются в порядке неубывания. Далее находится медиана такого ряда, т.е. значение, стоящее в центре. Итоговое ранжирование происходит согласно тому же принципу – чем меньше средний ранг, тем предпочтительнее тональность.

Окончательные результаты сведены в зависимости от рассматриваемого цвета в таблицы 2.6...2.8.

Таблица 2.6 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.3 (красный цвет)

Номер образца (кодировка)	1	2	3	4	5	6	7
Процентное содержание колера, %	30	50	10	60	20	70	40
Сумма рангов	58	48	75	62	69	61	56
Среднее арифметическое рангов	3,86	3,20	5	4,13	4,60	4,06	3,73
Итоговый ранг по среднему арифметическому	3	1	7	5	6	4	2
Медиана рангов	3	3	6	3	5	3	4
Итоговый ранг по медианам	1,25	1,25	7	1,25	6	1,25	5

Таким образом, анализ таблицы 2.6 позволяет сделать вывод о том, что результат определения предпочтений потребителя зависит от применяемого метода обработки данных: итоговый ранг по среднему арифметическому методу для образца №7 составляет – 2, в то время как этот же результат по медианам – 5. Анализ итоговых рангов определенный по методу медиан, а именно совпадение рангов по 4 образцам с процентным содержанием колера 30, 50, 60 и

70 % говорит о том, что явно выраженное предпочтение потребителей отсутствует, наблюдается запрос на различные тональности. При этом стоит отметить, что согласно итоговому рангу определённому по среднее арифметическому методу наиболее предпочтительным является процентное содержание в 50 %, а менее предпочтительное – 10 %.

Таблица 2.7 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.4 (синий цвет)

Номер образца (кодировка)	1	2	3	4	5	6	7
Процентное содержание колера, %	70	20	30	50	40	60	10
Сумма рангов	56	68	59	49	66	53	69
Среднее арифметическое рангов	3,73	4,53	3,93	3,26	4,40	3,53	4,60
Итоговый ранг по среднему арифметическому	3	5	4	1	6	2	7
Медиана рангов	4	5	4	3	4	3	6
Итоговый ранг по медианам	3,33	6	3,33	1,50	3,33	1,50	7

Таким образом, анализ таблицы 2.7 позволяет сделать вывод о том, что итоговый ранг по среднему арифметическому практически совпал с итоговым рангом по медианам, отклонения незначительны. Анализ итоговых рангов, определенный по методу медиан, а именно совпадение рангов по двум образцам с процентным содержанием колера 50 и 60 %, а также совпадение по образцам с процентным содержанием в 30 40 и 70 %, говорит о том, что явно выраженное предпочтение потребителей отсутствует, наблюдается запрос на различные тональности. При этом стоит отметить, что согласно итоговому рангу определённому по среднее арифметическому методу наиболее предпочтительным является процентное содержание в 50 %, а менее предпочтительное – 10 %.

Таблица 2.8 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.5 (фиолетовый цвет)

Номер образца (кодировка)	1	2	3	4	5	6	7
Процентное содержание колера, %	20	60	30	70	10	40	50
Сумма рангов	53	66	67	55	73	52	48
Среднее арифметическое рангов	3,53	4,40	4,46	3,66	4,86	3,46	3,20
Итоговый ранг по среднему арифметическому	3	5	6	4	7	2	1
Медиана рангов	5	5	4	4	6	3	3
Итоговый ранг по медианам	5,5	5,5	3,5	3,5	7	1,5	1,5

Таким образом, анализ таблицы 2.8 позволяет сделать вывод о том, что итоговый ранг по среднему арифметическому также, как и в предыдущем случае практически совпал с итоговый ранг по медианам (отклонения незначительны). Анализ итоговых рангов, определенных по методу медиан, а именно тройное совпадение рангов по двум образцам с процентным содержанием колера 40 и 50 %, 20 и 60 %, 30 и 70 % говорит о том, что явно выраженное предпочтение потребителей отсутствует, наблюдается запрос на различные тональности. При этом стоит отметить, что согласно итоговому рангу, определенному по среднее арифметическому методу, наиболее предпочтительным является также процентное содержание в 50 %, а менее предпочтительное также – 10 %.

На основании вышеизложенного предпочтительной тональностью является тональность, получаемая при добавлении 50 % колера, а менее предпочтительным при добавлении 10 %. Результаты исследования по трем партиям образцов показали, что данная закономерность не зависит от цвета, что позволяет распространить полученные результаты на иные цветовые решения. Анализ итоговых рангов по медианам для трех партий образцов (частое их совпадение) позволяют говорить о потребности потребителя к наличию большого спектра тональностей в рамках одного цветового решения.

Разброс мнения экспертов имеет большое значение для достоверности полученных результатов. Его можно оценить с помощью вариационного

размаха, среднего линейного отклонения, среднеквадратичного отклонения и, дисперсии.

Вариационный размах:

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (2.1)$$

Среднее линейное отклонение:

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \quad (2.2)$$

Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.3)$$

Дисперсия:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.4)$$

Результаты разброса мнения экспертов сведены в таблицу 2.9.

Фото формул

Таблица 2.9 – Оценка разброса мнений экспертов

Наименование показателя	Красный						
Вариационный размах	6	5	6	5	4	6	6
Среднее линейное отклонение	1,85	2,19	2,13	2,31	1,18	2,02	1,07
Среднеквадратичное отклонение	2,06	2,18	1,71	1,66	1,54	2,21	1,51
Дисперсия	4,24	4,74	2,93	2,78	2,37	4,86	2,29
Наименование показателя	Синий						
Вариационный размах	6	4	6	5	6	6	6
Среднее линейное отклонение	1,88	0,98	1,68	1,51	1,76	1,38	2,89
Среднеквадратичное отклонение	2,14	1,19	2,01	1,69	2,06	1,71	2,57
Дисперсия	4,59	1,42	4,06	2,86	4,23	2,91	6,64
Наименование показателя	Фиолетовый						
Вариационный размах	6	6	6	6	6	4	60
Среднее линейное отклонение	2,10	1,58	1,29	2,00	2,16	1,09	1,41
Среднеквадратичное отклонение	2,21	1,78	1,62	2,29	2,27	1,27	1,67
Дисперсия	4,89	3,19	2,64	5,28	5,14	1,58	2,78

Аналогичная обработка данных велась по второй анкете (установление оптимального процентного содержания колера в каждой группе). Полученные мнения по второму вопросу второй анкеты сведены в таблицы 2.10...2.12.

Таблица 2.10 – Мнения экспертов по ранжированию образцов рисунка 2.2 в каждой группе (красный цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой						
	Бледно-красный		Красный		Темно-красный		
	3 (10 %)	5 (20 %)	1 (30 %)	7 (40 %)	2 (60 %)	4 (50 %)	6 (70 %)
1	2	1	1	2	2	1	3
2	2	1	2	1	2	3	1
3	1	2	1	2	3	2	1
4	1	2	2	1	2	1	3
5	2	1	2	1	3	2	1
6	1	2	1	2	2	3	1
7	2	1	1	2	3	2	1
8	3	2	1	2	2	3	1
9	1	2	1	2	1	2	3
10	1	2	1	2	1	2	3
11	2	1	1	2	1	3	2
12	1	2	2	1	2	1	3
13	1	2	2	1	3	1	2
14	2	1	1	2	1	2	3
15	1	2	1	2	3	1	2

Таблица 2.11 – Мнения экспертов по ранжированию образцов рисунка 2.3 в каждой группе (синий цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой						
	Светло-голубой			Голубой		Синий	
	7 (10 %)	2 (20 %)	3 (30 %)	5 (40 %)	6 (60 %)	1 (70 %)	4 (50 %)
1	3	2	1	1	2	1	2
2	3	2	1	2	1	2	1
3	1	2	3	1	2	1	2
4	2	3	1	2	1	2	1
5	3	2	1	2	1	2	1
6	1	3	2	2	1	1	2
7	1	3	2	1	2	2	1
8	3	1	2	1	2	2	1
9	1	2	3	2	1	2	1
10	1	2	3	2	1	2	1
11	2	1	3	1	2	2	1
12	1	2	3	2	1	2	1
13	3	1	2	1	2	1	2
14	1	2	3	1	2	1	2
15	3	2	1	2	1	2	1

Таблица 2.12 – Мнения экспертов по ранжированию образцов рисунка 2.4 в каждой группе (фиолетовый цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой						
	Светло-фиолетовый		Фиолетовый			Темно-фиолетовый	
	5 (10 %)	1 (20 %)	3 (30 %)	7 (50 %)	6 (40 %)	2 (60 %)	4 (70 %)
1	1	2	3	2	1	1	2
2	2	1	1	2	3	1	2
3	1	2	2	3	1	1	2
4	1	2	3	2	1	1	2
5	1	2	3	1	2	1	2
6	1	2	1	2	3	2	1
7	2	1	2	1	3	2	1
8	2	1	2	1	3	2	1
9	1	2	2	3	1	1	2
10	1	2	2	3	1	1	2
11	2	1	3	1	2	2	1
12	1	2	2	3	1	1	2
13	1	2	3	2	1	1	2
14	2	1	1	2	3	1	2
15	1	2	3	1	2	2	1

Окончательные результаты сведены в зависимости от рассматриваемого цвета и группы по тональности в таблицы 2.13...2.15.

Таблица 2.13 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.10 (красный цвет)

Группа по тональности	Бледно-красный		Красный		Темно-красный		
	3	5	1	7	2	4	6
Номер образца (кодировка)	3	5	1	7	2	4	6
Процентное содержание колера, %	10	20	30	40	60	50	70
Сумма рангов	23	24	20	25	31	29	30
Среднее арифметическое рангов	1,53	1,60	1,33	1,66	2,06	1,93	2
Итоговый ранг по среднему арифметическому	1	2	1	2	3	1	2
Медиана рангов	1	2	1	2	2	2	2
Итоговый ранг по медианам	1	2	1	2	1,33	1,33	1,33

Таким образом, анализ таблицы 2.13 позволяет сделать вывод о том, что в независимости от метода определения предпочтений результат получается одинаков. На основании полученных данных предпочтительным является образец, полученный с минимальным содержанием колера в своей тональности. Так же стоит отметить, что в каждой тональности суммы рангов отличаются незначительно что говорит о слабой выраженности предпочтений.

