



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. П. ОГАРЁВА»
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

Архитектурно-строительный факультет
Кафедра строительных материалов и технологий

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой СМиТ,
д-р техн. наук, проф.
В. Т. Ерофеев
«__» _____ 2019г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к выпускной квалификационной (бакалаврской) работе

на тему: «Исследование свойств облицовочных плиток на основе цемента и оценке экономической эффективности их использования»

Автор работы

Жалнина Елена Александровна

Направление подготовки 08.03.01 «Строительство»

Профиль «Стоимостной инжиниринг»

Обозначение дипломного проекта БР-02069964-08.03.01-35-19

Руководитель работы

Богатова С.Н.

Консультанты по разделам:

Научно-исследовательский

Богатова С.Н.

Экономический

Богатова С.Н.

Другие разделы

Богатова С.Н.

Нормоконтролер

Молодых С. А.

Рецензент

Завалишин Е.В.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. Н. П. ОГАРЁВА»
(ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва»)

Архитектурно-строительный факультет
Кафедра строительных материалов и технологий

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СМиТ,
д-р техн. наук, проф.

В. Т. Ерофеев

«28» декабря 2019г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ (БАКАЛАВРСКУЮ) РАБОТУ

студенту: Жалнина Елена Александровна

1 Тема: Исследование свойств облицовочных плиток на основе цемента и оценке экономической эффективности их использования

Утверждена приказом по МордГУ № 10751-с от 28.12.18

2 Срок представления проекта к защите 15.06.2019 г.

3 Исходные данные для проектирования: научные публикации в области разработки искусственных облицовочных плиток на основе портландцемента, обладающих повышенной стойкостью в биологических и химических агрессивных средах; методики исследования физико-механических свойств, биологической и химической стойкости; испытательное оборудование кафедры строительных материалов и технологий

4 Содержание пояснительной записки:

4.1 Структурообразование, свойства, технология и применение облицовочных плиток на основе портландцемента

4.2 Цель и задачи исследований. Применяемые материалы и методы

4.3 Исследование составов искусственных облицовочных плиток на основе цемента по показателям прочности и биологической стойкости

4.4 Исследование долговечность искусственных облицовочных плиток на основе цемента

4.5 Технико-экономическое обоснование изготовления искусственной облицовочной плитки на основе цемента

5 Перечень графического материала: результаты экспериментальных исследования химической и биологической стойкости, а также физико-механических свойств облицовочных плиток на основе цемента

Руководитель работы

Богатова С.Н.

Консультанты по разделам:

Научно-исследовательский

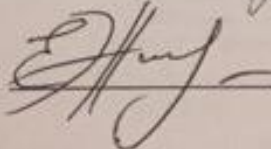
Богатова С.Н.

Экономический

Богатова С.Н.

Другие разделы

Богатова С.Н.

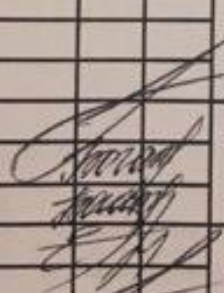
Задание приняла к исполнению:  Жалнина Е.А.

«28» декабря 2018 г.

Ведомость бакалаврской работы

№ п/п	Формат	Обозначение	Наименование	Кол-во листов
<i>Документация текстовая</i>				
1	A4	БР-02069964-08.03.01-35-19	Пояснительная записка	99
<i>Документация графическая</i>				
1	A1	БР-02069964-НИ1	Цель и задачи исследований. Применяемые материалы и методы	1
2	A1	БР-02069964-НИ2	Физико-механические свойства исследуемых составов	1
3	A1	БР-02069964-НИ3	Исследование водостойкости	2
4	A1	БР-02069964-НИ4	Исследование кислотостойкости	1
5	A1	БР-02069964-НИ5	Исследование щелочестойкости	1
6	A1	БР-02069964-НИ6	Исследование стойкости в условиях повышенной влажности	1
7	A1	БР-02069964-НИ7	Исследование биологической стойкости	1
8	A1	БР-02069964-НИ8	Технико-экономическое обоснование изготовления искусственной облицовочной плитки на основе цемента	1

БР-02069964-08.03.01-35-19

Зав. кафедрой	Ерофеев В.Т.		Исследование свойств искусственных облицовочных плиток на основе цемента и оценка экономической эффективности	Стадия	Лист	Листов
Руководитель	Богатова С.Н.			БР	3	99
Консультант	Богатова С.Н.					
Бакалавр	Жалыпа Е.А.					
И. контролер	Молодых С.А.					
Ведомость бакалаврской работы			АСФ 402 «б» гр. 08.03.01 Строительство д/о			

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная (бакалаврская) работа содержит графическую часть – 9 листов формата А1, 99 страниц текстовой документации (16 рисунков, 18 таблиц, 47 наименования использованных источников, приложение).

ОБЛИЦОВОЧНАЯ ПЛИТКА, БЕЛЫЙ ЦЕМЕНТ, ПРОЧНОСТЬ, ИСТИРАЕМОСТЬ, ДОЛГОВЕЧНОСТЬ, БИОСТОЙКОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.

Объектом исследования: является искусственная облицовочная плитка на основе белого цемента

Целью работы: является исследование свойств облицовочных плиток на основе портландцемента и оценка экономической эффективности их использования.

В процессе работы изучались: ГОСТЫ, нормативно-справочная литература, научная литература, опыт изготовления искусственных облицовочных плиток на основе белого цемента.

В результате исследованы: водостойкость, щелочестойкость, кислотостойкость, стойкость в условиях повышенной влажности, биологическая стойкость вяжущего на основе белого цемента, используемого для получения облицовочных плиток. Определены физико-механические свойства искусственных облицовочных плиток.

Работа носит научно-исследовательский характер, полученные результаты могут использоваться при разработке и производстве искусственных облицовочных плиток на основе белого цемента, обладающих повышенной долговечностью при эксплуатациях в биологических и химических агрессивных средах, пригодных для строительства и ремонта жилых, общественных и производственных зданий.

Методы исследования: физико-механические, физико-химические, биологические.

									Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	БР-02069964-08.03.01-69-19				7

Результатом исследования: являются разработанные составы искусственных облицовочных плиток на основе белого цемента по показателям водостойкости, кислотостойкости, биостойкости, щелочестойкости.

Рекомендации по внедрению – результаты бакалаврской работы могут быть использованы при производстве искусственных облицовочных плиток.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		8

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Структурообразование, свойства, технология и применение облицовочных плиток на основе портландцемента	11
1.1 Структурообразование композиционных строительных материалов	11
1.2 Физико-механические свойства строительных смесей на основе портландцемента. Технология получения цементов	16
1.3 Свойства и области применения белого портландцемента	31
1.4 Разновидности и область применения искусственных облицовочных плиток	35
2 Цель и задачи исследований. Применяемые материалы и методы	44
2.1 Цель и задачи исследований	44
2.2 Применяемые материалы	44
2.3. Методы исследований	45
3 Исследование составов искусственных облицовочных плиток на основе цемента по показателям прочности и биологической стойкости	51
3.1 Определение физико-механических свойств исследуемых составов	51
3.1.1 Определение предела прочности на изгиб и средней плотности	53
3.1.2 Определение водопоглощения	55
3.1.3 Определение истираемости	56
3.2 Определение биологической стойкости исследуемых составов	58
4 Исследование долговечность искусственных облицовочных плиток на основе цемента	63
4.1 Исследование водостойкости	63
4.2 Химическое сопротивление в водных растворах кислот	65
4.3 Химическое сопротивление в водном растворе щелочи	68
4.4 Исследование стойкости составов при выдерживании в условиях повышенной влажности	72

									Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	БР-02069964-08.03.01-69-19				9

4.5	Исследование биологической стойкости	73
5	Технико-экономическое обоснование изготовления искусственной облицовочной плитки на основе цемента	77
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	85
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	90

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		10

ВВЕДЕНИЕ

Создание новых строительных материалов и изделий, обеспечивающих улучшение их эксплуатационных показателей, повышение эффективности, снижение материалоемкости, стоимости и трудоемкости изготовления, является основной задачей в области строительного материаловедения.

На сегодняшний день строительные рынки изобилуют новейшими строительными материалами различных характеристик и областей применения. Совершенно ясно и очевидно, что разобраться в таком многообразии товаров и услуг практически нереально. Однако, как нам кажется, современный инженер-строитель, да и просто любой уважающий себя частный застройщик просто обязан знать и уметь правильно использовать те или иные характеристики большинства современных строительных материалов.

В бакалаврской работе было решено остановиться на, как нам кажется, одном из самых популярных среди застройщиков и самых любимых среди заказчиков, но в то же время неизученном классе отделочных материалов. Итак, речь пойдет об искусственных декоративных отделочных плитках.

Искусственный камень – это современный декоративный облицовочный материал. Применение современных технологий при производстве искусственного камня позволяет с удивительной точностью копировать фактуру гранита, базальта, сланца, песчаника, известняка коралловой скальной породы, травертина и других натуральных камней при кладке, изготавливать облицовочные плитки таких цветов и фактур, которые не существуют в природе. Такой камень – это полноценная имитация натурального природного камня, но более доступен и практичен в применении. Его высокие эстетические качества по праву заслуживают внимание архитекторов и дизайнеров. Практически ни один проект не обходится без использования искусственного камня. Стоимость искусственного камня значительно ниже природного, и работать с ним проще. Искусственный камень невосприимчив к агрессивным средам, износостоек и чрезвычайно прочен. С

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		11

появлением такого камня отпала нужда завозить для строительства дома или отделки квартиры натуральные валуны или булыжники. Искусственный камень не только легко их заменяет, но и позволяет вытворять с собой то, что природным аналогам совершенно недоступно. Изделия из искусственного камня с каждым днем пользуются все большей популярностью. И это неудивительно, так как при помощи современных технологий стало возможным сделать искусственный камень, который по своим эстетическим и физическим свойствам ни в чем не уступает натуральному, а по некоторым — даже превосходит. Этот материал отвечает всем современным модным тенденциям в оформлении интерьера помещений и помогает подчеркнуть изысканность и индивидуальность интерьера. Искусственный камень может использоваться при изготовлении практически любых изделий: декоративных стеновых панелей, барных стоек, раковин, столешниц, подоконников, столов, пристеночных бортиков и т.д.

Как известно, понятие «искусственный камень» чрезвычайно широко: сюда входят и кирпичи, и бетоны, и полимерфосфогипс. Но в современном строительстве в роли отделочного материала применяют, в основном, камни на основе полиэфирных смол и наполнителя из крошки природного камня, а также камни, которые представляют собой цветные бетоны, с фактурой натурального камня. У обоих видов камней удивительные свойства, при грамотном их использовании можно получить стену, по внешнему виду ничуть не отличающуюся от стены из натурального камня, но по гораздо меньшей себестоимости. Кроме того, искусственный камень на основе полиэфирных смол позволяют получать поверхностные части мебели различного назначения, сантехнические изделия, а также различные декоративные изделия.

Мы в своей работе постарались осветить более подробно такие аспекты, как: определение и классификация искусственных плиток, история распространения отделочных искусственных плиток, их изготовление и применение, наиболее характерные свойства искусственных плиток. Также более подробно описаны результаты исследований в области определения физико-механических, физико-

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		12

химических свойств исследуемых составов. Подробно изучены и описаны результаты по определению долговечности искусственных облицовочных плиток.

Бакалаврская работа представляет практический интерес для всех тех, кто желает более подробно разобраться в мире искусственных каменных отделочных материалов.

Научная новизна

1. Показана возможность получения составов искусственных облицовочных плиток на основе белого цемента с повышенной химической и биологической стойкостью.

2. Выявлены зависимости изменения основных свойств искусственных облицовочных плиток на основе белого цемента от длительности выдерживания в агрессивных средах.

Практическая значимость

1. Оптимизированы составы искусственных облицовочных плиток на основе белого цемента по показателям прочности и биологического сопротивления.

2. Получены количественные зависимости изменения коэффициентов водостойкости, химической стойкости исследуемых составов от длительности выдерживания в агрессивных средах.

По теме выпускной квалификационной (бакалаврской) работе подготовлено и находится в печати 2 научные публикации.

Объем работы. Бакалаврская работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы, приложения.

Бакалаврская работа выполнена на кафедре строительных материалов и технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва».

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		13

1 Структурообразование, свойства, технология и применение облицовочных плиток на основе портландцемента

1.1 Структурообразование композиционных строительных материалов

В настоящее время интерес к композиционным материалам остается таким же привлекательным, как и прежде, в виду непрерывно возрастающих требований к физико-техническим характеристикам строительных материалов.

К композиционным материалам (КМ), не зависимо от области исследования, относятся любые материалы с гетерогенной (состоящей из двух или более фаз) структурой. При этом в КМ выделяется матрица как непрерывная среда, а также включения произвольной формы и поверхности раздела [10, 13, 23, 25, 30]. К КМ относятся и однородные материалы с пустотами, причем последние считаются включениями, имеющими модуль упругости, равный нулю [47].

Строительные материалы к композиционным впервые отнесены в работах [36-37]. По определению В. И. Соломатова [37], композиционные строительные материалы (КСМ) представляют собой искусственные материалы сложных структур, составленные из двух и более мономатериалов с резко различными свойствами и приобретающие в результате такого сочетания комплекс новых свойств, не присущих исходным материалам. В номенклатуру КСМ включаются бетоны и растворы всех видов: мастики, замазки, клеи, строительная керамика, стеклопластики и древесные пластики, другие полимерные и полимерсиликатные материалы.