Таблица 2.14 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.11 (синий цвет)

Группа по тональности	Светло-голубой			Голубой		Синий	
	7	2	3	5	6	1	4
Номер образца (кодировка)	7	2	3	5	6	1	4
Процентное содержание колера, %	10	20	30	40	60	70	50
Сумма рангов	29	30	31	23	23	25	19
Среднее арифметическое рангов	1,93	2	2,06	1,53	1,53	1,6	1,26
Итоговый ранг по среднему арифметическому	1	2	3	1,5	1,5	2	1
Медиана рангов	2	2	2	2	2	2	1
Итоговый ранг по медианам	1,33	1,33	1,33	1,5	1,5	2	1

Анализ таблицы 2.14 позволяет сделать вывод аналогичный предыдущему.

Таблица 2.15 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.12 (фиолетовый цвет)

Группа по тональности	Светло-фиолетовый		Фиолетовый			Темно-фиолетовый	
	5	1	3	7	6	2	4
Номер образца (кодировка)	5	1	3	7	6	2	4
Процентное содержание колера, %	10	20	30	50	40	60	70
Сумма рангов	20	25	33	28	28	20	25
Среднее арифметическое рангов	1,33	1,66	2,2	1,86	1,86	1,33	1,66
Итоговый ранг по среднему арифметическому	1	2	2	1,5	1,5	1	2
Медиана рангов	1	2	2	2	2	1	2
Итоговый ранг по медианам	1	2	1,33	1,33	1,33	1	2

Данные таблиц 2.13, 2.14 и 2.15 указывают то, что полученные зависимости являются постоянными и не зависят от цвета [17].

В случае если требуется получить цвет изделия, отличающегося от цвета производимых колеров, то требуемый цвет получается путем смешивания основных цветов с использованием цветового круга (рисунок 2.7). В центре его расположены основные цвета (синий, желтый, красный). Вторичные цвета (второй круг) получаются путем смешивания основных цветов. Третичный цвет (внешнее кольцо) получается путем смешивания первичного и вторичного цвета или двух вторичных цветов.



Рисунок 2.7 – Цветовой круг

Каждый полученный цвет может иметь большое количество оттенков, которое получается путем добавления белого, черного или серого. При этом цвета будут изменяться в сторону насыщенности и яркости.

Опытным путем было получено три новых цветовых решения показанных на рисунке 2.8. Для получения цвета, показанного на рисунке 2.8, а в гипсовую массу, а точнее в воду для замешивания гипсовой массы, добавлялись колеры двух цветов (зеленый и фиолетовый) в количестве 1% от массы воды каждого. Для получения цвета, показанного на рисунке 2.8, б в гипсовую массу, а точнее в воду для замешивания гипсовой массы, добавлялись колеры трех цветов (красный, зеленый и ярко желтый) в количестве 1% от массы воды каждого. Для получения цвета, показанного на рисунке 2.8, в в гипсовую массу, а точнее в воду для замешивания гипсовой массы, добавлялись колеры двух цветов (красный, фиолетовый) в количестве 1% от массы воды каждого. Таким образом, опытным путем можно получить практически безграничное количество всевозможных сочетаний.

а)

б)

в)







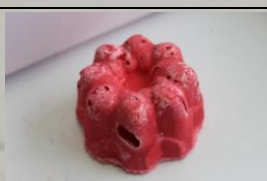







а – 1 % зеленого и фиолетового колера б – 1 % красного, зеленого и ярко желтого колера в – 1 % красного и фиолетового колера

Рисунок 2.8 – Внешний вид образцов при добавлении

2.1.2 Окраска внешнего слоя

Второй способ основан на выдержке готового образца в разведенном колере. В данном случае тональность (насыщенность цвета) зависит от времени выдержки и количества колера, разведенного в воде. Время выдержки образцов составляло 5, 15 и 60 минут, а также 24 часа. Образцы выдерживались в течение указанного времени в воде с добавлением 0,5, 1, 5 и 10 % колера. Исследования проводились на трех цветах: красный, синий и зеленый. Фотофиксация результатов исследования сведены в таблицы 2.16...2.18.

Таблица 2.16 – Фототаблица образцов в зависимости от процентного содержания красного колера и времени выдержки

Со-дер-жа-ние ко-лера в воде, %	Внешний вид образцов при выдержке в течение			
	5 мин	15 мин	60 мин	1 сут
	Номер кодировки			
	10	14	8	13
0,5				
	Номер кодировки			
	12	9	1	5
1,0				
	Номер кодировки			
	6	4	2	3
5,0				

		Номер кодировки			
		7	11	16	15
10,0					

Таблица 2.17 – Фототаблица образцов в зависимости от процентного содержания синего колера и времени выдержки































Со-дер-жа-ние ко-лера в воде, %	Внешний вид образцов при выдержке в течение			
	5 мин	15 мин	60 мин	1 сут
Номер кодировки				
0,5	13	7	12	4
				
Номер кодировки				
1,0	1	14	8	9
				
Номер кодировки				
5,0	16	2	11	3
				
Номер кодировки				
10,0	5	15	6	10
				

Таблица 2.18 – Фототаблица образцов в зависимости от процентного содержания зеленого колера и времени выдержки

Со-дер-жа-ние ко-лер а в вод е, %	Внешний вид образцов при выдержке в течение			
	5 мин	15 мин	60 мин	1 сут
	Номер кодировки			
	7	8	4	16
0,5				
	Номер кодировки			
	5	13	3	1
1,0				
	Номер кодировки			
	6	14	2	12
5,0				
	Номер кодировки			
	15	9	10	11
10,0				

Увеличение время выдержки образца в разведенном колере, также, как и увеличение процентного содержания колера в растворе, должно приводить

к более яркому насыщенному цвету готового образца. Однако экспериментальные исследования (таблицы 2.16...2.18) показали диаметрально противоположный результат: увеличение времени выдержки образца в разведённом колере приводит к получению малонасыщенного цвета (бледные тона). Этот результат объясняется тем, что с течением времени разведенный в воде колер без перемешивания выпадает в осадок, сам раствор становится менее насыщенным. Для предотвращения протекания указанного процесса требуется периодическое перемешивание раствора, что из-за присутствия в нем образца не всегда предоставляется возможным. Таким образом, более наиболее интенсивный цвет получается при выдержке образца в растворенном колере в течении 5 минут. Увеличение времени выдержки позволяет получить неравномерную окраску образцов.

Определение предпочтительного внешнего вида производилось методом экспертных оценок (методом средних арифметических рангов и методом медиан рангов) по методике, описанной выше. Группа экспертов – 15 человек. Метод сбора информации – индивидуальное анкетирование (шаблон анкеты представлен на рисунке 2.9).

АНКЕТА									
Фамилия:					Имя:				
Присвойте каждому образцу ранг.									
Номер образца									
Ранг									
Номер образца									
Ранг									
<p>Объекту имеющему предпочтительную тональность в каждой группе присваивается ранг 1, объекту с наименьшей предпочтительностью тональности - n, где n - количество образцов в группе. Каждый ранг в каждой группе приваивается единожды.</p>									
Эксперт									
					_____		_____		
					подпись		Фамилия. И.О.		

Рисунок 2.9 – Шаблон анкеты

Полученные мнения экспертов сведены в таблицы 2.19...2.22.

Таблица 2.19 – Мнения экспертов по ранжированию образцов фототаблицы 2.16 (красный цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	10	1	6	11	7	4	5	12	16	8	2	13	15	9	3	14
2	10	5	15	1	13	4	2	11	9	12	3	7	8	14	6	16
3	7	12	1	5	6	13	2	9	8	4	14	11	12	3	16	15
4	5	10	8	2	4	16	6	11	15	7	1	12	14	3	9	13
5	16	1	14	9	13	8	3	4	5	2	6	15	7	10	12	11
6	11	7	9	4	13	2	1	15	16	12	3	8	10	14	6	8
7	7	6	5	15	4	16	13	2	8	2	14	10	11	1	9	12
8	16	8	7	4	12	3	2	13	14	15	1	16	11	9	6	5
9	3	8	11	9	1	12	10	4	15	2	14	13	6	5	7	16
10	14	1	6	9	2	16	3	10	5	12	15	7	11	4	13	8
11	11	7	9	3	16	1	2	14	6	15	10	5	12	13	4	8
12	10	2	9	3	1	15	4	6	16	5	12	13	14	11	7	8
13	11	3	10	7	2	4	5	13	15	14	6	9	12	16	1	8
14	9	2	8	6	15	4	7	16	14	11	3	12	13	10	1	5
15	10	8	15	3	2	1	5	6	9	7	11	4	13	16	14	12

Таблица 2.20 – Мнения экспертов по ранжированию образцов фототаблицы 2.17 (зеленый цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	5	4	15	9	1	15	13	11	12	7	6	10	8	16	3	2
2	16	6	13	8	11	5	9	10	3	7	4	12	14	1	2	15
3	8	14	11	13	12	3	15	10	2	7	16	5	6	4	1	9
4	9	4	12	3	6	5	1	11	10	14	13	2	15	7	16	8
5	11	2	5	7	1	4	12	6	3	8	13	16	10	14	15	9
6	16	9	12	13	5	2	6	7	3	6	10	11	8	4	1	15
7	10	11	2	16	3	15	6	14	5	4	1	12	9	13	8	7
8	5	7	4	8	1	14	2	3	15	13	9	6	10	12	16	11
9	15	13	14	12	11	2	9	6	3	7	5	10	16	9	1	8
10	1	4	11	2	5	13	8	7	15	10	6	12	9	16	14	3
11	6	8	14	2	3	9	4	15	13	11	1	16	7	5	12	10
12	12	9	14	7	6	2	4	8	3	15	10	13	16	5	1	11
13	13	10	11	9	6	1	5	8	16	4	12	7	14	3	2	15
14	10	11	9	8	4	2	5	6	9	7	13	12	16	15	1	14
15	5	13	14	15	1	8	10	11	12	9	6	7	4	16	3	2

Таблица 2.21 – Мнения экспертов по ранжированию образцов фототаблицы 2.18 (синий цвет)

Номер эксперта	Ранг образца с кодировкой															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	15	12	7	9	6	4	13	2	10	14	16	5	3	1	1	11
2	7	6	5	16	1	8	14	15	9	4	11	13	12	10	3	2
3	6	2	9	5	15	10	13	7	11	1	3	12	8	14	4	16
4	12	15	7	13	8	4	7	14	16	5	3	11	10	9	2	6
5	7	8	5	15	1	9	14	13	6	3	16	10	11	7	2	4
6	9	10	13	3	15	11	8	1	12	16	5	2	4	6	14	7
7	10	1	8	3	16	2	5	14	15	11	4	9	1	12	7	6
8	10	5	1	4	4	7	3	15	16	8	7	6	2	4	15	9
9	4	9	8	14	3	13	2	12	11	1	5	15	7	16	6	10
10	6	13	12	11	15	9	10	8	1	7	5	3	2	4	16	14
11	10	12	5	13	1	14	11	15	6	4	9	16	8	7	3	2
12	8	11	9	3	15	1	4	2	6	10	13	1	7	14	5	16
13	2	3	14	6	13	8	7	15	16	5	11	10	9	4	12	1
14	11	12	16	8	4	15	13	7	9	10	14	2	3	5	6	1
15	11	15	16	14	6	3	13	12	4	10	9	8	5	1	2	7

Полученные результаты (таблицы 2.19...2.21) обрабатывались по методу среднеарифметических рангов и методу медиан рангов, описанных ранее. Окончательные результаты сведены в зависимости от рассматриваемого цвета в таблицы 2.22...2.24.

Таблица 2.22 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.19 (красный цвет)

Номер образца (кодировка)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Содержание колера, %/Время выдержки	1/60мин	5/60мин	5/1сут	5/15мин	1/1сут	5/5мин	10/5мин	0.5/60мин	1/15мин	0.5/5мин	10/15мин	1/5мин	0.5/1сут	0.5/15мин	10/1сут	10/60мин
Сумма рангов	150	81	133	91	76	100	109	133	124	129	125	151	162	140	96	139

Среднее арифметическое рангов	10	5,40	8,86	6,06	5,06	6,66	7,26	8,66	8,26	8,60	8,33	10,06	10,80	9,33	6,40	9,26
Итоговый ранг по среднему арифметическому	14	2	11	3	1	5	6	10	7	9	8	15	16	13	4	12
Медиана рангов	10	6	9	5	5	5	6	8	9	7	9	11	10	9	3	9
Итоговый ранг по медианам	14,50	5,50	9,20	2,33	2,33	2,33	5,50	8	9,20	7	9,20	16	14,50	9,20	1	9,20

Таблица 2.23 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.20 (синий цвет)

Номер образца (кодировка)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Содержание колера, %/Время выдержки	1/1сут	5/60мин	1/60мин	0,5/60мин	1/5мин	5/5мин	0,5/5мин	0,5/15мин	10/15мин	10/60мин	10/1сут	5/1сут	1/15мин	5/15мин	10/5мин	0,5/1сут
Сумма рангов	128	134	135	137	123	118	137	152	137	109	131	123	101	114	98	112
Среднее арифметическое рангов	8,53	8,93	9	9,13	8,20	7,86	9,13	10,13	9,13	7,26	8,73	8,20	6,70	7,60	6,53	7,46
Итоговый ранг по среднему арифметическому	9	11	15	12,33	7,50	6	12,33	16	12,33	3	10	7,50	2	5	1	4
Медиана рангов	9	10	8	9	6	9	10	12	10	7	9	9	7	7	5	7

Итоговый ранг по медианам	8,20	13,33	7	8,20	2	8,20	13,33	16	13,33	3,25	8,20	8,20	3,25	3,25	1	3,25
---------------------------	------	-------	---	------	---	------	-------	----	-------	------	------	------	------	------	---	------

Таблица 2.24 – Результаты расчетов по методу средних арифметических и методу медиан для данных, представленных в таблице 2.21 (зеленый цвет)

Номер образца (кодировка)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Содержание колера, %/Время выдержки	1/5мин	5/15мин	5/1сут	0,5/1сут	10/5мин	10/60мин	0,5/15мин	1/60мин	1/1сут	10/1сут	5/60мин	0,5/60мин	0,5/5мин	1/15мин	10/15мин	5/5мин
Сумма рангов	142	127	161	133	76	109	109	133	125	129	125	151	162	140	96	139
Среднее арифметическое рангов	9,46	8,46	10,73	8,86	5,06	7,26	7,26	8,86	8,33	8,60	8,33	10,06	10,80	9,33	6,40	9,26
Итоговый ранг по среднему арифметическому	13	7	15	9,5	1	3,5	3,5	9,5	5,5	8	5,5	14	16	12	2	11
Медиана рангов	10	9	12	9	5	6	6	8	9	7	9	11	10	9	3	9
Итоговый ранг по медианам	13,50	7,16	16	7,16	2	3,50	3,50	6	7,16	5	7,16	15	13,50	7,16	1	7,16

Анализ таблиц 2.22...2.24 позволяет говорить о том, что итоговые ранги предпочтений потребителей, полученные различными методами, в независимости от цвета имеют значительное отличие. Для удобства сопоставления итоговых рангов по 3 цветам, они были сведены в таблицу 2.25

Анализ таблицы 2.25 позволяет утверждать, что корреляция зависимостей предпочтения потребителей между исследуемыми партиями образцов (три цветовых решения) отсутствует. Очередной раз подтверждается утверждение о наличии запроса на различные тональности.

Таблицу 2.25 – Сводные результаты определения рангов

Процентное содержание колера в воде, %	Итоговый ранг, определенный по методу среднеарифметическому / медиан в зависимости от времени выдержки			
	5 мин	15 мин	60 мин	1 сут
	Красный			
0,5	9/7	13/9,2	10/8	16/14,50
	12,33/13,33	16/16	12,33/8,20	4/3,25
	16/13,5	3,5/3,5	14/15	9,5/7,16
1,0	15/16	7/9,20	14/14,50	1/2,33
	7,5/2	2/3,25	12,33/8,2	9/8,20
	13/13,50	12/7,16	9,56	5,5/7,16
5,0	5/2,33	3/2,33	2/5,50	11/9,20
	6/8,2	5/3,25	11/13,33	7,50/8,20
	11/7,16	7/7,16	5,5/7,16	15/16
10,0	6/5,50	8/9,2	4/1	12/9,20
	1/1	12,33/13,33	3/3,25	10/8,20
	1/2	2/1	3,50/3,50	8/5

Разброс мнения экспертов определялся по формулам (1) ... (5). Результаты разброса сведены в таблицу 2.26.

Таблица 2.26 – Оценка разброса мнений экспертов

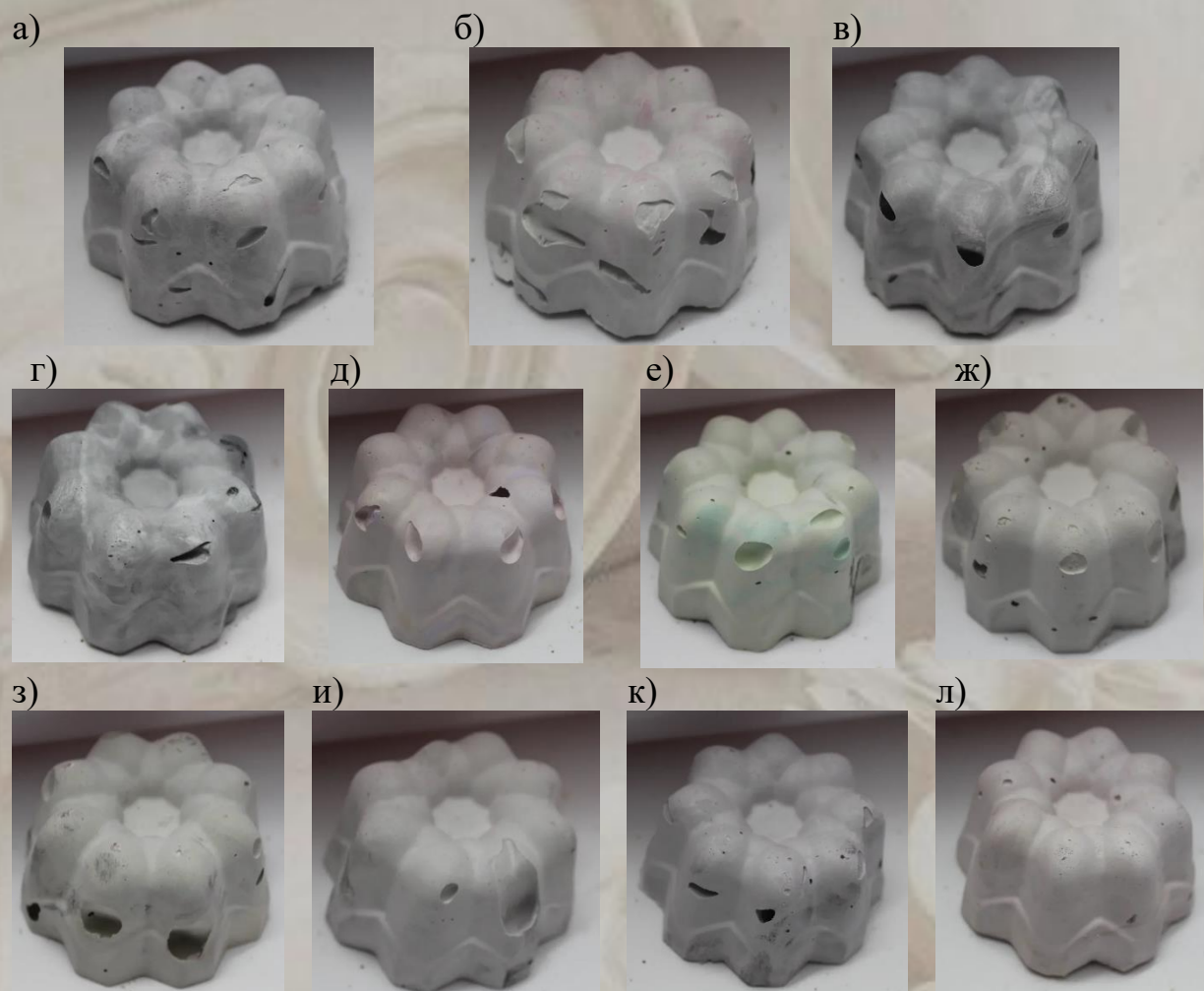
Наименование показателя	Номер образца	Вариационный размах	Среднее линейное отклонение	Среднеквадратичное отклонение	Дисперсия
Красный	1	13	2,53	3,50	12,26
	2	9	2,91	3,07	9,42
	3	14	2,81	3,69	13,65
	4	14	3,18	3,75	14,09
	5	15	4,92	5,42	29,44
	6	15	4,86	5,41	29,38
	7	12	2,29	3,16	10,00
	8	14	3,65	4,23	17,02
	9	11	3,97	4,18	17,44
	10	13	4,06	4,56	20,83
	11	14	4,84	5,04	25,49
	12	11	2,97	3,46	11,96
	13	9	1,93	2,62	6,87
	14	15	4,04	4,80	23,00
	15	15	3,65	4,42	19,52
	16	11	2,93	3,43	11,75

2.2 Изготовление образцов с вкраплениями и прожилками

Иногда на практике для более эстетичного вида или имитирования внешнего вида натуральных материалов, требуется создание изделий с различными оттенками, с вкраплениями, прожилками различных цветов и оттенков.