Композиционные материалы классифицируются по различным признакам: материалу (по виду и свойствам связующих, заполнителей и армирующих); конструкции (по типу и расположению арматуры); технологии (по способу переработки в изделия и отверждения); структуре (волокнистые, слоистые, дисперсно-упрочненные) [26]. С позиции практической технологии в общей

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		14

структуре КСМ достаточно различать микроструктуру, присущую связующему, и макроструктуру, характерную для композита в целом [26]. Микроструктура образуется путем совмещения вяжущих веществ, отвердителей, модификаторов и дисперсных наполнителей. Ее свойства определяются явлениями, протекающими в контакте жидкой и твердой фаз, и зависят от степени наполнения, дисперсности наполнителей, физико-химической активности их поверхности, концентрации вяжущего вещества, количеством опасных для данной структуры дефектов и других факторов. Связующее вещество под воздействием отвердителей или воды переходят из жидкого или тестообразного состояния в твердое. Для изготовления КСМ используется большая группа неорганических и органических связующих, выбираемых с учетом условий эксплуатации и требований к изделиям. Наибольшее применение находят материалы на основе цементных, гипсовых, известняковых, битумных и полимерных связующих. В некоторых областях строительства перспективны композиты на основе магнезиальных и серных связующих, а также находят все большее применение материалы на жидком стекле.

Согласно [26], разделение компонентов КМ на матрицу и наполнители производится по геометрическому признаку: непрерывный по всему объему КМ компонент называется матричным, а прерывистый, разъединенный в объеме КМ – армирующим. Матрица обеспечивает монолитность композита, фиксирует форму изделия, способствует организации совместной работы с наполнителем, а также является защитным покрытием, предохраняющим изделия и конструкций от механических повреждений и старения.

Согласно [35] количественным критерием разделения на наполнители и матрицу может служить удельная поверхность зерен. При высоких ее значениях (более 0,05 м²/г) материал квалифицируют как наполнитель, при крайне низких – как матрицу.

В зависимости от материала матрицы различают: металлические, керамические, полимерные, полимерцементные, цементные, гипсовые,

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		15

полимерсиликатные, силикатные и другие композиционные материалы. Матрица определяет устойчивость КМ к внешним воздействиям, повышенным и пониженным температурам, агрессивным средам и т. д. Полимерные матрицы в зависимости от отношения к делятся на термопласты, способные при изменении температуры переходить в жидкое, пластичное или твердое состояние, и реактопласты, при нагревание которых происходят необратимые структурные и химические превращения.

Наполнители представляют собой дисперсные порошки минералов, горных пород и искусственных материалов. Для наполнителей определяющим являются поверхностные характеристики, прочность же самих частиц, их гравитационное взаимодействие малозначительны [35].

Структурные исследования связующих, проведенные в последнее время, показали, что дисперсный наполнитель благодаря стремлению уменьшить энергию своей поверхности распределяется в связующем неравномерно и частично сгруппирован в виде кластеров [9]. В результате в объеме связующего появляются зоны с равномерным распределением частиц наполнителя или такие, где наполнитель отсутствует вообще и зоны кластерных образований. Образование кластеров при этом происходит вследствие соударений и сближений частиц наполнителя в вязущем при смешивании, а также теплового движения. В кластерных образованиях матрица находится в тонкопленочном упорядоченно-ориентированном состоянии, а в зонах с равномерным распределением частиц (или в таких, где наполнитель отсутствует вообще) – в объемном. Из сказанного следует, что при увеличении степени наполнения происходит своего рода фазовый переход из объемного состояния в пленочное, что отражается на термодинамике и прочности композита.

Зависимость прочности от степени наполнения имеет экстремальный характер [17]. При этом она может принимать различные формы, на что влияют прилагаемое напряжение и размер частиц наполнителя. В связи с этим композиты классифицируются на две группы – малонаполненные и высоконаполненные.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		16

Первые характеризуются значительной деформативностью и ударной вязкостью, но низкой прочностью при сжатии, а вторые обладают высоким модулем упругости и повышенной прочностью при сжатии, но относятся к разделу хрупких материалов.

Чрезмерно высокая дисперсность наполнителя нежелательна, так как повышается его склонность к агрегированию в сухом виде, и как следствие в композите появляются агрегаты наполнителей, которые не смочены вяжущим, что приводит к понижению прочности. В свою очередь чрезмерное увеличение размера частиц наполнителя вызывает снижение их поверхностной энергии, а следовательно, и энергии когезии, что ведет к уменьшению прочности КМ. Только при оптимальной дисперсности можно снизить или вообще уменьшить роль наполнителя как источника зарождения деструкций [17].

Наполнители композитов благодаря большой удельной поверхности в значительной мере влияют на создание пространственно-структурной сетки отвержденных материалов. Они должны удовлетворять таким требованиям, как совместимостью с вяжущим, чистотой, отсутствием механических и химических включений, малым водопоглощением и химической стойкостью. Прочность и долговечность микроструктуры можно повысить за счет специального подбора вяжущего и наполнителей, т. е. при условии физико-химической активности наполнителя по отношению к вяжущему. Требуемым условием для достижения прочной адгезионной связи между вяжущим и наполнителем является хорошая смачиваемость поверхности последнего жидким связующим. Наполнители для композиционных материалов делятся на активные и инертные [17].

Значительное влияние на прочность и деформативность композитов оказывают соотношение прочностей и модулей упругости заполнителя и матрицы. В зависимости от этого бетоны имеют различные механизмы разрушения.

Различают три типа макроструктуры бетонов [37]. Первый тип соответствует «плавающей» макроструктуре бетона. Он характерен тем, что заполнитель находится на значительном расстоянии друг от друга и не оказывает влияния на

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		17

свойства бетона, которые полностью определяются свойствами связующего (матрицы). Второй тип характеризуется увеличением модуля упругости бетона и одновременно снижением его прочности. Она соответствует «переходному» типу макроструктуры. Здесь по мере увеличения содержания заполнителей расстояние между зернами уменьшается, происходит переход от «плавающего» типа макроструктуры к «контактному». Формируется каркас, состоящий из зерен заполнителя. Прочность заполнителей, интенсивность сцепления их со связующим, а также гранулометрический состав заполнителей при переходе к указанной макроструктуре бетонов начинают оказывать более существенное влияние на их свойства и по мере увеличения заполнителей это влияние возрастает. Третий тип, соответствует «контактному» типу макроструктуры бетона, свойства которого уже не зависят от изменения содержания заполнителей, а определяются, в первую очередь, интенсивностью сцепления заполнителей со связующим, их прочностью и гранулометрическим составом. Объясняется это тем, что при этом типе макроструктуры бетонов, зерна заполнителей контактируют между собой. Они образуют контактный каркас. В настоящее время в литературе приводится несколько моделей, в которых заполнитель представляется в виде жестких сфер одинакового размера. Такая модель принята многими авторами для моделирования композитов, составленных на различных связующих и на гранулированных и волокнистых заполнителях, а также грунтовых масс [15-16]. Модели представлены в виде некоторой укладки шаров одинакового диаметра. Различают гексагональные, кубические упаковки, кубическую гранцентрированную, кубическую объемно-центрированную, тетраэдрическую и др.

Среди большого разнообразия различных видов бетонов эффективны материалы с высокой степенью наполнения, характеризующиеся пониженным расходом связующего и малой усадкой. Многие авторы [4, 24] полагают, что в таких композитах заполняющая часть, сцементированная по поверхности контакта, образует в композите каркас, или «скелет». В строительном материаловедении к таким относятся бетоны раздельного бетонирования, бетоны, изготавливаемые

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		18

вибронагнетательным способом, бетоны с фиксированным щебеночным каркасом, бетоны, с заполнителями выполненные в виде плоских или пространственных решеток [17]. В последнее время разработана технология получения каркасных бетонов. Новый подход к технологии изготовления КСМ позволил создать в рамках полиструктурной теории каркасные композиты на различных связующих: полимерных, цементных, битумных и гипсовых.

1.2 Физико - механические свойства строительных смесей на основе портландцемента. Технология получения цементов

В 90-х годах XX века на строительных объектах России при выполнении монтажных, отделочных и реставрационных работ впервые отмечено применение новых материалов – сухих строительных смесей. На сегодняшний день эти материалы завоевали широкое признание и позволили полностью изменить культуру производства отделочных и ремонтных работ, а также значительно повысить их эффективность.

Современные сухие смеси – это не просто смесь вяжущего с заполнителем, а продукт наукоемких технологий, применение которого позволяет не только значительно увеличить производительность труда, но и получить совершенно иные качественные характеристики, недостижимые в случае использования традиционных растворов.

Основными компонентами сухих строительных смесей являются: вяжущее вещество (минеральное, органическое или органоминеральное), заполнители и наполнители (естественные или молотые кварцевые пески, мрамор, известняк, доломит и т.д.), и премиксы, представляющие собой смеси продуктов строительной химии различного функционального назначения [21].

Строительные растворные смеси на основе цемента используются в строительстве зданий и сооружений более 8000 лет. Главным образом, они

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		19

применяются для кладки камня и кирпича (строительный кладочный раствор) и для оштукатуривания стен (штукатурные растворные смеси).

Российский рынок цементного сырья зависит от состояния отечественной цементной промышленности (что, в свою очередь, соответствует уровню развития строительной индустрии), а также от конъюнктуры мирового цементного рынка. Цементная промышленность – одна из старейших в России отраслей промышленного производства. Расцвет отрасли пришелся на 60-80-е годы. С 1962 по 1989 гг. Россия по выпуску цемента занимала первое место в мире. Максимальный объем производства был достигнут в 1989 г. и составил 85,3 млн т. В дальнейшем в связи с ухудшением экономического положения России и резким падением объемов строительства выпуск цемента значительно снизился: в 1998 г. было произведено лишь 26 млн т цемента.

Однако, начиная с 1999 г., ситуация в цементной промышленности изменилась, и с этого времени в России наблюдается устойчивый рост производства и потребления цемента вплоть до начала мирового экономического кризиса 2008 г. В 2007 г. объем цементного производства в России почти достиг уровня в 60 млн. т.

В предкризисные годы (2006-2007 гг.) Россия занимала ведущие позиции в производстве цемента как в мире (5 место), так и в странах СНГ (первое). Этому способствовал бурный рост строительства в стране (в среднем в 2001-2007 гг. на 10,6% ежегодно).

Начиная со второй половины 2008 г., мировой экономический кризис стал негативно влиять на строительную деятельность. Снижение объемов строительных работ привело к падению цены на цемент, вследствие чего объем импортных поставок значительно уменьшился. Спад спроса привел к образованию временного переизбытка цемента, что, естественно, повлекло за собой резкий спад добычи цементного сырья и объемов производства цемента.

В настоящее время конкуренция на российском цементном рынке привела к тому, что многие мелкие предприятия вынуждены сокращать объемы выпуска

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		20

продукции и фактически находятся в стадии консервации производства. Остаются крупные компании, которые имеют большие объемы производства, а также используют энергосберегающие технологии и снижают затраты на производство продукции.

Основными составляющими компонентами цемента являются известковые, маргелистые, глинистые породы и всевозможные добавки (бокситы, шлак и т.д.). Этот сырьевой материал подвергают высокотехнологичной и высокотемпературной обработке, в процессе которой начальное сырье доходит до стадии полного или частичного плавления. В результате образуются силикаты и алюминаты кальция, благодаря которым цемент и приобретает высокую прочность. Такой продукт обжига исходного сырья называется *клинкером*. В английском языке слово *Clinker* обозначает шлак или застывшую лаву. Выглядит клинкер как округлые гранулы, окатыши или осколки неправильной формы с плотным, стекловидным черепком.

Клинкер состоит из четырех основных клинкерных минералов: трехкальциевого силиката (алита) $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – 45-65 %, двухкальциевого силиката (белита) $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ – 10-40 %, четырехкальциевого алюмоферрита $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ – 2-18 %, трехкальциевого алюмината $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ – 2-15 %.

В зависимости от преимущественного влияния того или другого минерала (его повышенного содержания) клинкер и приготовленный из него цемент называется, соответственно, *алитовым*, *белитовым*, *алюмоферритовым* или *алюминатным (глиноземистым)*. Если в клинкере содержится повышенное количество двух минералов, его соответственно называют *алито-алюминатным*. Каждый из клинкерных минералов имеет свои специфические свойства, влияющие на свойства конечного продукта. Так, алит является химически активным минералом, оказывающим решающее влияние на прочность и скорость твердения цемента. Взаимодействие его с водой происходит с большим тепловыделением. Алит обладает способностью быстро твердеть и набирать высокую прочность,

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		21

поэтому повышенное содержание трехкальциевого силиката обеспечивает получение из данного клинкера высокомарочного портландцемента.

Белит, затворенный водой, в начальный период твердеет медленно, при этом выделяется очень мало теплоты. Продукт твердения в течение первого месяца обладает невысокой прочностью, но затем на протяжении нескольких лет при благоприятных условиях прочность его неуклонно возрастает.

Трехкальциевый алюминат характеризуется высокой химической активностью, в первые сутки твердения он выделяет наибольшее количество теплоты гидратации и быстро твердеет. Однако продукт его твердения имеет низкую долговечность и малую стойкость против воздействия сернокислых соединений.

Четырехкальциевый алюмоферрит характеризуется умеренным тепловыделением, твердеет он значительно медленнее, чем алит, но быстрее, чем белит. Прочность продуктов его гидратации несколько ниже, чем у алита. Располагая данными о минералогическом составе портландцементного клинкера и зная свойства клинкерных минералов, можно заранее составить представление об основных свойствах портландцемента и особенностях его твердения в различных условиях.