2.2.1 Прокраска в массе

Для получения изделия с различными оттенками, с вкраплениями, прожилками различных цветов и оттенков, гипсовую массу делят на две равные части, после чего в каждую из частей добавляют колер требуемого цвета. Полученные окрашенные в массе части смешивают до однородного цвета. Для того чтобы получить более выраженные цвета, то образец после добавления колера дают схватиться и только после этого перемешивают. Для преобладания какого-либо оттенка, увеличивается часть гипсовой массы или при оставлении равных частей увеличивается количество колера нужного оттенка. (Так же желательно использовать колеры одной марки, для того чтобы образец схватывался в одно и то же время). Так на рисунке 2.10 показано образцы изготовленные из частей гипсовой массы окрашенные в разные цвета колера: на рисунке 2.10, а в первую часть гипсовой массы добавлен 1 % черного колера от объема воды, а в вторую часть гипсовой массы – 1 % зеленого колера; на рисунке 2.10, е в первую часть гипсовой массы добавлено 3 % зеленого колера от объема воды, а в вторую часть гипсовой массы 3 % оранжевого колера. Количество колера добавляемые в часть гипсовой массы указаны в пояснение к рисунку 2.10.



а – 1 % чер. + 1 % зел.; б – 1 % чер. + 3 % зел.; в – 3 % чер. + 3 % зел.; г – 5 % чер. + 5 % зел.; д – 3 % фиол. + 3 % оранже.; е – 3 % зел. + 3 % оранже.; ж – 1 % чер. + 1 % оранже.; з – 1 % чер. + 3 % оранже.; и – 1 % чер. + 1 % фиол.; к – 1 % чер. + 3 % фиол.; л – 1 % фиол. + 1 % оранже.

Рисунок 2.10 – Внешний вид образцов с прожилками

2.2.2 Окраска внешнего слоя

В случае если требуется на основном цвете получить прожилки или вкрапления, образец требуемого цвета помещается в раствор воды с добавлением 1% колера требуемого цвета прожилок или вкраплений на определенный промежуток времени. Для наглядной иллюстрации принципиальной возможности такого решения часть ранее изготовленных образцов (таблицы

2.16, 2.17, 2.18) были помещены в 7 растворов воды с содержанием 1% колера разных цветов. Полученные результаты представлены в таблице 2.27.

Таблица 2.27 – Фототаблица образцов после двойной прокраски

Доп. Цвет	Основной цвет		
	Зеленый	Красный	Синий
Желтый			
Фиолетовый			
Черный			
Оранжевый			

Золотой			
Зеленый			
Синий			

2.3 Имитация образца под другие материалы

Очень часто материалу нужно предать благородный вид. Поэтому можно имитировать его под благородные дорогостоящие материалы такие как дерево и бронза или искусственно состарить материал для более аутентичного вида.

2.3.1 Имитация под дерево

Для того чтобы осуществить имитацию образца под древесину окраска поверхности изделия осуществляется с помощью морилки. Для этого образец опускается в морилку на промежуток времени от 5 до 15 минут. Получаемая в ходе имитации порода древесины зависит от вида используемой морилки. Тональность цвета зависит от продолжительности выдержки образцов в морилке (рисунок 2.11). После чего образец покрывается лаком или лаком нужной нам породы дерева, если своевременно не покрыть образец лаком, то на воздухе он начинает темнеть и принимает не пригодный для работы облик.

а)

б)



а – без покрытия лаком; б – с покрытием лаком

Рисунок 2.11 – Внешний вид образца, окрашенного морилкой

Использование морилки для окраски всего объёма не представляется возможной, так как экспериментальные исследования показали, что отсутствует реакция гипсовой массы с морилкой.

2.3.2 Имитация под драгоценные металлы

Для того чтобы осуществить имитацию образца под бронзу подготовленный образец покрывается специальным лакокрасочным раствором (патиной). Данный раствор хорошо ложится на гипс в отличие от “Бронзянки”, но недостаточно устойчив к внешним воздействиям поэтому образец стоит обрывать с верху слоем бесцветного лака (рисунок 2.12)



Рисунок 2.12 – Внешний вид образца, окрашенного бронзянкой

2.3.3 Имитация под старину

Для имитации старины были сделаны попытки искусственно ускорить процессы разрушения образца. Для этого образцы помещались в раствор соляной кислоты концентрации 5, 10 и 15 %. Предполагалось, что кислота начнет разрушать гипс, что приведет к появлению на поверхности изделия небольших трещин. Однако воздействия раствора соляной кислоты на образец, привело к открытию внутренних пор и расплавлению материала (рисунок 2.13), что не дало желаемого результата.



Рисунок 2.13 – Внешний вид образца, подверженному воздействию соляной кислоты

В этих же целях образцы подвергались действию повышенных температур. Для этого образец помещался в печку или подвергался направленному тепловому воздействию. Предполагалось, что образец начнет покрываться субмикротрещинами, но на самом деле трещины получались магистральными. По-видимому, процесс образования и роста трещин имеет высокую скорость, что не позволяет уловить момент образования субмикротрещин, которые практически моментально становятся магистральными (рисунок 2.14).



Рисунок 2.14 – Внешний вид образца, подверженный тепловому старению

Таким образом, использование для искусственного старения агрессивных сред и воздействий не дает нужного результата, так как наблюдается сильное разрушение образца что делает его непригодным для дальнейшей обработки. Следовательно, необходимо подвергать агрессивным воздействиям не сам образец, а его защитный слой, который может быть выполнен из лака или кракелюра [18].

Для того чтобы создать защитный слой, который поможет защитить образцы от агрессивных сред и коррозии, образцы покрывали бесцветным лаком. Защитный слой будет воспринимать на себя последствия влияния агрессивных сред, что и приведет к его разрушению, и образованию микротрещин на поверхности образца.

В процессе проведения экспериментов ряд образцов полученных ранее были покрыты лаком (рисунок 2.15).



Рисунок 2.15 – Внешний вид образца, покрытого лаком

2.4 Выводы

Оптимальной маркой гипса для производства оселкового камня является марка Г-16, для которой экспериментально были установлены основные эксплуатационные характеристики.

Показано что для получения необходимого цвета возможно использовать два приема окрашивания: прокраска в массе по всему объему; окраска только внешнего слоя.

Установлено, что при прокраске в массе наиболее предпочтительной тональностью является тональность получаемая при 50 % содержание колера, а менее предпочтительной – при 10 %.

Частое совпадение итоговых рангов по медианам, а также значительный разброс мнений экспертов позволят говорить о потребности потребителя к наличию большого спектра тональностей в рамках одного цветового решения.

Для получения цвета изделия, отличающегося от цвета производимых колеров, нужный цвет получается путем смешивания основных колеров. Таким образом, опытным путем можно получить практически безграничное количество всевозможных сочетаний.

Для защиты и приданию финальной обработки образец обязательно покрывают лаком. Без покрытия образцы никак не защищены от атмосферных воздействий и при искусственном старении они просто разрушаются и становятся не пригодны к дальнейшей эксплуатации.

3 Опыт производства формового камня

Как уже указывалось ранее, основным исходным материалом для производства формового камня является цемент и мелкий заполнитель. Цемент является гидравлическим вяжущим и обладает способностью набирать прочность во влажных условиях, чем принципиально отличается от гипса, который твердеет только на воздухе.

При изготовлении изделия изначально необходимо определить водоцементное отношение, под которым понимается отношение объема воды к массе цемента. Это соотношение рекомендуется принимать в зависимости от марки цемента и требуемой величины расплыва конуса на основании сводных таблиц, приведённых в нормативных документах. Окончательное значение соотношения рекомендуется уточняется на основании лабораторных исследований (опыты по расплыву конуса) [19].

Далее полученный раствор укладывается в формы, в которых и происходит твердение. Время от смешивания цемента с водой и песком до его твердения является еще одной важной характеристикой вяжущего, так как определяет возможное время работы. Срок схватывания, измеряемый в минутах, определяется с помощью прибора Вика по стандартной методике, прописанной в ГОСТе 30744-2001. В зависимости от срока схватывания гипс по ГОСТ 30515-2013 делится на: медленносхватывающиеся - с нормируемым сроком начала схватывания более 2 ч; нормальносхватывающиеся - с нормируемым сроком начала схватывания от 45 мин до 2 ч; быстросхватывающиеся - с нормируемым сроком начала схватывания менее 45 мин. Марка по срокам схватывания, как правило, указывается на упаковке. Однако ее перед началом использования новой партии требуется уточнить. Определение сроков схватывания представлено ниже.

Экспериментальные исследования показали, что оптимальной маркой цемента для изготовления формового камня является марка М500 характеристики которой представлена в таблице 5.1, так же именно она является самой распространенной маркой среди гидравлических вяжущих.

Таблица 5.1 – Характеристики цемента марки М500 и изделий на его основе

Параметр	Единицы измерения	Значения
Прочность на сжатие на 28 суток	МПа (кгс/см ²)	49,0 (500)
Прочность при изгибе в возрасте 28 суток	МПа (кгс/см ²)	5,9 (60)
Морозостойкость, не менее	Циклов	F70
Время схватывания, начало-конец	Минуты – часы	45 мин – 10 часов
Насыпная плотность сухого цемента	кг/м ³	1100...1600
Прочность раствора цемента М500	кг/м ³	3000...3200

Экспериментальные исследования показали, что для рабочей партии цементного вяжущего марки М500 срок схватывания составляет 47 минут, что позволяет его отнести к нормально твердеющему. Таким образом, уже через 47 минут после смешивания цемента с водой получается готовое изделие (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Внешний вид готового изделия

Самым важным показателем в производстве формового камня, являются механические показатели: чем они ниже, тем меньше будет срок службы. Механические характеристики (прочность на сжатие и изгиб) также рекомендуется устанавливать для каждой новой рабочей партии и сравнивать с минимальными

для выбранной марки показателями, приведенными в ГОСТе 30515-2013. Прочностные характеристики определяются по стандартной методике, прописанной в ГОСТе 30744-2001. Их определение представлено ниже.