Также большую роль играет агрегатное состояние и морфологический состав клинкерных минералов. Некоторые из них проявляют наибольшую гидравлическую активность в стекловидном состоянии, некоторые – в мелкокристаллическом, для других существуют активные и инертные полиморфные модификации (кристаллические структуры).

К основным технологическим свойствам цементных композиций относятся нормальная густота, сроки схватывания, равномерность изменения объема, водоотделение.

Нормальная густота. Цемент является уникальным строительным материалом, на свойства которого влияют не только физико-химический особенности самого вяжущего, но содержание и качество применяемых

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		22

сопутствующих материалов (вода, песок, добавки и др.). Значительное внимание уделяется подбору количества воды для затворения, которое напрямую повлияет в дальнейшем практически на все свойства будущего материала (прочность, морозостойкость и т.п.). При определении необходимого количества воды для затворения цемента определяют нормальную густоту цементного теста. Это водоцементное отношение в процентах, при котором достигается нормированная консистенция цементного теста. Данное свойство напрямую зависит от химико-минералогического состава клинкера, удельной поверхности цемента, содержания и особенностей добавок в нем и многих других факторов [31].

Сроки схватывания. Технология производства различных строительных материалов, изделий и конструкций на основе цементных связующих характеризуется потребностью в цементах с разным классом по прочности, химико-минералогическим составом, сроками схватывания и т.п. Изготовление новых видов цемента не приемлемо без учета требований существующих технологий производства. Для некоторых материалов необходимы цементы, твердение которых начинается не ранее двух часов после затворения (дорожные покрытия), другим не ранее 30 минут (декоративные покрытия). В практике производства цемента, а также растворов и бетонов на его основе известно множество способов влияния на ускорение и замедление схватывания цемента (путем регулирования химико-минералогического состава цемента, изменением его удельной поверхности, введением добавок замедлителей и ускорителей схватывания).

Равномерность изменения объема. Из исследований многих авторов известно, что цементный камень не имеет постоянного объема при гидратации [31, 41, 42].

При разной влажности цементные композиты могут разбухать либо давать усадку, зачастую невидимую невооруженным глазом. Данный процесс приводит к искривлению граней композита, либо появлению волосяных трещин. Химизм данного явления связан с запоздалой гидратацией химически не связанного

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		23

свободного оксида кальция в цементе. Образующаяся гашеная известь растет в одном направлении, что и приводит к изменению объема цементного камня. Кроме оксида кальция изменение объема может произойти и от избыточного содержания оксида магния, гипса и некоторых других добавок.

Гидрофобность. Это физическое свойство материала, характеризующее контактное взаимодействие с водой. Молекулы воды поляризованы и образуют между собой водородные связи. Гидрофобные молекулы не поляризованы и не способны образовывать такие связи, поэтому вода их отталкивает. Придание гидрофобных свойств цементу обеспечивает улучшенное его хранение и транспортирование, уменьшение расслаиваемости смеси и усадки композитов, изготовленных на таком вяжущем.

Водоотделение. Это количество воды, отделившейся при расслоении цементного теста вследствие осаждения частиц цемента. Механизм негативного действия данного явления объясняется образованием тонкой водной прослойки между последовательно укладываемыми слоями бетона, продуктами гидратации цемента и крупным заполнителем, а также арматурой, что препятствует получению однородного раствора и бетона и, как следствие, приводит к снижению прочности конечного продукта. Еще одно негативное влияние данного свойства цемента на бетонную и растворную смесь связано с их расслаиванием, что приводит к негодности таких смесей к транспортированию.

Современная практика производства цемента предлагает несколько способов понижения его водоотделения: повышением тонкости помола, увеличением содержания в цементе СзА, введением добавок (трепела, глины, бентонита и других).

Прочность. Это наиболее важное физико-механическое свойство цемента, которое в первую очередь повлияет на прочностные характеристики растворов и бетонов, изготовленных из него. Многие исследователи приводят разные факторы, определяющие прочность цементного камня: состав и микроструктура клинкера,

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		24

количество гипса, удельная поверхность цемента, в/ц отношение, условия твердения, возраст, количество и характер вводимых добавок и др. [41].

Обрастаемость. Практически все строительные материалы подвержены заражению микроорганизмами, дальнейшее развитие которых обусловлено химическим составом изделий и конструкций, наличием питательной среды извне и многими другими факторами. Как уже отмечалось выше, наиболее эффективным способом защиты строительных материалов и конструкций от обрастаемости плесневыми грибами является введение в их состав, в процессе изготовления, биоцидных соединений.

Производство цемента в общем случае состоит из нескольких технологических операций, которые можно условно разделить на 2 группы. Первая – операции по производству клинкера, вторая – измельчение клинкера совместно с гипсом и другими добавками – получение цемента.

Процесс обжига исходной шихты и получение клинкера включает множество стадий, основными из которых являются:

1. Сушка входящего сырья.
2. Разложение сырьевых компонентов. Под воздействием высокой температуры известняк распадается на известь и углекислый газ, а глина – на оксиды кремния и алюминия.
3. Экзотермические реакции. Свежеобожженные оксиды обычно очень активны, поэтому они взаимодействуют друг с другом, образуя новые вещества – алюминаты и силикаты кальция. Протекание этих процессов сопровождается выделением тепла, что дополнительно прогревает реакционную массу.
4. Спекание реакционной массы. Эта стадия чрезвычайно важна, так как именно при спекании формируется будущая структура клинкера, а также связывается оставшаяся после предыдущей стадии свободная известь.
5. Охлаждение. Сформированную при спекании структуру необходимо сохранить. Сделать это довольно сложно, так как при медленном охлаждении происходят процессы кристаллизации и перекристаллизации, резко снижающие

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	БР-02069964-08.03.01-69-19				

качество цемента. Поэтому охлаждать нужно резко, что достаточно сложно в связи с вязкостью массы и высокой температурой.

Любые технологии производства цемента включают все перечисленные стадии. Основное отличие между применяемыми на разных заводах процессами заключается в способе подготовки сырьевой шихты.

Если это сырье мокрое и неоднородное по составу, целесообразно применять так называемый мокрый способ производства клинкера – сырье разбавляют водой до густоты сметаны и в таком состоянии измельчают, перемешивают и подают на обжиг. Мокрый способ позволяет применять нестабильное по качеству сырье, но требует больших энергозатрат, так как всю введенную в шихту воду потом приходится испарять. В Советском Союзе преобладал мокрый способ производства. В настоящее время в России идет широкое внедрение в цементную промышленность сухого способа (мокрым способом производится около 87% клинкера).

Если сырье сухое, равномерное по составу и стабильное по качеству, выгоднее применять сухой способ, когда материал досушивают и перерабатывают в сухом состоянии. При этом расход топлива и размеры печных агрегатов значительно меньше, чем при мокром способе, но возрастают требования к кондиционности сырья. В связи с быстрым ростом цен на энергоносители сухой способ становится все более популярным, интенсивно вытесняя мокрый, на сегодняшний день в ряде стран доля производства клинкера данным способом достигает 100%.

Принципиальные технологические схемы производства цемента сухим и мокрым способом приведены на рисунках 1.1 и 1.2 [40].

В некоторых случаях сухую сырьевую смесь гранулируют, добавляя при грануляции необходимое для образования прочных гранул количество воды. Такой способ производства портландцементного клинкера называется *полусухим*.

Комбинированный способ может базироваться как на мокром, так и на сухом способе приготовления шихты. В первом случае сырьевую смесь готовят по

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		26

мокрому способу в виде шлама, а затем обезвоживают на фильтрах до влажности 16-18 % и подают на обжиг в печи в виде полусухой массы. Во втором варианте сырьевую смесь готовят по сухому способу, а затем гранулируют с добавкой 10-14 % воды и подают на обжиг в виде гранул диаметром 10-15 мм.

Выбор способов производства портландцементного клинкера определяется рядом факторов технологического и технико-экономического характера: свойствами сырья, его однородностью и влажностью, наличием достаточной топливной базы в районе строительства и др.

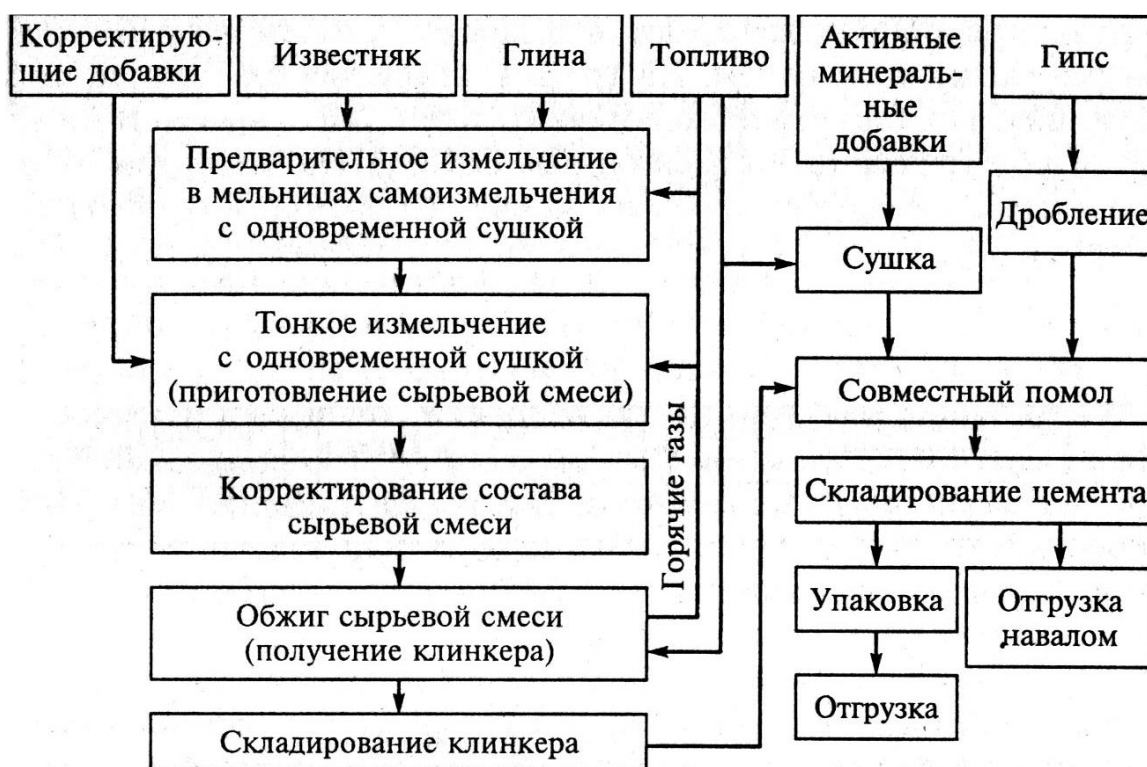


Рисунок 1.1 – Принципиальная технологическая схема производства цемента сухим способом

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

БР-02069964-08.03.01-69-19

Лист

27

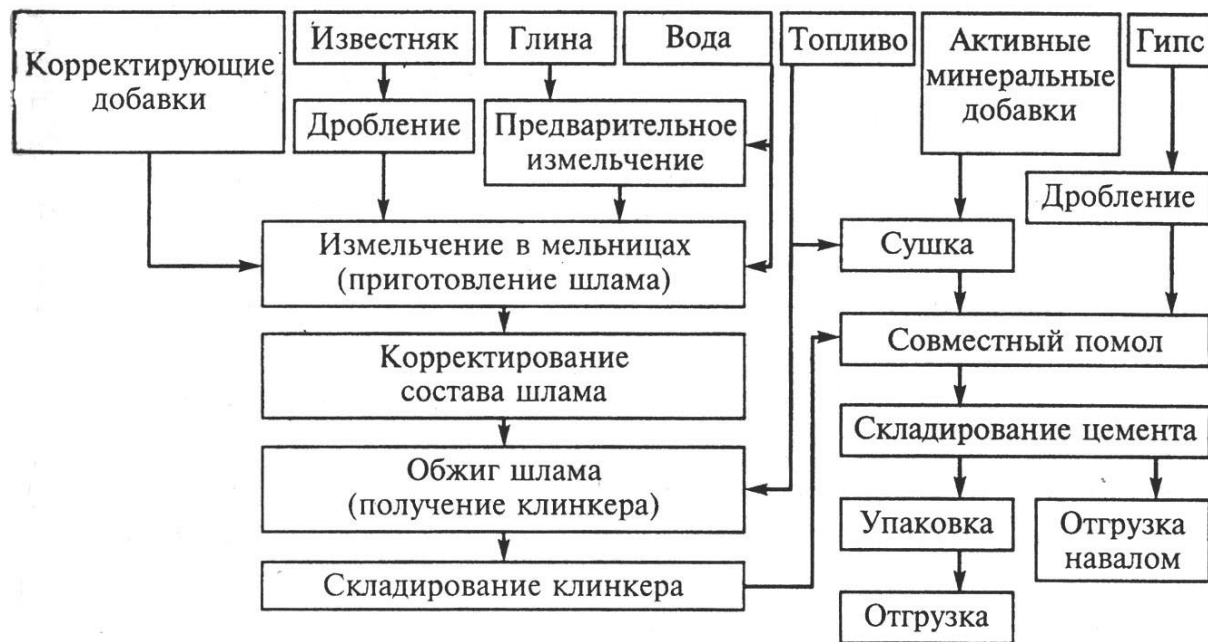


Рисунок 1.2 – Принципиальная технологическая схема производства цемента мокрым способом

При природной влажности сырья более 8-10 % оказывается целесообразным применение мокрого способа производства. Мокрый способ более выгодно применять также при использовании двух мягких компонентов (глины и мела), так как измельчение их легко достигается разбалтыванием в воде. При мокром способе производства уменьшается расход электроэнергии на измельчение сырьевых материалов, облегчается транспортирование и перемешивание сырьевой смеси, выше однородность шлама и качество цемента, однако расход топлива на обжиг и сушку составляет на 30-40 % больше чем при сухом способе.

Сухим способом рационально получать портландцементный клинкер при однородном по составу сырье в случае, если влажность его не превышает 8-10 %.

Полусухой способ дает хорошие результаты при изготовлении клинкера из достаточно пластичных сырьевых материалов, когда при грануляции смеси образуются прочные и термостойкие гранулы. При хорошей фильтруемости сырьевых шламов предпочтение следует отдавать комбинированному способу.

По общепринятой на сегодняшний день схеме обжиг сырьевой смеси проводят при температуре 1470°C в течение 2-4 часов во вращающихся печах – длинных наклонных железных барабанах (3,6x127 м, 4x150 м и 4,5x170 м),

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

БР-02069964-08.03.01-69-19

выложенных изнутри огнеупорным кирпичом и снабженных внутренними теплообменными устройствами для упрощения синтеза необходимых минералов цементного клинкера. Схема вращающейся печи представлена на рисунке 1.3.

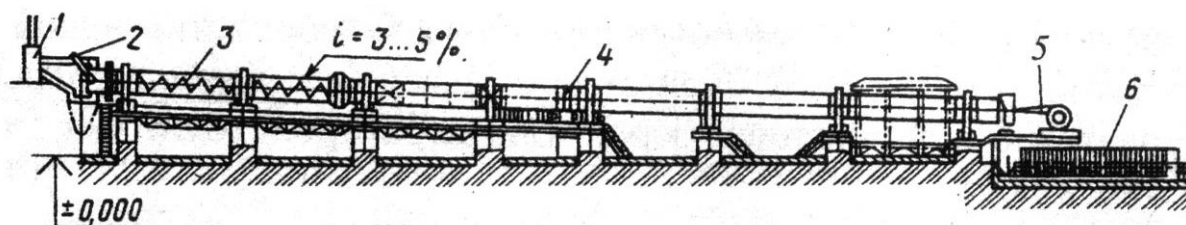


Рисунок 1.3 – Конструкция вращающейся печи

1 – дымосос; 2 – питатель для подачи шлама; 3 – барабан; 4 – привод; 5 – вентилятор с форсункой для вдувания топлива; 6 – колосниковый холодильник.

В процессе работы барабан вращается, и обжигаемый материал под собственным весом пересыпается от высокого конца к низкому, откуда выгружается готовый продукт.

Сложные физико-химические процессы, в результате которых клинкер приобретает нужный минералогический состав и микрокристаллическую структуру, протекают в определенных температурных границах – *технологических зонах печи*.

Во вращающейся печи при мокром способе производства цемента по ходу движения материала выделяют зоны: I – испарения, II – подогрева и дегидратации, III – декарбонизации, IV – экзотермических реакций, V – спекания, VI – охлаждения.

Подготовительные зоны I-II занимают 50-60 % длины печи, зона декарбонизации – 20-25 %, зона экзотермических реакций – 7-10%, зона спекания – 5-10% и зона охлаждения – 2-4 %.

На рисунке 1.4 показано распределение температур материала и газового потока по зонам вращающейся печи.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
						29
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

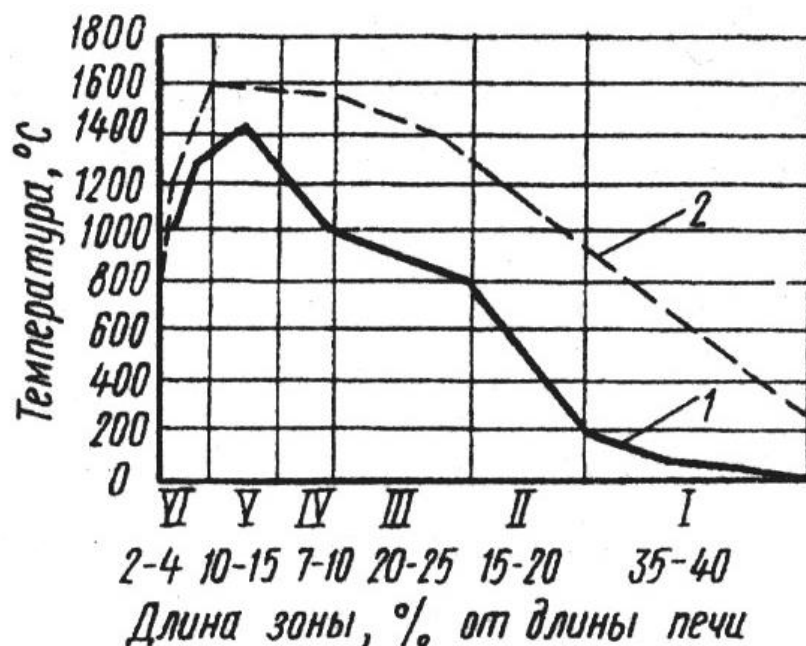


Рисунок 1.4 – Распределение температур материала и газового потока по зонам вращающейся печи (1 – материал; 2 – газовый поток)

В *зоне испарения* шлам долгое время сохраняет температуру около 100°С и лишь в конце нагревается до 200°С. Затраты теплоты на испарение влаги шлама составляют около 35% общего расхода энергии. При нагревании шлам вначале разжижается, а затем загустевает и комкуется. При производстве клинкера сухим способом эта зона в печах обжига отсутствует, что приводит к существенному уменьшению ее размеров.

В *зоне подогрева* при температуре 200-650°С выгорают органические примеси и начинаются процессы дегидратации и разложения глинистого компонента. Например, разложение каолинита происходит по следующей формуле:



Далее при температурах 600-1000°С происходит распад алюмосиликатов на оксиды и метапродукты. Обезвоживание и распад на оксиды водных алюмосиликатов кальция приводит к образованию ряда промежуточных соединений, заметно влияющих в дальнейшем на скорость связывания СаО.

В зоне декарбонизации при температуре 900-1200°C происходит диссоциация карбонатов кальция и магния с образованием свободных CaO и MgO. Одновременно продолжается распад глинистых минералов на оксиды. При повышении температуры колебательные движения атомов и ионов в кристаллических решетках твердых веществ достигают такой интенсивности, что становится возможным «отрыв» ионов (атомов) от положения равновесия в данном узле решетки и переход их в новые положения как внутри решетки, так и вне ее. В результате происходит обмен атомами и ионами между веществами с образованием новых соединений, т.е. протекают реакции в твердой фазе. Скорость реакций тем выше, чем выше температура и больше время выдержки, более тонко измельчена сырьевая смесь.

Одновременное присутствие в сырьевой смеси термически активированных оксидов кальция, кремния, алюминия и железа интенсифицирует протекание реакций в твердой фазе с образованием двухкальциевого силиката, алюминатов и алюмоферритов кальция. Обычно при температуре 900-1200°C разложение CaCO₃ происходит значительно быстрее, чем связывание CaO в минералы, поэтому в конце зоны декарбонизации содержание свободного оксида кальция в материале достигает максимума – 30-35 %.

В зоне экзотермических реакций при температуре 1200-1300°C завершается процесс твердофазного спекания материала. В результате образуются клинкерные минералы 3CaO·Al₂O₃, 4CaO·Al₂O₂·Fe₂O₃, 3CaO·SiO₂ (алит) и 2CaO·SiO₂ (белит). Часто используют их сокращенное обозначение: соответственно C₃A, C₄AF, C₃S, C₂S. Однако в смеси остается некоторое количество свободной извести, необходимое для насыщения двухкальциевого силиката до трехкальциевого.

В зоне спекания при температуре 1300-1450°C происходит частичное плавление материала, начинающееся в поверхностных слоях зерен, а затем постепенно распространяющееся к их центру. В расплав переходят клинкерные минералы кроме C₂S, который, взаимодействуя с оставшимся в расплаве CaO,

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		31

образует алит (C_3S). Время полного усвоения оксида кальция и образования алита в зоне спекания составляет 20-30 минут.

В зоне охлаждения температура клинкера медленно понижается до 1000-1100°C. Часть жидкой фазы при этом кристаллизуется с выделением кристаллов клинкерных минералов, а часть застывает в виде стекла. Следует отметить, что границы зон во вращающейся печи достаточно условны и нестабильны. Меняя режим работы печи, можно смещать границы и протяженность зон и тем самым регулировать процесс обжига. Профиль печей может быть, как строго цилиндрическим, так и сложным с расширенными зонами, для увеличения продолжительности пребывания в них обжигаемого материала.

Печь, установленная под углом 3-5°, вращается с частотой 0,5-1,5 мин⁻¹. Вращающиеся печи, в основном, работают по принципу противотока. Сырье поступает с верхнего (холодного) конца, а со стороны нижнего (горячего) конца вдувается топливно-воздушная смесь, сгорающая на протяжении 20-30 м длины печи. Горячие газы, перемещаясь со скоростью 2-13 м/с навстречу материалу, нагревают последний до требуемой температуры. Длительность пребывания материала в печи зависит от ее частоты вращения и угла наклона, составляя, например, в печи размером 5×185 м от 2 до 4 часов. Занятое материалом сечение во вращающихся печах составляет всего 7-15 % объема, что является следствием высокого сопротивления движущегося слоя и объясняется как малой теплопроводностью частиц обжигаемого материала, так и слабым смешением их в слое.

Факел пламени и горячие газы нагревают как поверхностный слой материала, так и футеровку печи. Футеровка, в свою очередь, также отдает получаемую теплоту обжигаемому материалу путем непосредственного контакта. При каждом повороте печи в процессе соприкосновения с газовым потоком температура футеровки печи повышается, а при контакте с обжигаемым материалом снижается.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		32

Производительность вращающейся печи зависит от объема ее внутренней части, угла наклона печи к горизонту и частоты вращения, температуры и скорости движения газов, качества сырья и ряда других факторов.

Важным преимуществом вращающихся печей является их технологическая универсальность, обусловленная возможностью использования сырьевых материалов различных видов. При производстве цементного клинкера по сухому способу в печь подают гранулированную сырьевую смесь с размером зерен 7-15 мм либо в виде тонкодисперсного порошка с размером частиц до 200 мкм, при производстве по мокрому способу – в виде шлама влажностью 35-45 %.

Габариты вращающихся печей определяются видом обжигаемого продукта, необходимой температурой и длительностью обжига. Длина вращающихся печей для обжига цементного клинкера при мокром способе производства составляет 150-185 м, диаметр – 4-5 м. При обжиге сухих сырьевых смесей используют печи с запечными теплообменниками. Размеры таких печей существенно меньше размеров печей, работающих по мокрому способу, т.к. процессы подготовки сырья вынесены в запечные теплообменные устройства с интенсивным конвективным теплообменом, обеспечивающим эффективное использование теплоты отходящих газов.

Длина печей, работающих по сухому способу, составляет, как правило, 60-80 м при диаметре 4-7 м. Выходящий из вращающейся печи материал имеет температуру около 1000°C. Возвращение в печь теплоты материала может существенно снизить расход топлива. Это достигается охлаждением материала воздухом, подаваемым затем в печь для горения топлива. Режим охлаждения влияет как на дальнейший технологический процесс, так и на свойства готового продукта. Быстрое охлаждение клинкера способствует фиксации жидкой фазы в стекловидном состоянии и мелкой кристаллизации клинкерных минералов.

В результате, как уже отмечалось, быстроохлажденные клинкера легче размалываются и в определенной мере повышают качество цемента. Поэтому

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		33

необходимо, чтобы процесс охлаждения клинкера был наиболее полным и протекал быстро, особенно в начальной стадии.

Белый портландцемент от серого цемента отличает высокая прочность на сжатие (до 59 МПа). Прочность достигается за счет резкого охлаждения клинкерной массы после обжига в бескислородной среде. Светлый оттенок строительных материалов достигается благодаря особому составу сырьевых компонентов и специальной производственной технологии.

Основной компонент в составе материала – маложелезистый клинкер, к которому в определённых пропорциях и последовательности добавляется каолин, измельчённый гипс, толченый известняк, хлорноватая соль.

Характерный белый цвет обеспечивается сочетанием каолина и мела. При правильном подборе сырьевых компонентов, в готовом материале содержится ничтожно малое количество марганца и красящих окислов.

При обжиге клинкера в печи применяются газовые или жидкотопливные горелки, при эксплуатации которых не образуется зола и сажа. Это важное условие, при соблюдении которого белый цемент м500 получает свой характерный цвет.

1.3 Свойства и области применения белого портландцемента

Белый цемент производят из маложелезистого клинкера (серый цвет обычного портландцемента обусловлен главным образом наличием соединений железа в исходных сырьевых материалах).

Белый цемент является материалом с уникальными характеристиками, которые позволяют использовать его в изготовлении скульптурных элементов, при добавлении цветного пигмента для тротуарной плитки, а также при отделочных работах, например, фасада здания. Эстетические требования, предъявляемые к фасадам зданий и современной цветной тротуарной плитке и др. строительным элементам, делают применение белого цемента особенно эффективным. Белый цемент является материалом с уникальными характеристиками, которые и позволяют использовать его в различных областях строительства [29, 39, 44, 45].