Видео разлома кубика

Экспериментальные исследования показали, что для рабочей партии цементного вяжущего марки М500 предел прочности готового изделия при сжатии составил 49 МПа, а при изгибе 5,9 МПа [20].

Формовой камень по своей сути похож на оселковый камень, но с одним значительным отличием в случае его производства главным основоформирующим материалом является цемент. А так как цемент является гидравлическим вяжущим и обладает способностью набирать прочность во влажных условиях, он принципиально отличается от гипса, который твердеет только на воздухе. Так же стоит отметить, что одной из особенностей формового камня является возможность добавления арматурной сетки, для упрочнения камня. Чаще всего арматурную сетку добавляют \varnothing 2-4 мм при выполнении цоколя из формового камня [21].

3.1 Изготовление образцов одного цвета

Так как процесс производства формовой камень схож с процессом производства оселкового, из-за того, что цемент является гидравлическим вяжущим, способы окраски претерпевают некоторые изменения. Окраска внешнего слоя уже не может происходить помещением образца в разведенный колер так как формовой камень в основном применяется при облицовке фасадов, что обуславливает необходимости производства элементов большего размера. Поэтому лакокрасочный состав наноситься непосредственно на поверхность образцов. При этом дан-

ный метод при покраске формового камня обладает значительным рядом недостатков связанных с слабой защищённостью лакокрасочного покрытия от истираемости и УФ излучения и особенно плохой адгезией с некоторыми лакокрасочными изделиями. Образцы окрашивались в три цвета: синий, фиолетовый (окрашенный вододисперсионной краской) и желтой (окрашенный маслянистой краской). При окраске в желтый цвет наблюдался чрезмерно большой расход краски и ее низкое адгезионное сцепление (краска наслаивалась сама на себя что привело к непотребному внешнему виду это можно наблюдать на рисунке 3.2).



Рисунок 3.2 – Образцы после окраски внешнего слоя

Во втором случае уже всему объёму готового изделия придаётся требуемый цвет. Это достигается тем, что в цементную массу в процентном соотношении добавляется пигменты. Но из-за того, что цемент сам по себе не является белым и с учетом того, что он является гидравлическим вяжущим не все пигменты могут подойти для данной задачи (в основном это специальные сухие кислотные или железистые пигменты, показанные на рисунке 3.3).

Кислотные (анионные) красители представляют собой соли ароматических сульфокислот ($R-SO_3Na$). В водных растворах они диссоциируют с образованием цветных анионов. Больше половины всех кислотных красителей составляют кислотные азокрасители, главным образом моно- и дисазокрасители. С помощью кислотных азокрасителей на белковых волокнах можно получить окраски всех

цветов, характеризующиеся яркостью и чистотой тона. Кислотные красители хорошо растворимы в воде, имеют высокую диффузионную способность.

В зависимости от химического строения кислотные красители могут быть использованы для крашения при различных значениях pH раствора. Однако кислотные красители отличаются относительно большой молекулярной массой. В водных растворах молекулы красителя способны образовывать агрегаты. Некоторые марки кислотных красителей сравнительно плохо растворимы в воде и трудно диффундируют в окрашиваемое волокно из-за этого они идеально подходят для окрашивания формового камня.

Железоокисные пигменты представляют собой неорганический тип веществ, состоящий из гидратов окислов и окислов разного уровня валентности. Обычно это неорганические пигменты, представляющие собой окись железа (III), гидрат окиси железа (III) или смешанный окисел Fe_3O_4 . По методу получения они разделяются на естественные и синтетические. По сравнению с природными последние используются намного чаще. Обосновано это большим содержанием красящих веществ в пигментах синтетического типа и невысокой стоимостью. Оксиды железа обладают обширным цветовым разнообразием: от черно-синих до желтых и зеленых тонов [22].



Рисунок 3.3 – Сухие пигменты

Для изготовления образцов, покрашенных в массу, использовались пигменты трех различных цветов: желтого, оранжевого и красного. В три партии образцов разных цветов добавлялось 1, 5, 10, 15, 30 % процентов пигментов соответствующих цветов от массы цемента. При добавлении 1 % пигмента цвет практически не отличался от образца без добавления пигментов, а добавления выше 30 % приводило к серьезному увеличению времени схватывания и потери прочности образцов (рисунки 2.4, 2.5, 2.6). Что привело к выводу об оптимальном добавлении пигмента в образцы от 5 до 30 % от массы цемента в зависимости от требуемой тональности. Но и естественно данный способ не является идеальным, так как срок схватывания раствора, которое зависит прямо пропорционально процентному содержанию добавленного колера в образец.



а – 5 % пигмента; б – 10 % пигмента; в – 15 % пигмента; г – 30 % пигмента.

Рисунок 3.4 – Образцы с добавлением желтого пигмента

а)



б)



в)



г)



а – 5 % пигмента; б – 10 % пигмента; в – 15 % пигмента; г – 30 % пигмента.

Рисунок 3.5 – Образцы с добавлением красного пигмента

а)



б)



в)



г)



а – 5 % пигмента; б – 10 % пигмента; в – 15 % пигмента; г – 30 % пигмента.

Рисунок 3.6 – Образцы с добавлением оранжевого пигмента

Таким образом стоит отметить, что для придания образцу насыщенного цвета необходимо добавление от 15 до 30 % пигмента от массы связующего. Так же что использование силиконовых форм для производства формового камня не является предпочтительным, так как происходит быстрое их изнашивание. И с каждой последующей партией состояние форм ухудшается. Из-за этого страдают образцы, что можно наблюдать на рисунках 3.4-3.6 (они расположены в порядке из-

готовления). При изготовлении желательно применять твердые формы из пластика или подвижные из полиуретана.

3.2 Выводы

Таким образом, на основе вышеизложенного можно сделать что предпочтительней окрашивать образцы добавлением пигмента в раствор, причем насыщенные тональности получаются при добавлении от 15 до 30 % от массы связующего. Так же стоит упомянуть, что для производства формового камня требуются жесткие формы из пластика или подвижные из полиуретана.

4 Опыт производства гибкого камня

Гибкий камень представляет собой искусственный отделочный материал, изготовленный на основе песчаника, который превосходно сочетает в себе необыкновенную пластичность со всеми свойствами природного камня.

Гибкий камень состоит из трех слоев: подложки, компаунда и материала декоративного слоя. Технология производства гибкого камня позволяет использовать различные материалы, сочетание которых существенно влияет на его свойства, такие как гибкость и природная фактура (Рисунок 4.1) [23].



Рисунок 4.1 – Гибкий камень

Самыми важными свойствами для гибкого камня являются гибкость и качество закрепления декоративного слоя. Под гибкостью понимается способность материала сохранять целостность при его изгибании по цилиндрической поверхности [24, 25].

4.1 Выбор подложки

Для выявления состава гибкого камня, отвечающего оптимальным характеристикам, были изготовлены две партии образцов. В первой партии образцов в качестве подложки была использована стеклоткань марки Т-23-П-76, а во второй – стеклохолст марки Os 50.

Стеклоткань – это технический материал, который получается из стекловолоконных нитей, обработанных так называемым замаслевнителем – эмульсией, содержащей парафин (рисунок 4.2).

Сырьём для материала является силикатное стекло с содержанием алюминия и бора. Его растапливают в специальных печах и продавливают через тончайшие отверстия-фильтры. Их диаметр составляет от 3 до 100 микрометров. При этом они обладают невероятной прочностью. Стеклоткань марки Т-23-П-76 имеет ячейки размерами 2х2 мм при толщине не менее 0,13 мм. Плотность материала составляет 50 г/см³. Содержание пропиточного состава – 15 %. Стеклоткань указанной марки может эксплуатироваться в температурном диапазоне от минус 40 до плюс 60 °С.



Рисунок 4.2 – Стеклоткань

Технология производства стеклоткани

Стеклохолст представляет собой полотно из стеклянных нитей, не имеющих переплетения (рисунок 4.3). Им придают различную толщину благодаря тому, что при очень высоких температурах они вытягиваются без разрывов. Готовые нити располагаются хаотически и склеиваются между собой. В итоге получается нетканый материал, который имеет мягкую, но одновременно держащую форму поверхность. Плотность стеклохолста марки Os 50 составляет 40 г/см^3 .



Рисунок 4.3 – Стеклохолст

Технология производства стеклохолста

4.2 Выбор компаунда

В качестве связующего вещества была выбрана полиэфирная смола марки Polimal 109-32 РуК и эпоксидная смола марки ЭД-20. Рассмотрим каждую из указанных смол подробнее.

Полиэфирная смола – это уникальный по своим свойствам продукт, который получается в результате сложного процесса смешивания и переработки многоатомных спиртов, которые являются продуктом нефтехимической переработки, многоосновных кислот, а также ангидридов и растительных масел. Полиэфирные смолы поставляются в вязко-жидком состоянии в специальной полимерной таре.

Основные характеристики смолы марки Polimal 109-32 РуК приведены на этикетке упаковки, фотография которой представлена на рисунке 4.4.

<u>ВНЕШНИЙ ВИД</u>	<u>СВОЙСТВА НЕУСИЛЕННОЙ ОТВЕРЖДЕННОЙ СМОЛЫ</u> (Средние значения)
- Жидкая прозрачная смола.	Плотность при 20°C: 1,21 г/см ³
<u>ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СМОЛЫ</u>	Механические свойства:
- Ненасыщенная ортофталевая полиэфирная смола.	Растяжение ISO 527:
- Предускоренная.	- Предел прочности: 57 МПа
- Низкая вязкость.	- Удлинение при разрыве: 1,7 %
<u>ИНФОРМАЦИЯ О ФОРМОВАНИИ</u>	Изгиб ISO 178
- Литье.	- Предел прочности: 117 МПа
<u>ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ</u>	- Модуль упругости: 3800 МПа
- Промышленные детали.	Термомеханические свойства:
- Санитарные изделия.	Температура допустимой деформации (HDT)
<u>СВОЙСТВА ЖИДКОЙ СМОЛЫ</u>	ISO 75-2 A: 80°C
Плотность при 20°C: 1,12 г/см ³	Объемная усадка: 7,5 %
Вязкость по Брукфильду при 25°C M2V50: 3,7 – 4,3 дПа.с	<u>ОБОЗНАЧЕНИЕ</u> (по ISO 3672-1)
Содержание летучей части: 38 - 42 %	ISO 3672-1 - UP, C2, Z/V2R7
Реакционная способность:	<u>МАРКИРОВКА</u> (по ISO 11469)
- Метод: R 72	>UP<
- Температура испытания: 25°C	<u>СРОК ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ХРАНЕНИЯ</u>
- Система катализа: 1,2 % МЕКР 50	Использовать не позднее срока годности указанного на таре.
- Количество смолы: 100 г	Хранить в защищенном от света месте при температуре ниже 25°C, в закрытой упаковке.
- Время гелеобразования: 23 - 27 мин.	<u>МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ</u>
- Время до пиковой отметки: 25 - 35 мин.	- Содержит стирол, относится к классу легко воспламеняющихся жидкостей 1-й категории.
- Пиковая температура: 180 - 210°C	- Напоминаем температуру вспышки стирола: 32°C.
	- При высокой концентрации пары стирола вызывают раздражение.
	- Усиленная вентиляция мастерских и рабочих мест.

Рисунок 4.4 – Основные характеристики полиэфирной смолы марки Polimal 109-32 РуК

Эпоксидная смола – олигомеры, содержащие эпоксидные группы и способные под действием отвердителей (полиаминов и др.) образовывать сшитые

полимеры. Наиболее распространённые эпоксидные смолы — продукты поликонденсации эпихлоргидрина с фенолами, чаще всего — с бисфенолом А. Также как и полиэфирные смолы их поставляются в вязко-жидком состоянии в специальной полимерной таре, при этом эпоксидная смола в зависимости от марки и производителя выглядит как прозрачная жидкость желто-оранжевого цвета.

Основные характеристики смолы марки ЭД-20, приведены на этикетке упаковке, фотография которой представлена на рисунке 4.5.

ПАСПОРТ №
Смола эпоксидно-диановая неотвержденная
марки ЭД-20
ГОСТ 10587-84

Партия:
 Дата :

Кол-во единиц в партии -
 Масса нетто единицы продукции кг

Масса нетто: кг
 Вид упаковки: вёдра

КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Наименование показателя	Требования по ГОСТ 10587-84		Данные анализа
	Норма		
	Высший сорт ОКП 22 2511 0201	Первый сорт ОКП 22 2511 0202	
1. Внешний вид	Вязкая прозрачная. Без видимых механических включений.		Соответствует
2. Цвет по железокобальтовой шкале, не более	3	8	2
3. Массовая доля эпоксидных групп, %	20,0-22,5	19,9 -22,0	22,0
4. Массовая доля иона хлора, %, не более	0,001	0,005	0,001
5. Массовая доля омыляемого хлора, %, не более	0,3	0,8	0,3
6. Массовая доля гидроксильных групп, %, не более	1,7	-	1,3
7. Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,2	0,8	0,2
8. Динамическая вязкость, Па·С, при 25°С	13-20	12-25	13
9. Время желатинизации в слое 1-2 мм с отвердителем, ч, не менее	8,0	4,0	8

Заключение ОТК о годности: Смола эпоксидно-диановая неотвержденная марки ЭД-20 соответствует требованиям ГОСТ 10587-84.

Контролер ОТК _____ /подпись/ _____ инициалы, фамилия

ГАРАНТИИ ИЗГОТОВИТЕЛЯ

Предприятие гарантирует соответствие смолы эпоксидно-диановой неотвержденной марки ЭД-20 требованиям ГОСТ 10587-84.
 Гарантийный срок хранения – 1 год с даты изготовления.

Рисунок 4.5 – Основные характеристики эпоксидной смолы марки ЭД-20

4.3 Выбор оптимального состава гибкого камня

Как отмечалось ранее, гибкий камень представляет из себя сложный композиционный материал, состоящий из подложки, связующего вещества (компаунд) и материала декоративного слоя. Технология производства гибкого камня позволяет использовать различные материалы, сочетание которых существенно влияет на его свойства.

Для определения оптимального состава гибкого камня были изготовлены две партии образцов, в которых использовались различные виды подложки. В каждой партии образцов также варьировался вид связующего и материал декоративного слоя. Расход полиэфирной смолы при закреплении на стеклохолсте мраморной крошки фракции 1...7 мм определялся на единицу площади. Были изготовлены образцы с расходом полиэфирной смолы 0,04 и 0,06 г/см² (рисунок 4.6). В первом случае расход смолы 0,04 г/см² не позволяет надежно закрепить на подложке декоративный слой, наблюдается осыпание мраморной крошки. Внешний вид (рисунок 4.6, а) готового изделия не соответствует требованиям, предъявляемым к отделочным материалам такого класса. Во втором случае, при расходе 0,06 г/см², полностью закрепляет материал декоративного слоя, однако фракционное распределение мраморной крошки по площади образца не отличается равномерностью, что приводит к снижению эстетического вида материала и низкой степени пластичности (рисунок 4.6, б).

Использование в качестве компаунда эпоксидной смолы не позволяет получить требуемый внешний вид готового изделия.

Таким образом, использование фракции 1...7 мм мраморной крошки является не целесообразным при изготовлении гибкого камня. Использование фракции мраморной крошки 0...3 мм дает совсем другой результат: внешний вид (рисунок 4.7) соответствует ожидаемому. В данном случае расход полиэфирной смолы на единицу площади составлял около 0,08 г/см². Однако стоит

отметить, что гибкости образцу по-прежнему не хватает (попытки придать образцу требуемую форму приводят к образованию трещин (рисунок 4.6, б)).

а) б)



а – расход смолы $0,04 \text{ г/см}^2$; б – расход смолы $0,06 \text{ г/см}^2$

Рисунок 4.6 – Внешний вид гибкого камня с декоративным слоем из мраморной крошки фракцией $1 \dots 7 \text{ мм}$

а) б)



а – без механического воздействия; б – при незначительном изгибе

Рисунок 4.7 – Внешний вид гибкого камня с декоративным слоем из мраморной крошки фракцией $0 \dots 3 \text{ мм}$

Использование в качестве материала декоративного слоя гранитной крошки при расходе полиэфирной смолы в $0,07 \text{ г/см}^2$ дает результат аналогичный предыдущему: внешний вид соответствует требованиям, предъявляемым

к отделочным материалам, незначительные механические деформации приводят к образованию мелких трещин по поверхности образца (рисунок 5.8), причем увеличение деформации приводит к образованию сетки трещин. Использование эпоксидной смолы также не приводит к требуемому результату.



Рисунок 4.8 – Внешний вид гибкого камня с декоративным слоем из гранитной крошки

В качестве материала декоративного слоя гибкого камня также был рассмотрен песок (желтый мелкозернистый и красный крупнозернистый). Расход полиэфирной смолы в $0,09 \text{ г/см}^2$ позволяет закрепить $0,3 \text{ г/см}^2$ мелкозернистого песка. Однако в этом случае материал не получается гибким, при попытках его согнуть образуется значительная трещина (рисунок 4.9, а). Крупнозернистый песок при таком же расходе плохо держится на подложке (рисунок 4.9, б).

Достаточную пластичность гибкий камень получает при сочетании красного крупнозернистого песка и желтого мелкозернистого песка в равных пропорциях с расходом на единицу площади по $0,15 \text{ г/см}^2$ каждого (рисунок 4.9, в). В данном случае расход полиэфирной смолы на единицу площади составляет $0,07 \text{ г/см}^2$.

а) б)



в)



а – желтый мелкозернистый песок; б – красный крупнозернистый песок;
в – смесь песка

Рисунок 4.9 – Внешний вид гибкого камня с декоративным слоем из
песка

Во второй партии образцов в качестве подложки использовалась стеклоткань. При использовании в качестве материала декоративного слоя пыли мраморной крошки готовое изделие имело дефекты в виде трещин и выемок в декоративном слое (рисунок 4.10, а). Изменение фракции мраморной крошки на 0...3 мм повысило неоднородность фактуры и размеры трещин (рисунок 4.10, б). Дальнейшее увеличение фракции мраморной крошки только усугубило процесс (рисунок 4.10, в). В данном случае расход полиэфирной смолы на

единицу площади составлял $0,04 \text{ г/см}^2$. Использование эпоксидной смолы также не приводит к требуемому результату.

а)

б)

в)



а – пыль мраморной крошки; б – фракция мраморной крошки 0...3 мм; в – фракция мраморной крошки 1...7 мм

Рисунок 4.10 – Внешний вид гибкого камня с декоративным слоем из мраморной крошки различной фракции

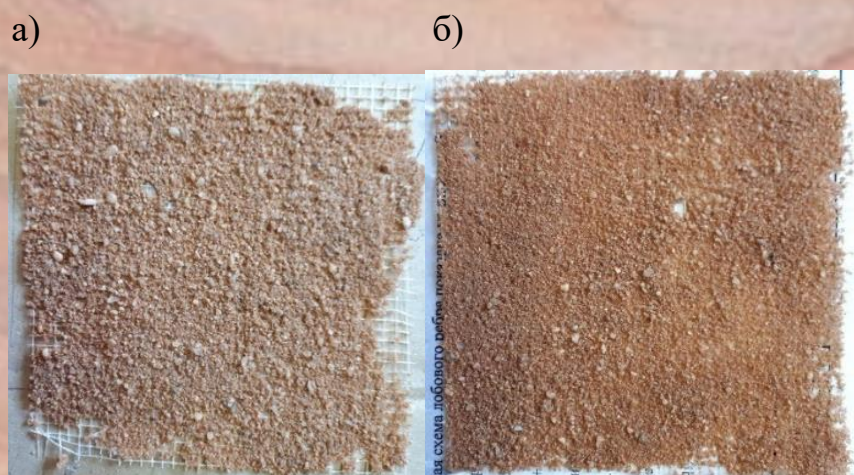
В случае замены мраморной крошки на гранитную аналогичной фракцией описанный эффект сохраняется (более крупные фракции дают более неравномерную фактуру материала, гибкость образцов снижается) (рисунок 4.11).