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		34

Белый цемент широко используется для изготовления:

- белых бетонов;
- наливных полов и цветных тротуарных плиток;
- белых штукатурных смесей;
- цементно-известковых растворов;
- различных клеевых составов (не оставляющих цвет);
- искусственного камня;
- изделий малых архитектурных форм, а также элементов декора;
- цветных и композиционных цементов.

Рассмотрим некоторые из областей применения подробно.

Белый цемент широко используется при производстве строительных сухих смесей: затирок, клеев для укладки облицовочных плиток, декоративных растворных смесей, шпатлевок, штукатурок, сухих красок, цемента для белого камня и декоративного камня и т.д. Заполнителями для таких смесей должны быть белые компоненты: дробленый и молотый мрамор (мраморная крошка), белый кварцевый песок и др. На основе белых цементов и соответствующих цветных пигментов, в качестве материала, альтернативного цветным цементам, выпускают строительные сухие смеси различных цветов, цветную тротуарную плитку, искусственный камень и др. Область применения декоративных цементов в строительной практике весьма разнообразна. Преимущественное значение декоративные цементы имеют в наружных архитектурно-отделочных работах; штукатурных покрытиях, облицовочных плитках; сооружениях подверженных действию воды или водяных паров – бассейнах, ванных комнатах; в деталях зданий, требующих, наряду с декоративными свойствами, высокой механической прочности – ступенях, плитах; в скульптурных работах; в искусственном камне, имитирующем естественные камни, мрамор и т. д. Штукатурка и другие виды облицовочных покрытий, получаемые на белом и цветных цементах, обладая значительным запасом прочности, позволяют применять шлифовку и паковку

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		35

изделий, прибегать к механической и другим видам их очистки, не требуя частого ремонта и покрасок. Декоративные цементы применяются, как правило, для поверхностного слоя, который наносится по штукатурному грунту из нормального серого портландцемента. Толщина такого слоя обычно колеблется в пределах 5 - 25 мм. Исключение могут составлять скульптурные изделия, железобетонные оконные переплеты, балясины, то есть изделия, имеющие небольшие размеры и сечения, а также монолитные железобетонные сооружения, подвергающиеся динамической нагрузке, где обычные штукатурные покрытия могут оказаться нестойкими. В изделиях, работающих с динамической нагрузкой могут применяться также монолитные двуслойные штукатурки, путем одновременного укладывания бетона и отделочного слоя из декоративного цемента, при помощи специальной подвижной опалубки. В виду широкого диапазона применения декоративных цементов в отделочных работах, от покрасок до строительных деталей, в каждом конкретном случае нужно учитывать ряд технических, эстетических, декоративных и экономических моментов, в зависимости от которых должен производиться выбор белого и цветного цемента, заполнителя и водоцементного фактора. Подобранный состав раствора, из декоративного цемента, необходимо предварительно проверять в опытных изделиях или планшетах, до начала строительных отделочных работ. Выбор цемента по цвету и механической прочности следует производить в соответствии с принятым архитектурным проектом и регламентом на него. Если отделка здания запроектирована белая или окрашенная в светлые тона, следует применять белый цемент или требуемого оттенка цветной цемент на основе белого цемента [44].

Белый цемент обладает следующими преимуществами.

1. Устойчивость к атмосферным явлениям. Высокие технические свойства материала позволяют предотвратить изменения цвета бетона. Соответственно, белый цемент можно использовать и на открытом воздухе, и в закрытых помещениях. При этом белизна готового объекта способна сохраняться на протяжении длительного периода времени.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		36

2. Возможность реализации инновационных творческих замыслов. Архитекторы, скульпторы, производители бетонных изделий и цементной продукции, благодаря особенностям белого цемента, получили превосходную основу для воплощения в жизнь своих нестандартных проектов. Данный материал позволяет работать с цветностью, наполнителями, формами, импровизировать с разными технологиями бетонирования, менять при необходимости способ обработки и отделки затвердевшей поверхности.

3. Ускоренное затверждение и максимальная прочность. Уже через 16 часов раствор затвердевает на 60 %, что значительно сокращает и удешевляет строительный процесс.

4. Высокая дисперсность. Предотвращает разрушение материала под влиянием влаги или же агрессивных растворов.

5. Экологичность. Данный вид цемента производится исключительно из натуральных минералогических компонентов.

6. Стойкость к образованию сколов/трещин. Такое достоинство материала минимизирует траты на реставрационные или ремонтные работы.

7. Эстетичность. Яркий белый цвет цемента обладает выраженным декоративным эффектом, а универсальность позволяет комбинировать его с различными отделочными материалами.

8. Многофункциональность. Используется при отливке кирпича и напольных плит. Может применяться в качестве декоративного или строительного материала. Является одним из компонентов затирки, цветного бетона, шпатлевки, сухих клеевых смесей и т.п.

Недостатки цемента:

- при длительном контакте с цементом и несоблюдении правил техники безопасности при работе с ним, у человека могут развиваться легочные заболевания;
- его способность впитывать влагу приводит при длительном хранении к частичной потере прочностных свойств.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		37

1.4 Разновидности и область применения искусственных облицовочных плиток

Говоря об искусственном камне нельзя не заметить, что к нему относится и кирпич, также широко использовавшийся в 19 веке. Начало двадцатого столетия ознаменовалось так называемым «кирпичным бумом». К этому времени кирпич изготавливался уже промышленным путем. Несравненные архитектурные возможности, которые дает этот материал послужили основой для создания исторических сооружений таких известных архитекторов, как Фриц Шумахер, Фриц Хёгер и Мис ван дер Роэ. Кирпич становится основным материалом для строительства, и его популярность до сих пор неизменно высока.

В середине 19 века получает широкое развитие железобетон. Технологии его изготовления применялись еще до нашей эры, он присутствует в ряде сооружений Древнего Рима, Индии и других стран. Но после получения и организации промышленного выпуска портландцемента – основного вяжущего вещества для железобетонных и бетонных конструкций – во второй половине 19 века начинается использование железобетона для массового строительства. Появление способа уплотнения бетонной смеси с помощью вибрирования в 30-х годах прошлого века помогло сделать этот материал еще более долговечным. В 20 веке появляются технологии сборного железобетона. А монолитный железобетон становится незаменимым материалом для строительства сложных объектов, например, туннеля под Ла-Маншем.

Во время первых крупных гидротехнических строительства в СССР (Волховстрой и Днепрострой) широкое развитие получает технология бетона. Возник вопрос: как обеспечить круглогодичное возведение бетонных и железобетонных конструкций? Тогда в 30-е годы 20 века учеными московской школы бетона была разработан метод зимнего бетонирования.

После Второй Мировой войны продолжают создаваться новые виды бетонов и других вяжущих веществ. Совершенствуется технология и состав бетона: чтобы

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		38

улучшить свойства этого материала, начинают широко применять химические добавки.

В массовом строительстве, широко развернувшемся в советскую эпоху, применялись в основном материалы, искусственно созданные человеком: кирпич, бетон, лепнина и другие. Подтверждением чему служит множество сохранившихся московских зданий того времени. Повсеместное возведение «хрущовок» невозможно было бы представить без существования типовых железобетонных панелей. В этих пятиэтажных строениях из материала, созданного руками человека, до сих пор живут десятки тысяч людей.

Со второй половины двадцатого столетия, а точнее с 1969 г., начинается эпоха искусственного камня. Именно в этом году в США была основана компания «Eldorado Stone», положившая начало всемирно известному развитию искусственного камня. Отсюда берет корни все современное производство этого материала. Впервые началось производство искусственного камня в таком масштабе. Продукция этой американской компании пользовалась (и продолжает пользоваться) неизменным успехом у дизайнеров всего мира. Вот уже более 35 лет «Eldorado Stone» поставляет все новые виды искусственного камня на мировой рынок.

20-30 лет назад на Западе началась мода на средневековые замки из грубых неотесанных камней, видимо, людям захотелось быть ближе к природе, почувствовать ее мощь и силу. И тут искусственный камень стал просто незаменимым материалом. Его удивительные свойства и неограниченные возможности стали настоящей находкой для дизайнеров. Все самые смелые идеи теперь могли быть воплощены в жизнь без малейших ограничений – искусственный камень давал возможность подбирать самые непредсказуемые цвета и формы. Каждый находил что-то оригинальное и создавал интерьер своей мечты, воплощая индивидуальное, личностное начало.

В России искусственный камень в современном виде получил свое развитие лишь в 90-е годы двадцатого века. Но в 1998 году, вследствие кризиса, рост

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		39

популярности камня, созданного руками человека, был приостановлен, поскольку его экспорт в основном осуществлялся из стран Америки и Западной Европы. К счастью, совсем забыть о нем уже не могли, потому как свойства и приемлемая цена искусственного камня не имеют аналогов. Вследствие этого вскоре производство данного материала было освоено не только Китаем и рядом стран Западной Европы, но и Россией.

В течение последнего десятилетия популярность искусственного камня неизменно растет как среди отечественных потребителей, так и за рубежом. Это универсальный материал, способный соответствовать любому веянию моды благодаря своим неповторимым свойствам. Уже практически невозможно представить какой бы то ни было интерьер без искусственного камня – в форме грубых валунов или аккуратных маленьких камешков декоративного гранита он все равно будет присутствовать в помещении. При чем не важно, что Вы отделяете – офис или бар, загородный дом или городскую квартиру – использование искусственного камня всегда поможет создать желанную атмосферу. У каждого из нас есть свои мечты – кто-то мечтает жить в средневековом замке, а кто-то – в окружении причудливых стен из яркого камня. Найти что-то свое смогут и любители старины, и сторонники экзотики. Все это стало возможно благодаря искусственному камню.

Если сравнивать два вида камней, то оказывается, что природный камень – очень дорогой и довольно капризный материал. Тонкими пластинами его напилить трудно – слишком хрупок, образцы большой толщины тяжелы и значительно нагружают перекрытия и стены при облицовке. Другое дело – искусственный камень. По своей стойкости и механическим свойствам он не уступает своему природному аналогу и может превосходить его, даже изготовленный кустарным способом. Кроме того, искусственный камень обладает важными преимуществами:

- может производиться в виде тонких плиток, что в разы уменьшает вес облицовки без потери ее прочности;

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		40

- имеет богатство и уникальность цветов и фактур поверхности, может изготавливаться по стандартным размерам и формам или быть фасонным прямо по месту укладки;
- материал можно производить непосредственно на объекте, что исключает отходы при транспортировке;
- может изготавливаться сразу с блестящей и гладкой фактурой, что исключает затраты на полировку и шлифовку;
- может иметь неправильные формы, точно имитируя любой камень, но предварительно заданной конфигурации и размера.

Внешне искусственный и природный камень практически не отличаются. Но в то же время первый лишен всех недостатков второго и может имитировать даже его фактуру. Поверхность декоративного камня может иметь неровные края в виде сколов, напоминать срез пиленого минерала или быть произвольно-декоративной, дающей простор воображению дизайнеров.

Искусственный камень для стен может изготавливаться из самых разнообразных материалов и различными способами. Эти признаки делят его на следующие виды.

1. Керамический камень. Производится из глины путем обжига заготовок в заданном температурном режиме. Его изготовление требует значительных площадей, большого расхода энергии и наличия обученного персонала.

2. Гипсовый литой камень. Его можно изготавливать в домашних условиях, затраты минимальны, но материал пригоден только для внутренних работ, так как не выдерживает низких температур.

3. Бетонный формовой камень. Его себестоимость немного выше гипсового, так как формы для бетона изнашиваются быстрее. Камень тоже можно производить дома или в каком-либо подсобном помещении. Обладает хорошей морозостойкостью, производится при температуре +12 градусов и выше.

4. Полиэфирный камень. По механическим и декоративным качествам он может даже превосходить природные аналоги, но полимеризация вяжущего

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		41

вещества заготовки проходит в условиях вакуума при высокой температуре. Поэтому для домашнего производства такой камень не пригоден.

5. Акриловый литой камень. Это материал холодного отверждения. Он годится для домашнего производства в таких же условиях, как и гипсовый. Его главным достоинством является химическая стойкость и отсутствие пор. В бытовых условиях это обеспечивает гигиену и отменную санитарию. Сочетание в акриловом камне прочности и вязкости позволяет изготавливать из него каменные обои. Для работы на месте камень можно изготавливать в виде листов толщиной 3-4 мм. Естественно, они требуют бережного к себе отношения, но имея подходящую форму для литья, их можно производить на всю высоту стены. Каменные акриловые плиты заводского изготовления гораздо толще – 6, 9 и 12 мм, но это является необходимостью для их транспортировки.

Стоимость этих материалов невысока, но изготовить искусственный камень своими руками еще выгоднее. Итоговая цена в этом случае будет значительно ниже рыночной, а это позволит производить отделку больших площадей стен при минимальных затратах. В домашних условиях изготавливать такой материал несложно. Успех в этом деле зависит от наличия хорошей формы для литья изделий. На качестве экономить не стоит, поэтому покупать дешевую пластиковую форму, которая сломается после небольшого количества заливок не рационально. Наиболее долговечными и надежными считаются формы, изготовленные из силикона или полиуретана.

В целом, весь производственный процесс состоит из нескольких этапов. Это изготовление модели камня, литейной формы, заливка и формование смеси, введение пигментов и полимеризация материала до получения готового изделия. Рассмотрим подробнее каждый из шагов.

Чтобы изготовить искусственный литой камень самостоятельно с заводским качеством, потребуются следующие специальные материалы и оборудование.

1. Вибростенд. Это сердце производства декоративного камня, от его правильной работы зависит качество готовых изделий. Конструктивная

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		42

особенность вибростенда обеспечивает однородность смеси при ее полимеризации. Его можно изготовить самостоятельно. В основе работы стенда лежит принцип колебания его платформы в горизонтальной плоскости.