Рисунок 4.11 – Фоторяд внешнего вида гибкого камня с декоративным слоем из гранитной крошки различной фракции

При использовании в качестве материала декоративного слоя различного песка (желтый мелкозернистый и красный крупнозернистый) было установлено, что оптимальность подбора расхода материала декоративного слоя

на единицу площади является преобладающим фактором. Так при расходе полиэфирной смолы $0,03 \text{ г/см}^2$ связующее позволяет закрепить на подложки крупнозернистый песок в количестве $0,2 \text{ г/см}^2$, при этом готовое изделие получается практически прозрачным с откреплением в некоторых местах декоративного слоя из-за малого количества связующего (рисунок 4.12, а). Увеличение расхода связующего на единицу площади позволяет получить ожидаемый внешний вид (рисунок 4.12, б) при оптимальной пластичности образца.



а – расход смолы $0,03 \text{ г/см}^2$; б - расход смолы $0,04 \text{ г/см}^2$

Рисунок 4.12 – Внешний вид гибкого камня с декоративным слоем из крупнозернистого песка

Высокую степень пластичности имеет гибкий камень с мелкозернистым песком в качестве декоративного слоя (рисунок 4.13). Поверхность получается однородной.



Рисунок 4.13 - Внешний вид гибкого камня с декоративным слоем из мелкозернистого песка

Таким образом, оптимальной подложкой является стеклохолст марки Os 50, компаундом – полиэфирная смола Polimal 109-32 РуК, в качестве материала декоративного слоя можно использовать как мраморную и гранитную крошку, так и песок. Оптимальной фракции крошки является 0...3 мм.

4.4 Влияние атмосферных факторов на характеристики гибкого камня

Коэффициент теплопроводности гибкого камня оптимального состава не подверженного воздействию составляет 0,058 Вт/м·К. После одного цикла замораживания-оттаивания он повышается вдвое, а с увеличением количества циклов до четырех, он увеличивается более чем в 15 раз.

В процессе теплового воздействия коэффициент теплопроводности начинает снижаться, что, по-видимому, связано с процессом дополимеризации полиэфирной смолы. Снижение коэффициента теплопроводности гибкого камня под действием повышенных температур близко к линейной зависимости и зависит от продолжительности такого воздействия. Так после 100 часов теплового старения рассматриваемый коэффициент снизился почти вдвое. Стоит понимать, что такое снижение не может продолжаться бесконечно долго и ограничивается, по-видимому, временем, требуемым до полной полимеризации полиэфирной смолы.

В процессе ультрафиолетового облучения коэффициент теплопроводности начинает расти и увеличивается до 0,082 Вт/м·К (после 100 часов ультрафиолетового облучения).

Коэффициент линейного термического расширения гибкого камня оптимального состава не подверженного воздействию составляет $1,08 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$.

Полученная экспериментально дилатометрическая кривая представлена на рисунке 5.14. Исследования проводились при начальной комнатной температуре в 30 °С. Изменение удлинения образцов фиксировалось через каждые 10 °С до максимальной (70 °С).

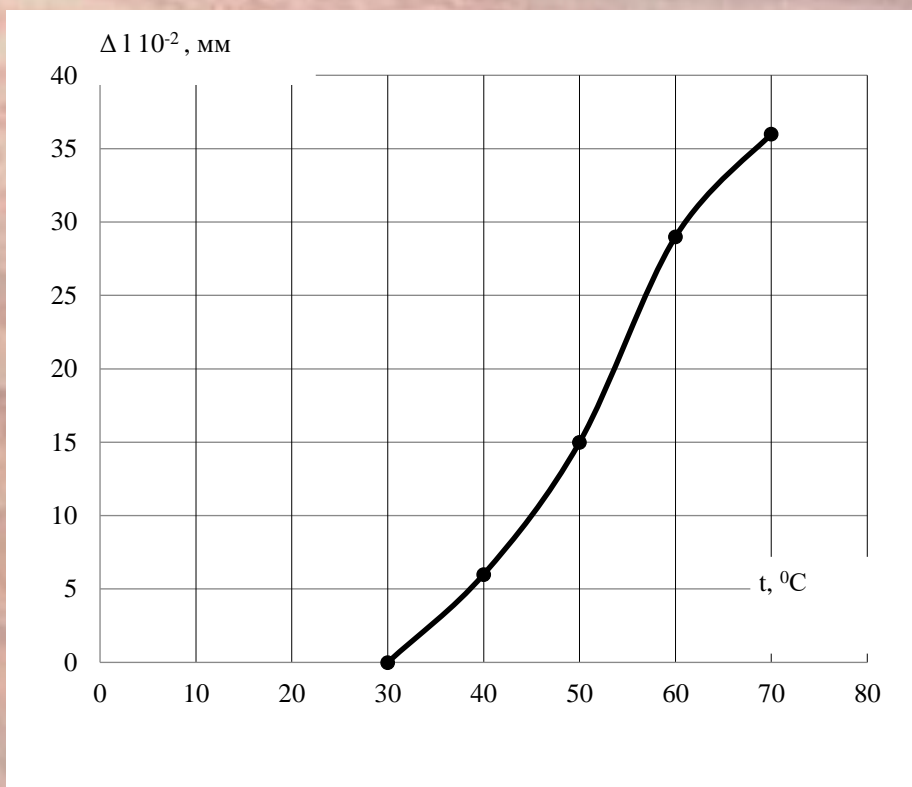


Рисунок 4.14 – Дилатометрическая кривая гибкого камня оптимального состава неподверженного атмосферным воздействиям

Как видно из графика (рисунки 4.14) дилатометрическая кривая гибкого камня оптимального состава имеет вид близкий к прямолинейной зависимости. По переменной замораживание-оттаивание, действие повышенных температур, влияние ультрафиолетового облучения не влияет на характер зависимости (прямолинейность сохраняется).

Однако стоит отметить, что при сохранении характера дилатометрической кривой коэффициенты линейного термического расширения под воздействием неблагоприятных факторов изменяются. Такое изменение представлено в таблице 4.1.

Прямолинейная зависимость говорит о том, что, по крайней мере, в рассматриваемом диапазоне температур гибкий камень со связующим из полиэфирной смолы марки Polimal 109-32 РуК не меняет свою структуру, в том числе и при длительных воздействиях.

Таблица 4.1 – Коэффициенты линейного термического расширения гибкого камня

Количество циклов, шт / продолжительность старения	α , K^{-1} (При увеличении температуры)	α , K^{-1} (При снижении температуры)
1	2	3
Без воздействия	$1,08 \cdot 10^{-4}$	-
Воздействие циклов замораживания-оттаивания		
1 цикл	$1,35 \cdot 10^{-4}$	$-1,10 \cdot 10^{-4}$
2 цикла	$1,35 \cdot 10^{-4}$	$-0,95 \cdot 10^{-4}$
3 цикла	$0,07 \cdot 10^{-4}$	$-1,00 \cdot 10^{-4}$
4 цикла	$0,06 \cdot 10^{-4}$	$-0,07 \cdot 10^{-4}$
Воздействие повышенных температур		
25 ч	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$-1,25 \cdot 10^{-4}$
50 ч	$1,55 \cdot 10^{-4}$	$-1,55 \cdot 10^{-4}$
75 ч	$1,35 \cdot 10^{-4}$	$-1,20 \cdot 10^{-4}$
100 ч	$1,45 \cdot 10^{-4}$	$-1,75 \cdot 10^{-4}$
Воздействие ультрафиолетового облучения		
25 ч	$0,90 \cdot 10^{-4}$	$-0,70 \cdot 10^{-4}$
50 ч	$1,05 \cdot 10^{-4}$	$-1,10 \cdot 10^{-4}$
75 ч	$0,70 \cdot 10^{-4}$	$-0,90 \cdot 10^{-4}$
100 ч	$0,70 \cdot 10^{-4}$	$-1,00 \cdot 10^{-4}$

Истираемость образцов не подверженных атмосферным воздействиям составляет $0,095 \text{ гр/см}^2$.

Экспериментальные исследования показали, что замораживание-оттаивание, действие повышенных температур и влияние ультрафиолетового облучения не оказывают влияния на характер протекания процесса водопоглощения, т.е. данные процессы так же, как и процессы водопоглощения без атмосферных воздействий описываются логарифмическими зависимостями (рисунок 4.15) вида:

$$W = a_w \ln(t) + b_w, \quad (5.1)$$

где a_w – тангенс угла наклона прямой водопоглощения, построенной в логарифмических координатах.

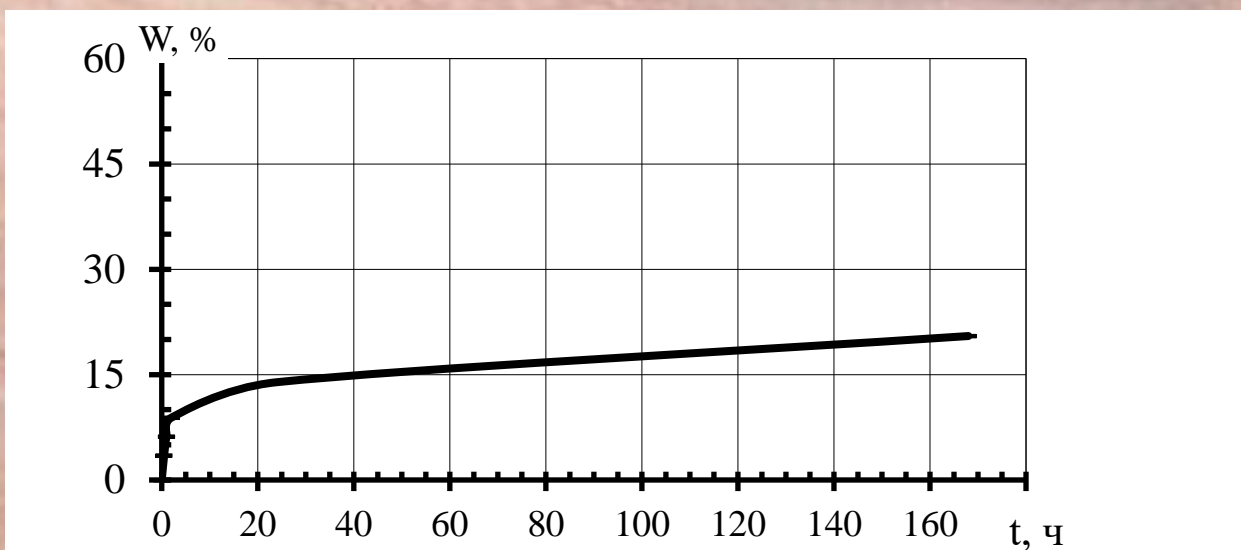


Рисунок 4.15 – Водопоглощение гибкого камня

Таким образом, процессы водопоглощения по-прежнему протекают наиболее интенсивно в начальный период времени, а затем стабилизируются. Характер протекания процессов обусловлен тем, что сначала происходит заполнение жидкостью пор, присутствующих в материале, и только после начинается процесс заполнения макрокапилляров.

Скорость протекания процесса является производной от водопоглощения и имеет вид:

$$V_w = a/t, \quad (5.2)$$

где, a – коэффициент, определяющий интенсивность протекания процесса водопоглощения.

Экспериментальные зависимости водопоглощения и скорости протекания процесса сведены в таблицу 4.2, из которой видно, что с увеличением количества циклов замораживания-оттаивания скорость процесса водопоглощения замедляется, что связано с разной начальной влажностью гибкого камня (при реализации цикла замораживания-оттаивания материал подвергается замачиванию) [26].

Таблица 4.2 – Экспериментальные зависимости процессов водопоглощения гибкого камня

Количество циклов, шт / продолжительность старения	$W=f(t)$	R^2	$V_w=f(t)$
1	2	3	4
без воздействия	$2,1352\ln(t) + 12,972$	0,9654	$2,1352/t$
Воздействие циклов замораживания-оттаивания			
1 цикл	$2,0243\ln(t) + 12,034$	0,9351	$2,0243/t$
2 цикла	$2,0173\ln(t) + 12,102$	0,9278	$2,0173/t$
3 цикла	$2,2288\ln(t) + 12,861$	0,9314	$2,2288/t$
4 цикла	$1,7080\ln(t) + 9,602$	0,9002	$1,7080/t$
Воздействие повышенных температур			
25 ч	$2,0243\ln(t) + 12,034$	0,9624	$2,0243/t$
50 ч	$1,5118\ln(t) + 8,5917$	0,8652	$1,5118/t$
75 ч	$2,5571\ln(t) + 13,274$	0,8623	$2,5571/t$
100 ч	$2,3585\ln(t) + 12,287$	0,8635	$2,3585/t$
Воздействие ультрафиолетового облучения			
25 ч	$2,2744\ln(t) + 14,062$	0,9632	$2,2744/t$
50 ч	$2,3596\ln(t) + 14,679$	0,9633	$2,3596/t$
75 ч	$2,7289\ln(t) + 16,070$	0,9283	$2,7289/t$
100 ч	$2,0008\ln(t) + 10,933$	0,8909	$2,0008/t$

4.5 Выводы

Оптимальным составом для производства гибкого камня является стеклохолст марки Os 50 (подложка) и полиэфирная смола Polimal 109-32 РуК (компаунд). В качестве материала декоративного слоя возможно использовать как мраморную, так и гранитную крошку, а также возможно использовать песок (оптимальной фракции для декоративного заполнителя является фракция 0...3 мм).

Коэффициент теплопроводности гибкого камня оптимального состава не подверженного воздействиям составляет 0,058 Вт/м·К. После одного цикла замораживания-оттаивания он повышается вдвое, а с увеличением количества циклов до четырех, он увеличивается более чем в 15 раз. Действие повышенных температур приводит к снижению коэффициента почти в 2 раза после 100 часов воздействия.

Коэффициент линейного термического расширения гибкого камня оптимального состава не подверженного воздействиям составляет $1,08 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$. Моделируемые атмосферные воздействия не влияют на характер зависимости (прямолинейность сохраняется). Следовательно, в рассматриваемом диапазоне температур гибкий камень под действием атмосферных воздействий не меняет свою структуру.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен ретроспективный анализ применения камня как строительного материала. Показано, что на протяжении истории строительства натуральный камень менял свое назначение с основного несущего материала на облицовочный. Выявлены объективные и субъективные предпосылки появления искусственного камня.

2. Выявлены физико-химические основы производства искусственного камня. Главным физико-химическим процессом производства оселкового камня является гидратация гипса. Главным физико-химическим процессом производства литьевого камня является полимеризация или поликонденсация смолы. Главным физико-химическим процессом производства формового камня является гидратация цемента. И главным физико-химическим процессом производства гибкого камня является полимеризация или поликонденсация смолы.

3. Исходными компонентами оселкового камня являются гипс марки Г-16 и различные пигменты с помощью которых можно предавать образцу требуемый вид. Для того что бы окрасить оселковый камень в требуемый цвет возможно применение двух методов окраски — окраска внешнего слоя и прокраска в массу. Окраска внешнего слоя основана на выдержке готового образца в разведенном колере, где тональность (насыщенность цвета) зависит от времени выдержки и количества колера, разведенного в воде. Прокраска в массу достигается тем, что в гипсовую массу в процентном соотношении добавляется колер от 10 до 70 %. На основе метода экспертных оценок установлено что при прокраске в массу предпочтительной тональностью является тональность, получаемая при добавлении 50 % колера, а менее предпочтительным при добавлении 10 %. Наблюдается запрос на различные тональности.

4. Исходными компонентами формового камня является цемент, различные железоксидные пигменты, песок и вода. Для увеличения

прочности формового камня можно его армировать арматурой малых диаметров. Для получения оптимального насыщенного цвета добавляют от 15 до 30 % пигмента от массы связующего. Так же стоит отметить, что для производства формового камня требуются жесткие формы из пластика или подвижные из полиуретана.

5. Исходными компонентами гибкого камня являются подложка, компаунд (связующее) и материал декоративного слоя. Оптимальным составом для производства гибкого камня является стеклохолст марки Os 50 (подложка) и полиэфирная смола Polimal 109-32 РуК (компаунд). В качестве материала декоративного слоя возможно использовать как мраморную, так и гранитную крошку, а также возможно использовать песок (оптимальной фракции для декоративного заполнителя является фракция 0...3 мм). Коэффициент теплопроводности гибкого камня составляет 0,058 Вт/м·К. Коэффициент линейного термического расширения гибкого камня составляет $1,08 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Всеобщая история архитектуры. Том 12. Книга 1. Архитектура СССР. Баранов Н.В. (ред.). 1975 . – 756 с.
2. Центральный Комитет КПСС Совет Министров СССР Постановление От 4 ноября 1955 г. N 1871 Об устранении излишеств в проектировании и строительстве
3. Куликов А.С. История архитектуры, градостроительства и дизайна. Ч. I: Всеобщая история архитектуры: Учеб. пособие. / А. С. Куликов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003.– 106 с
4. Черных В. Ф. Стеновые и отделочные материалы / В. Ф. Черных. - М.: Росагропромиздат, 1991. – 186 с.
5. Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород: учебник / А.С. Чирков. – 3-е изд., доп. – Москва: Горная книга, 2009. – 623 с.
6. Першин Г.Д. Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. / под ред. Г.Д. Першина. Вып.16. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова», 2016. – 246 с.
7. Тюльнин В.А. Современные искусственные декоративные материалы как альтернатива и заменитель природного облицовочного камня/ Тюльнин В.А. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI Века Издательство: Композит XXI век (Москва) 2017 С 19-23
8. 05.03-19Т.94 Особенности и преимущества использования литьевого искусственного камня РЖ 19Т. Технология полимерных материалов (пластмассы. Ионообменные материалы) Издательство: ООО "НТИ-КОМПАКТ"
9. 05.03-19Т.98 Технология производства изделий из литьевого искусственного камня РЖ 19Т. Технология полимерных материалов (пластмассы. Ионообменные материалы) Издательство: ООО "НТИ-КОМПАКТ"

10. Горчаков Г.И. Строительные материалы / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 688 с.
11. Брыков, А.С. Гидратация портландцемента: учебное пособие / А. С. Брыков. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2008. – 30 с
12. ГОСТ 125-2018 Вяжущие гипсовые. Технические условия
13. ГОСТ 23789-2018 Вяжущие гипсовые. Методы испытаний
14. Михайлов В.А. Технология производства малых архитектурных форм из гипса / В. А. Михайлов // Взгляд молодых на проблемы региональной экономики – 2017. Издательство: Издательский центр ФГБОУ ВО "Тамбовский государственный технический университет". – С 176-180.
15. Михеенков М.А. Особенности технологии производства искусственного гипсового камня на основе фосфогипса / Михеенков М.А. // Цемент и его применение Издательство: ООО "ПЕТРОЦЕМ" (Санкт-Петербург) 2009 – С 76-79
16. Михеенков М.А. Производство искусственного гипсового камня / Михеенков М.А., Ким В., Полянский Л.И. // Строительные материалы Издательство: Рекламно-издательская фирма "Стройматериалы" (Москва) 2010 С 13-17
17. Михайлов В.А. Влияние параметров окрашивания гипсовых изделий в красный цвет на их внешний вид / В.А. Михайлов, А.В. Ерофеев, Д.Н. Горский // Colloquium-journal №2 (54), 2020. С. 134-138
18. Некрасова С.А. Влияние искусственного старения на формирование структуры гипсового камня / Некрасова С.А., Гаркави М.С., Панферова А.Ю. // Строительные материалы Издательство: Рекламно-издательская фирма "Стройматериалы" (Москва) 2012 С 24-25
19. СП 85-101-98 Приготовление и применение растворов строительных
20. Бетон. Часть I. Свойства. Проектирование. Испытания. / Райхель В., Конрад Д. Москва: Изд-во Стройиздат. 1979. – 295 с

- 21.06.05-19М.211П Формованный искусственный камень РЖ 19М.
Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов
Издательство: ООО "НТИ-КОМПАКТ"
- 22.Фомичева Т.Н. Химия и технология пигментов: Кристалличность неорган. Пигментов / Текст лекций Т. Н. Фомичева. - М. : МХТИ, 1981. - 32 с
- 23.05.13-19Л.136П Искусственный камень и его структура РЖ 19Л.
Технология неорганических веществ и материалов Издательство: ООО "НТИ-КОМПАКТ"
- 24.Агапов В.Н. Технология облицовочных работ природным камнем / [В.Н. Агапов и др.]; Под общ. ред. А.Г. Левина. - М.: Союз "Метроспецстрой" : Атолл, 2001 – 150 с.
- 25.Пономаренко Л.В. Технология использования искусственных камней / Пономаренко Л.В., Кантиева Е.В., Апасова С.И. // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса Издательство: Костромской государственный технологический университет (Кострома) 2012 С 84-85
- 26.ГОСТ Р 51910-2002 Методика исследования и проверки ускоренными методами влияния внешних воздействующих факторов на долговечность и сохраняемость технических изделий. Разработка и построение.