2. Модели литейных форм. Они необходимы при отсутствии готовых формовочных изделий.

3. Разделительный состав. Это вещество наносят как на модель при производстве формы, так и на внутреннюю поверхность формы перед отливкой искусственного камня. Эта процедура выполняется для того, чтобы избежать прилипания материалов друг к другу.

4. Литейные формы. Предназначены для хранения материала в процессе его полимеризации.

5. Литейные смеси. Могут быть самыми разнообразными, начиная от гипса и заканчивая сложными полимерными композициями.

6. Пигменты. Они придают камню окраску для имитации природных минералов.

7. Песчаная подушка-поддон. Он предохраняет силиконовые литейные формы от деформаций, которые могут возникнуть в процессе производства камня.

8. Термопистолет. Это миниатюрный фен, выдающий при работе сильную и тонкую струю разогретого воздуха. Инструмент предназначен для сварки готовых элементов из акрила.

Искусственный камень имеет свой состав рабочей смеси, необходимой для изготовления материала.

1. Бетонный камень. Содержит в основе цементно-песчаную смесь, но соотношение ее компонентов отличается от пропорций строительного раствора обратным направлением: на одну часть песка приходится три части цемента. Добавка пигмента составляет 2-6 % от веса бетона, иногда вводятся полимерные присадки.

2. Гипсовый камень. В связи с тем, что живучесть гипсовой смеси составляет около 10 минут, ее готовят небольшими порциями, которых хватает для

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		43

производства одного или нескольких изделий. В состав раствора входят: гипс, вода 0,8-0,9 от объема гипса для начального слоя и 0,6 для всей остальной массы. Кроме этого, смесь включает в себя 0,3 % от веса гипса лимонной кислоты и 2-6 % пигмента.

3. Акриловый камень. Его основой служит акриловая смола и отвердитель. Для готовой смеси часть минерального наполнителя с пигментом составляет пропорцию 3:1. Наполнителем в составе служит гравий, каменная крошка или отсеб. Уменьшение его доли увеличивает упругость изделия, но уменьшает его механическую прочность. Для приготовления смеси наполнитель обрабатывают моющим средством, промывают, прокаливают, а затем опять ополаскивают в чистой воде. Потом в наполнитель вводят пигмент, затем акриловую смолу перемешивают с отвердителем, вводят пигмент с наполнителем и вновь перемешивают. Жизнеспособность готовой смеси составляет 15-20 минут, срок схватывания – 40 минут, а время готовности изделия – сутки.

Для производства искусственного камня для стен применяют жидкие, порошкообразные, синтетические и минеральные пигменты. Порошкообразные пигменты добавляют в сухой гипс или наполнитель, жидкие красители вводят при замесе. Пигмент может иметь консистенцию пасты. С ее помощью добиваются полосатой или пятнистой окраски камня: в конце замешивания пастообразный пигмент вводят в смесь при помощи шприца.

Технология литья искусственного камня предусматривает базовый и стартовый этап работы. Соответственно, для обеспечения качества и экономии изготавливают лицевую стартовую и базовую смеси. При заполнении мелких форм, не имеющих рельефной поверхности, сразу используют лицевые смеси. Они жидкие, хорошо обволакивают формы, имеют в составе пигмент и наполнитель. На форму такие смеси наносят кистью. Песок с цементом и гипс для стартовой смеси разводят до жидкой консистенции, в акриловой смеси долю пигмента с наполнителем уменьшают до 60 %, соответственно увеличивая часть смолы с отвердителем. После полимеризации стартового состава форму доливают базовой

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		44

смесью. В качестве наполнителя для акрила используют микрокальцит. Он дает фон, на котором отлично проявляются декоративные свойства лицевой смеси. Базовый раствор гипса замешивают до консистенции сметаны. При заливке бетонного камня базовый слой изготавливают в два приема: вначале форму заливают наполовину, затем укладывают армирующую пластиковую сетку, а потом смесь доливают до краев. После выполнения этой процедуры с помощью шпателя разглаживают базовую заливку вровень с краями формы. В начале полимеризации по отливке прочерчивают борозды для увеличения сцепления изделия с вяжущим материалом при будущей облицовке. Во время отливки вибростенд должен быть выключен. Гипсовый камень после извлечения из формы обрабатывают горячим растительным маслом для повышения стойкости к внешним воздействиям.

Перед тем как сделать искусственный камень, необходимо определиться с видом отделки стен и требованиями, предъявляемыми к материалу. Если нужно изготовить камень для отделки внутренних стен, отдайте предпочтение гипсу и акрилу. Для наружных работ потребуется влагостойкий материал. Поэтому в данном случае рациональным решением будет использование бетонного камня. Что касается стоимости, то самым дорогим является акриловый материал, затем по убыванию за ним идет бетонный камень, а потом гипсовый.

Говоря о толщине пластин из искусственного камня, нужно отметить, что она обусловлена лишь различным назначением этого отделочного материала. Самые тонкие плиты выпускаются толщиной всего 3 мм. Это минимальная толщина искусственного камня, при которой он не трескается и не раскалывается, однако при всем этом прочность таких пластин достаточно низкая, то есть они не смогут выдержать большой механической нагрузки, резкого нагрева и охлаждения. Такие плиты рекомендуют использовать на вертикальных поверхностях в декоративных целях, например, для выделения определенных зон в интерьере. Это совсем недорогой, но весьма эффектный прием дизайна помещения. Более широкое применение получили плиты из искусственного камня толщиной 6-9 мм. Они

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		45

также предназначены для использования на стенах и бордюрах, однако гораздо прочнее. Такие плиты вполне годятся для того, чтобы выложить ими кухонный фартук или стены в ванной комнате. Более того, они прекрасно переносят резкие перепады температуры, поэтому могут быть использованы вблизи открытого огня или рядом с плитой. Чемпионами по прочности и надежности являются плиты из искусственного камня толщиной от 12 мм. Им не страшны ни капризы погоды, ни повышенные механические нагрузки, ни воздействие химическими средствами и растворителями. Такой отделочный материал может быть использован не только на вертикальных поверхностях для оформления стен, но также и на полу. Кроме того, очень часто применяют искусственный камень для изготовления кухонных столешниц, барных стоек или обеденных столов. Столешницы из искусственного материала также крепки и надежны, как и столешницы из натурального камня, тогда как стоимость первых значительно ниже. Они прекрасно переносят любые моющие средства и бытовую химию, не трескаются и не скалываются.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		46

2 Цель и задачи исследований. Применяемые материалы и методы

2.1 Цель и задачи исследований

Целью работы является исследование свойств облицовочных плиток на основе портландцемента и оценка экономической эффективности их использования.

Задачи исследования:

- изучение структурообразования композиционных строительных материалов;
- изучение физико-механических свойств строительных смесей на основе портландцемента, технологии получения цементов;
- определение свойств и области применения белого цемента;
- выявление разновидностей и области применения искусственных облицовочных плиток;
- разработка составов облицовочных плиток на основе портландцемента;
- определение физико-механических свойств облицовочных плиток на основе портландцемента;
- определение водостойкости, химической стойкости и биостойкости разработанных составов;
- экономическое обоснование проектного решения по внедрению в производство искусственных облицовочных плиток на основе портландцемента.

2.2 Применяемые материалы

1. *Белый цемент*, удовлетворяющий ГОСТ 965-89.

Марка: М-600.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		47

Применяется для ремонтно-строительных и отделочных работ. Срок годности 24 месяца. Хранить в крытых и сухих помещениях с относительной влажностью воздуха не более 60 %.

Изготовитель: ООО «Холсим (Рус)», 412902, Саратовская обл., г. Вельск, ул. Цементников, 1

2. Песок кварцевый строительный, удовлетворяющий ГОСТ 2138-91.

Сухой просеянный песок предназначен для самостоятельного приготовления строительных растворов при ремонтных работах для заделки трещин, сколов, раковин в бетоне, дефектов кирпичной кладки, оштукатуривания, укладки керамической плитки и других целей.

Изготовитель: ООО «Нерудные строительные материалы», г. Чебоксары

Пигмент коричневый.

Пигмент черный.

Железоокисные пигменты для искусственного камня и бетона «TER HELL & CO» производство Германия. Обладают высокой красящей способностью и светостойкостью. Добавляется в количестве 1-5% от массы цемента или гипса.

Гидроксид натрия, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 2263-79.

Кислота лимонная, удовлетворяющая ГОСТ 908-2004.

2.3. Методы исследований

Физико-механические методы исследований

Средняя плотность. Средняя плотность исследуемых составов определялась на кубках с размерами ребра 2 см и вычислялась по формуле

$$\gamma_0 = \frac{m}{V}; \quad (2.1)$$

где m – масса материала, кг;

V – объем материала в естественном состоянии, м³.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		48

Прочность. Прочность исследуемых составов определялась на кубах с размером ребра 2 см определялась по формуле:

$$R_{сж} = P_{сж} / S, \quad (2.2)$$

где $P_{сж}$ – разрушающая нагрузка, кг;

S – площадь образца, на которую действует разрушающая нагрузка, $см^2$.

Расчет предела прочности при изгибе производили по результатам испытания не менее 5 параллельных образцов и вычисляли по формуле:

$$\sigma_p = \frac{3P \cdot l}{2b \cdot h^2}, \quad (2.3)$$

где P – изгибающая нагрузка, кг;

b – ширина образца, см;

h – высота образца, см;

l – база, см.

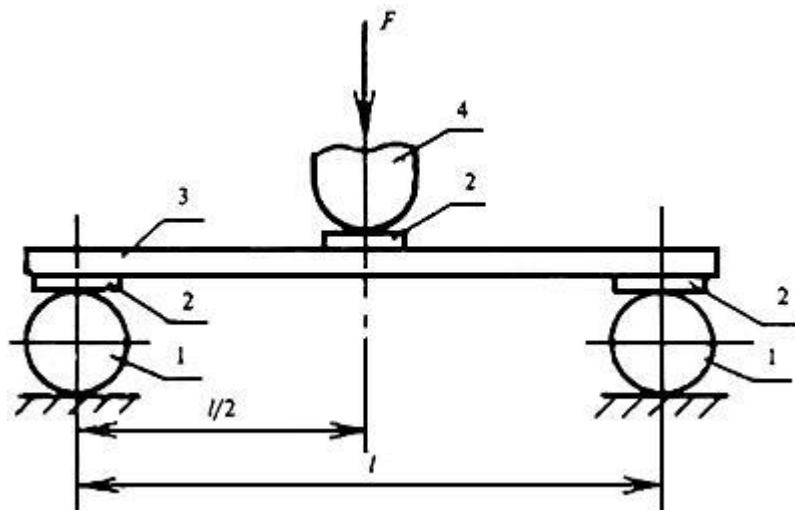


Рисунок 2.1 – Схема испытания плиток на прочность при изгибе
1 – опора; 2 – резиновая прокладка; 3 – образец; 4 – деталь, передающая нагрузку

Опоры и деталь, передающая нагрузку, в месте соприкосновения с образцом должны иметь цилиндрическую форму радиусом от 5 до 10 мм. Длина опор и детали, передающей нагрузку, должна быть не менее ширины образца. Обе опоры должны иметь возможность качаться около своей горизонтальной оси. Прокладки резиновые толщиной $(2,5 \pm 0,5)$ мм, шириной (20 ± 5) мм и длиной не менее ширины испытываемого образца.

Приготовление составов осуществлялось вручную. Взвешивание компонентов осуществлялось на электронных весах с точностью до 0,1 г. Образцы изготавливались в металлических формах, которые перед укладкой смесей смазывались машинным маслом. Твердение осуществлялось при нормальных условиях.

Водопоглощение. Испытания проводилось в помещении с температурой воздуха (20 ± 5) °С. Высушивание образцов и проб до постоянной массы считалось окончанным, если разность между двумя последовательными взвешиваниями в процессе высушивания не превышало установленной погрешности взвешивания. Высушивание проводили в электрошкафу. Водопоглощение определяют не менее чем на трех образцах.

Образцы укладывают в один ряд по высоте с зазорами между ними не менее 2 см на решетку в сосуд с водой температурой (20 ± 5) °С так, чтобы уровень воды был выше верха образцов на 2-10 см. Образцы выдерживают в воде 48 ч. Насыщенные водой образцы вынимают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают. Массу воды, вытекшей из образца на чашку весов, включают в массу образца, насыщенного водой. Взвешивание каждого образца должно быть закончено не позднее 2 мин после его удаления из воды. После взвешивания образцы силикатных изделий высушивают до постоянной массы

Водопоглощение (W) образцов по массе в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (2.3)$$

где m – масса образца до испытания, г;

m_1 – масса образца после испытания, г.

За значение водопоглощения изделий принимают среднее арифметическое результатов определения водопоглощения всех образцов, рассчитанное с точностью до 1%.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		50

Истираемость. Одновременно на круге истирания ЛКИ-3 испытывают два образца. После установки образцов и нанесения на истирающий диск абразива включают привод круга и производят истирание. Через каждые 30 м пути истирания, пройденного образцами (28 оборотов на истирающем круге типа ЛКИ-3), истирающий диск останавливают. С него удаляют остатки абразивного материала и истертого в порошок бетона и насыпают на него новую порцию абразива (20 г) и снова включают привод истирающего круга. Указанную операцию повторяют пять раз, что составляет один цикл испытаний (150 м пути испытания). После каждого цикла испытаний образцы вынимают из гнезда, поворачивают на 90° в горизонтальной плоскости (вокруг вертикальной оси) и проводят следующие циклы испытаний. Всего проводят 4 цикла испытаний для каждого образца (общий путь истирания равен 600 м). После четырех циклов испытания образцы вынимают из гнезд. Воздушно-сухие образцы обтирают сухой тканью и взвешивают.

Истираемость бетона на круге истирания в г/см², характеризуемую потерей массы образца, определяют с погрешностью до 0,1 г/см² для отдельного образца по формуле

$$I = (m_1 - m_2) / F, \quad (2.4)$$

где m_1 – масса образца до испытания, г;

m_2 – масса образца после 4 циклов испытания, г;

F – площадь истираемой грани образца, см².

Физико-химические методы исследований

Изменение массосодержания при выдерживании образцов в средах.

Изменение массосодержания образцов определялось разницей в массе образцов соответственно до и после испытаний на химическую стойкость, а также на водопоглощение. Взвешивание образцов проводилось на электронных весах с точностью 0,01 г.

										Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата	БР-02069964-08.03.01-69-19					51

Химическая стойкость. Составы выдерживались в воде, в 2 % водном растворе едкого натра и лимонной кислоты. В качестве критериев оценки рассматривались изменение коэффициента стойкости, определяемый как относительное изменение предела прочности при сжатии после выдерживания в агрессивной среде.

Биологические методы исследований

Грибостойкость и фунгицидность. Испытания материалов на грибостойкость и фунгицидные свойства проводились в соответствии с ГОСТ 9.049–91. В качестве тест-организмов использовались следующие виды микромицетов: *Aspergillus oryzae* (Ahlburg) Cohn; *Aspergillus niger* vgn Tieghem; *Aspergillus terreus* Thom; *Chaetomium globosum* Kunze; *Paecilomyces varioti* Bainier; *Penicillium cyclopium* Westling; *Penicillium funiculosum* Thom; *Penicillium chrysogenum* Thom; *Trichoderma viride*. Испытания проводились двумя методами: 1 (без дополнительных источников питания) и 3 (на твердой питательной среде Чапека–Докса). Их сущность заключалась в выдерживании материалов, зараженных спорами плесневых грибов, в оптимальных для их развития условиях с последующей оценкой грибостойкости и фунгицидности образцов. Методом 1 устанавливалось, является ли материал питательной средой для микромицетов. Методом 3 определялись наличие у материала фунгицидных свойств и влияние внешних загрязнений на его грибостойкость. Твердая питательная среда состояла из следующих компонентов: NaNO_3 – 2,0 г; KCl – 0,5 г; MgSO_4 – 0,5 г; KH_2PO_4 – 0,3 г; FeSO_4 – 0,01 г; сахароза – 30 г; агар – 20 г; вода дистиллированная 1 л. Образцы размером 1×1×3 см выдерживались в стерильных чашках Петри в течение трех месяцев. В каждую чашку помещалось по одному образцу, причем все варианты исследовались на пяти образцах. Их поверхность заражалась водной суспензией тест-грибов путем равномерного ее нанесения с помощью пульверизатора, после чего образцы помещали в чашки Петри и загружали в специальные камеры,

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		52

работающие в режиме температуры 29 ± 2 °С при влажности свыше 90 %. В качестве характеристики для оценки микробиологической стойкости материалов рассматривалась обрастаемость их грибами, которую определяли после 14 суток с момента установления режима. Оценку грибостойкости проводили по пятибалльной шкале: ноль – при осмотре под микроскопом рост плесневых грибов не виден; один – при осмотре под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий в виде неветвящихся гиф; два – при осмотре под микроскопом виден мицелий в виде ветвящихся гиф, возможно спороношение; три – при осмотре невооруженным глазом рост грибов едва заметен, но отчетливо виден под микроскопом; четыре – при осмотре невооруженным глазом рост грибов отчетливо виден и покрывает до 25 % поверхности испытуемого образца; пять – при осмотре невооруженным глазом отчетливо виден рост грибов, покрывающий более 25 % поверхности.

Материал считается грибостойким, если он получает оценку от нуля до двух по методу 1. Он обладает фунгицидными свойствами, если на поверхности и на краях образцов наблюдается рост грибов, оцениваемый 0 и 1 баллом.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		53

3 Исследование составов искусственных облицовочных плиток на основе цемента по показателям прочности и биологической стойкости

3.1 Определение физико-механических свойств исследуемых составов

Строительные материалы, применяемые при возведении зданий и сооружений, характеризуются разнообразными свойствами, которые определяют качество материалов и области их применения. По ряду признаков основные свойства строительных материалов могут быть разделены на физические, механические, химические. Физические свойства материала характеризуют его строение или отношение к физическим процессам окружающей среды. К физическим свойствам относят массу, истинную и среднюю плотность, пористость, водопоглощение, водоотдачу, влажность, гигроскопичность, водопроницаемость, морозостойкость, воздухо-, паро-, газопроницаемость, теплопроводность и теплоемкость, огнестойкость и огнеупорность. Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться разрушающему или деформирующему воздействию внешних сил. К механическим свойствам относят прочность, упругость, пластичность, хрупкость, сопротивление удару, твердость, истираемость, износ.

Физико-механические характеристики строительных материалов во многом определяют их наиболее оптимальные области применения. Прочность материалов является одной из основных характеристик для большинства строительных материалов, так как они в сооружениях всегда подвергаются тем или иным воздействиям, вызывающим напряженное состояние.

Частицы, из которых состоит твердый материал, удерживаются в равновесии силами взаимного сцепления. Если приложить внешнюю силу, материал окажется в напряженном состоянии. При увеличении действующей силы напряжения в материале возрастают и могут превысить силу сцепления частиц – материал разрушится. На практике разрушение материала начинается значительно раньше

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		54

того момента, когда напряжения в нем достигнут теоретического предельного значения. Это объясняется тем, что в реальных материалах много дефектов самого различного уровня (начиная от молекулярного и кончая макродефектами, например трещинами).

В этой связи исследованию прочностных показателей используемых в строительной практике материалов уделяется достаточно большое внимание.

Далее в табл. 3.1 представим исследуемые составы.

Таблица 3.1 – Вещественный состав исследуемых композитов

№ состава	Компоненты			
	Портландцемент белый	Песок кварцевый	Пигмент (3 % по массе)	Вода
1	+	+	–	+
2	+	+	коричневый	+
3	+	+	черный	+

Соотношение между цементом белым и кварцевым песком было принято в соотношении 1:2. Водоцементное отношение составило 0,6. Такое сочетание между компонентами было назначено исходя из удобоукладываемости готовой смеси в формы для получения готового изделия.

Пигмент вводили из расчета 3 % от массы цемента. Следует отметить, что покраска в массе выгодна тем, что во время эксплуатации плитки, даже если отколется от нее кусок, этого не будет заметно так как камень будет покрашен на всю глубину.

Внутреннюю поверхность полиуретановых форм смазывали специальной разделительной смазкой MakeStone.

Перемешивание компонентов было следующим:

- наливаем нужное количество воды в емкость;
- добавляем пигмент (если требует рецептура);
- перемешиваем цемент белый и песок кварцевый;

– засыпаем цемент белый и песок кварцевый в воду затворения и тщательно перемешиваем.

3.1.1 Определение предела прочности на изгиб и средней плотности

Прочность – свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих от внешних нагрузок. Под воздействием различных нагрузок материалы в зданиях и сооружениях испытывают различные внутренние напряжения (сжатие, растяжение, изгиб, срез и др.). Прочность является основным свойством большинства строительных материалов, от ее значения зависит величина нагрузки, которую может воспринимать данный элемент при заданном сечении.

Строительные материалы в зависимости от происхождения и структуры по-разному противостоят различным напряжениям. Так, материалы минерального происхождения (природные камни, кирпич, бетон и др.) хорошо сопротивляются сжатию, значительно хуже срезу и еще хуже растяжению, поэтому их используют главным образом в конструкциях, работающих на сжатие. Другие строительные материалы (металл, древесина) хорошо работают на сжатие, изгиб и растяжение, поэтому их с успехом применяют в различных конструкциях (балки, фермы и т.п.), работающих на изгиб.

Результаты исследований по определению средней плотности и предела прочности на изгиб представлены в табл. 3.2 и на рис. 3.1–3.2.

Таблица 3.2 – Определение физико-механических характеристик исследуемых составов

№ состава	Средняя плотность, г/см ³ (28 сут)	Предел прочности при изгибе, МПа	
		14 сут	28 сут
1	2,1	8,8	12,5
2	2,2	9,1	12,6
3	1,9	7,95	11,3

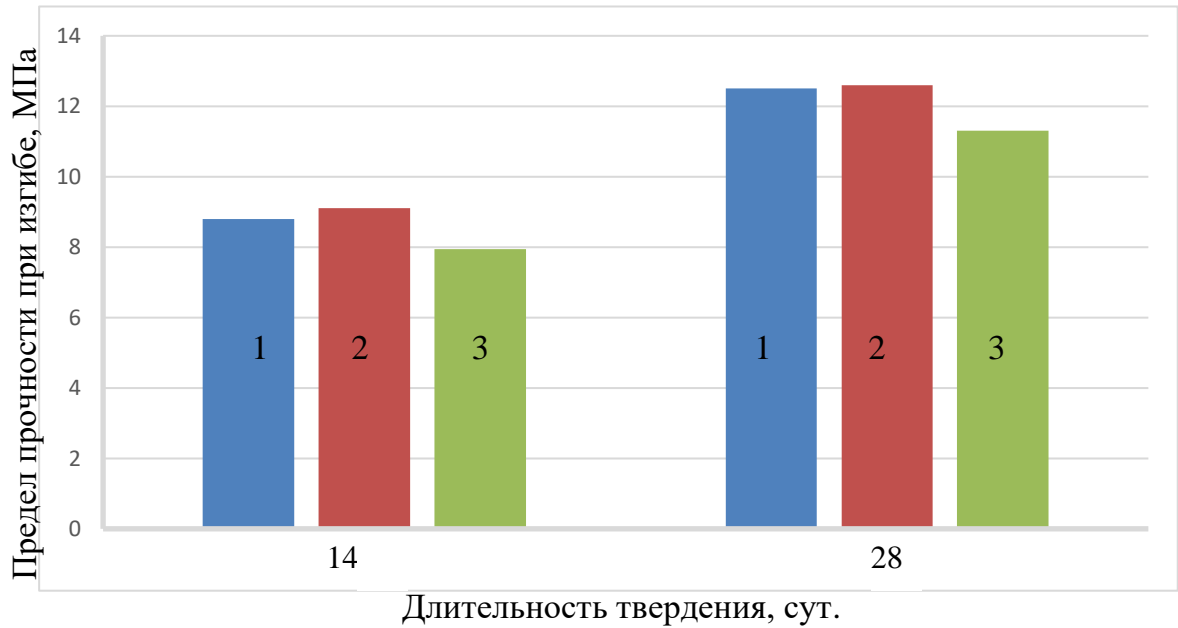


Рисунок 3.1 – Зависимость изменения предела прочности при изгибе исследуемых составов от длительности твердения



Рисунок 3.2 – Внешний вид гидравлического пресса с образцом перед испытанием

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

БР-02069964-08.03.01-69-19

Лист

57



Рисунок 3.3 – Внешний вид гидравлического пресса с образцом после приложения разрушающей нагрузки

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что в возрасте 14 сут все составы набирают более 70 % марочной прочности. Предел прочности при изгибе в 28 сут у трех составов искусственных облицовочных плиток на основе цемента находится примерно на одном уровне (наименьшим значением обладает состав с добавкой черного пигмента).

3.1.2 Определение водопоглощения

Водопоглощение – свойство материала поглощать и удерживать воду при непосредственном с ней соприкосновении. Количество поглощенной образцом материала воды, отнесенное к его массе в сухом состоянии, называют водопоглощением по массе, а отнесенные к его объему – водопоглощением по объему. Его определяют путем полного насыщения водой предварительно высушенного образца.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		58

Для насыщения водой образец материала постепенно погружают в нее или выдерживают в кипящей воде. Свойства насыщенного материала существенно изменяются: увеличивается теплопроводность, объемный вес, а у некоторых материалов (например, у дерева) также и объем, уменьшается прочность (вследствие ослабления связей между частицами).

Ввиду очень большого влияния, которое оказывает на материалы насыщение водой, желательно испытывать их прочность не только в сухом, но и в насыщенном состоянии.

Для оперативного контроля влажности преимущественно сыпучих материалов (например, заполнителей для бетона – песка, щебня) применяют диэлькометрический и нейтронный методы. Диэлькометрический метод измерения основан на зависимости между влажностью и диэлектрической проницаемостью материала. В нейтронном методе используется связь влажности и степени замедления быстрых нейтронов, проходящих через материал. Водопоглощение по объему отражает степень заполнения пор материала водой. Так как вода проникает не во все замкнутые поры и не удерживается в открытых пустотах, объемное водопоглощение меньше истинной пористости.

Таблица 3.2 – Определение водопоглощения разработанных составов

№ состава	Водопоглощение по массе, %
1	2,4
2	2,7
3	4,1

Как видно из таблицы 3.2, введение пигмента приводит к увеличению показателя водопоглощения. При этом пигмент черного цвета оказывает наиболее сильное влияние на данный показатель. Можно предположить, что пигмент черный увеличивает пористость готового изделия.

3.1.3 Определение истираемости

Истираемость – свойство материала сопротивляться истирающим воздействиям. Одновременное воздействие истирания и удара характеризует износостойкость материала. Оба эти свойства определяют различными условными методами: истираемость – на специальных кругах истирания, а износ – с помощью вращающихся барабанов, куда вместе с пробой материала часто загружают определенное количество металлических шаров, усиливающих эффект измельчения. За характеристику истираемости принимают потерю массы или объема материала, отнесенных к 1 см² площади истирания, а за характеристику износа – относительную потерю массы образца в процентах от пробы материала. Допустимые показатели истираемости и износа нормируются в соответствующих стандартах.

Истираемость бетонов и растворов определяют на кругах истирания ЛКИ-2 или ЛКИ-3 (рис. 3.3), основной элемент которых истирающий диск, изготовленный из серого чугуна.



Рисунок 3.3 – Круг истираемости ЛКИ-3

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		60

К диску, вращающемуся с частотой $(0,5 \pm 0,02)$ с-1, с помощью грузов прижимается образец с усилием 300 Н, что соответствует давлению образца на круг около 60 кПа. Круг, снабженный счетчиком оборотов, автоматически отключается через каждые 28 оборотов. На круг равномерным слоем насыпают 20 г абразивного материала: шлифовальное зерно № 16 или стандартный песок. Образцы помещают в гнезда круга, проверяют, свободно ли они перемещаются в вертикальной плоскости, и пригружают грузом. После этого включают привод круга. Через 30 м пути истирания образца (28 оборотов диска) прибор останавливают: с поверхности диска удаляют старый абразивный материал и продукты истирания и вновь насыпают 20 г абразивного материала. Указанную операцию повторяют 5 раз, что составляет один цикл испытаний (150 м пути истирания).

Для испытания готовят два образца. Боковые грани образцов-кубов нумеруют цифрами 1-4 и при проведении испытаний в порядке этой нумерации поворачивают образец. Перед испытанием образцы выдерживают не менее двух суток в помещении лаборатории. Влажные образцы предварительно высушивают. Подготовленные образцы взвешивают на технических весах с погрешностью не более 0,1 г и определяют площадь, которая будет подвергаться истиранию, измеряя для этого образец штангенциркулем или линейкой. После одного цикла испытания образцы вынимают из гнезда и поворачивают на 90° в горизонтальной плоскости. В этом положении цикл испытаний повторяют. После четырех циклов испытания образцы вынимают, обтирают сухой тканью и взвешивают.

Результаты испытания приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3 – Определение истираемости разработанных составов

№ состава	Истираемость, г/см ²
1	0,16
2	0,17
3	0,185

Результаты испытаний на определение истираемости исследуемых составов показали, что наличие пигмента практически не влияет на данный показатель.

3.2 Определение биологической стойкости исследуемых составов

Биологическая коррозия становится определяющим фактором надежности и долговечности зданий и сооружений. Проблеме изучения влияния воздействия микроскопических грибов и продуктов их метаболизма на свойства строительных материалов в последнее время начинает уделяться все большее внимание. Это связано с тем, что мицелиальные грибы, бактерии, актиномицеты в процессе своей жизнедеятельности способны, если не полностью разрушить конструкцию, то, во всяком случае, значительно снизить эксплуатационные характеристики материалов, использованных для ее получения. Ущерб, причиняемый экономике страны, измеряется в этом случае сотнями тысяч, а возможно и миллионами долларов.

Установлено, что более 50 % общего объема регистрируемых в мире повреждений связано с деятельностью микроорганизмов. Бактерии, мицелиальные грибы и актиномицеты постоянно и повсеместно обитают в среде пребывания человека, используя органические и неорганические соединения как питательный субстрат. Ученые обнаружили более 250 видов микроорганизмов, которые живут внутри пилотируемых космических кораблей. Подсчитано, что ущерб, причиняемый объектам в результате биоповреждений, составляет многие десятки миллиардов долларов.

Биозаражения зданий и сооружений ведут к нарушению экологической ситуации. Совокупность экстремальных изменений окружающей среды, проявляющаяся в виде различных процессов инфицирования и биodeградации строительных материалов и конструкций, представляет серьезную угрозу внутригосударственным мерам по безопасности жизнедеятельности людей, защите их здоровья. Для повышения долговечности строительных конструкций и улучшения экологической ситуации необходимо принимать меры, снижающие или исключают агрессивное биологическое воздействие.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		62

В последние годы отмечается рост разнообразия и численности микроорганизмов, вызывающих биопоражение материалов и сооружений. Возросла агрессивность известных видов. Внедрение новых материалов в строительство лишь на первых порах способствует ограничению этого вида разрушения. Процессы биоразрушений прогрессируют с каждым годом. Выборочное обследование зданий и сооружений в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Владивостоке, Якутске, Саранске и в других городах показало, что большое их число поражено микроорганизмами многих видов.

Биоразрушениям подвержены практически все материалы: металлические, каменные, бетонные и т. д. Поэтому, исследования биодegradации и биологического сопротивления строительных материалов, которые в процессе эксплуатации в различных областях промышленности, строительства, сельского хозяйства подвергаются разрушающему действию различных живых организмов, являются актуальными.

Данные литературы свидетельствуют, что более 40 % общего объема биоразрушений связано с деятельностью микроорганизмов – бактерий и грибов. Бактерии развиваются при обильном содержании влаги в материалах, например, при соприкосновении их с жидкостью (градирни, резервуары, трубопроводы, коллекторы и т. д.). При отсутствии капельно-жидкой среды развитие бактерий подавляется, и они уступают место грибам, которые также развиваются при влажности выше 75 %. Оптимум влажности для них 95–98 %. В то же время известно, что грибы и споры многих бактерий сохраняют жизнеспособность и в высушенном состоянии. Известно несколько сотен видов грибов, способных вызывать повреждения различных промышленных и строительных материалов.

На рост грибов и их физиологическую активность влияют многие факторы внешней среды: температура, кислотность, степень аэробности среды, свет, влажность, давление и др. Основным же фактором, способствующим развитию грибов на материале или конструкции, является вода. Если материал имеет незначительную влажность, то сначала появляются менее требовательные к

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		63

влажности грибы, а затем уже появляются более влаголюбивые виды или такие, для которых первые микромицеты являются питательной средой. Влага может вноситься за счет самих микробных клеток, которые содержат ее 80 % и более. Рост отдельных видов грибов могут стимулировать воздушные среды, содержащие аммиак, углекислоту, этанол и другие соединения.

Повреждение материалов грибами начинается, как правило, с небольших участков. Даже на биостойких материалах могут наблюдаться мелкие колонии мицелиальных грибов, поселяющихся на загрязнениях биологического происхождения. Особенно благоприятны для роста микромицетов условия повышенной влажности и затрудненного воздухообмена. Такие условия нередко создаются при эксплуатации различного оборудования в закрытых помещениях. В этом случае рост грибов не прекращается до полного исчерпания источника питания, после чего погибшая колония служит источником питания для других микроорганизмов.

Микроорганизмы постоянно и повсеместно обитают в среде пребывания человека, используя органические и неорганические соединения, входящие в состав всего созданного человеком, как питательный субстрат.

Материалы, выбранные нами для исследования, зачастую используются при воздействии на них сложных микроклиматических условий и повышенной влажности: ванна, баня, сауна, бассейн, прачечная и т. д.

Известно, что оптимальная температура для развития всех видов плесени лежит в интервале 24–30 °С. Максимальная температура развития плесени 45 °С, минимальная температура 0 °С и еще более низкая. Вода – главная составная часть клеточного тела плесневых грибов. Оптимальный режим для роста микроорганизмов являются нейтральные и слабощелочные среды (с рН 7,0–7,5) и кислотностью рН 4,0–5,0. Влажность 90 %, t – 18–25 °С. Т. е. вероятность поражения данных материалов плесневыми грибами в процессе эксплуатации существенно возрастает.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		64

В таблице 3.4 приведены полученные нами результаты исследований, показывающие сравнительные данные биологической стойкости исследуемых составов после набора марочной прочности.

Таблица 3.4 – Сравнительные данные биологической стойкости исследуемых составов после набора марочной прочности

№ состава	Устойчивость к действию грибов, баллы		Результат
	Метод 1	Метод 3	
1	2	3	4
1	0	3	грибостоек
2	0	3	грибостоек
3	0	3	грибостоек

Как видно из табл. 3.4 все разработанные составы после набора марочной прочности обладают грибостойкими свойствами. Наличие пигмента на данном отрезке испытания никак не влияет на результат исследования. Следует также отметить что рост микроорганизмов наблюдался на торцах образцов, а оценка верхней поверхности по методу 3 практически везде составляла от 0 до 1 балла.

4 Исследование долговечность искусственных облицовочных плиток на основе цемента

4.1 Исследование водостойкости

Водостойкость является одним из самых универсальных показателей, характеризующих долговечность строительных композиционных материалов. Вода, обладая высокой проникающей способностью, оказывает деструктивное воздействие практически на все виды композитов. Водостойкость связующего определяется в основном его способностью противостоять физическому воздействию проникающей воды, приводящему к пластификации композиции, уменьшению адгезионного взаимодействия частиц в результате обводнения поверхности контакта.

Портландцемент, будучи гидравлическим вяжущим, при нахождении в воде твердеет, набирая со временем все большую прочность. Вместе с тем, если вода начинает фильтроваться (просачиваться) сквозь цементный камень, то начинается его разрушение. Этот процесс называют коррозией цементного камня.

Большое значение в этом случае имеет пористость материалов, наличие в них микродефектов, характер химического взаимодействия компонентов материала с водой и т. д. Вода обуславливает выщелачивание вяжущего, входящего в состав строительного материала, транспортировку растворенных газов (таких, как O_2 или CO_2) и агрессивных ионов внутрь материала, что приводит к появлению деформаций и снижению теплозащитных свойств материалов. Это особенно недопустимо в тех случаях, когда они предназначены для использования в качестве теплоизоляции. Последовательность перехода в раствор отдельных фаз отвержденного связующего, в частности, будет зависеть от уровня водородного показателя водного раствора.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		66

Кроме того, прочность композитов при водонасыщении снижается вследствие того, что микротрещинообразование облегчается при адсорбции твердым телом полярной жидкости [11].

Нами проведены исследования, направленные на изучение водостойкости искусственных облицовочных плиток на основе цемента. Испытания проводились на образцах-кубах с размерами ребра 20 мм. Деградация материалов под воздействием воды оценивалась по изменению водопоглощения и коэффициента водостойкости, определяемому как относительное изменение предела прочности при сжатии после выдерживания в воде. Результаты исследований приведены в табл. 4.1 и на рис. 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Результаты исследования водостойкости

№ состава	Изменение массосодержания, %				Коэффициент водостойкости			
	30 сут.	60 сут.	90 сут.	180 сут.	30 сут.	60 сут.	90 сут.	180 сут.
1	2,4	2,5	2,56	2,33	1,4	1,5	1,56	1,5
2	2,7	2,8	2,9	3,0	0,9	1,1	1,3	1,3
3	4,1	4,22	4,25	3,98	1,2	1,3	1,5	1,4

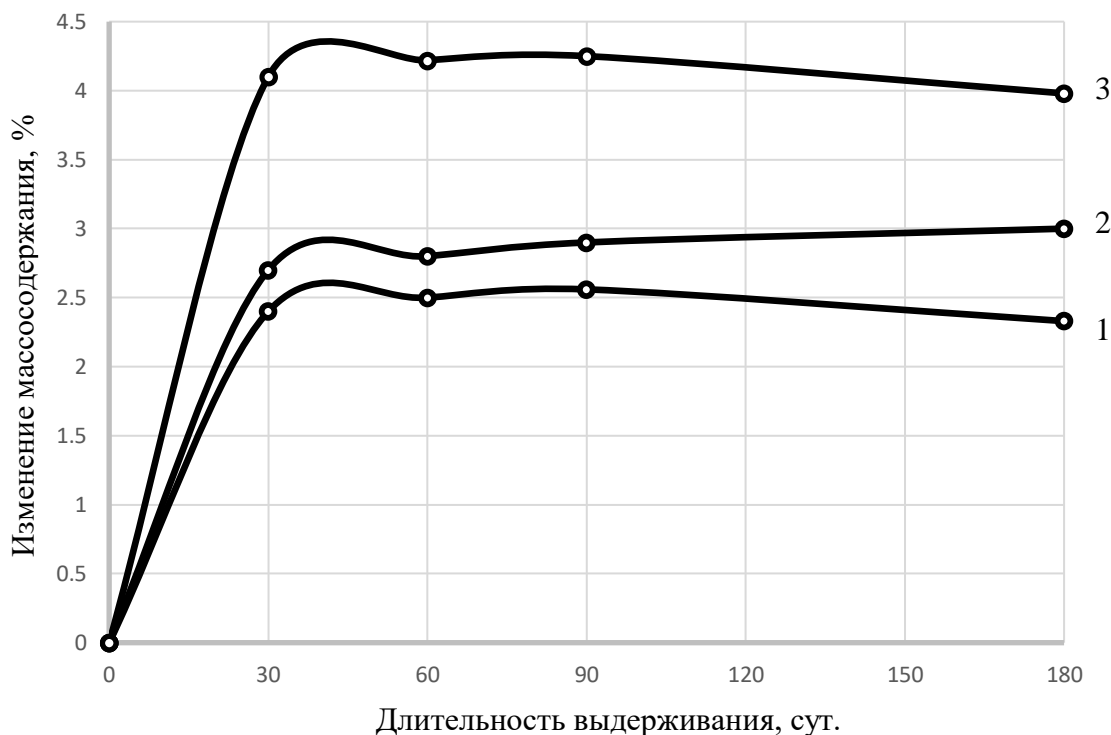


Рисунок 4.1 – Зависимость изменения массосодержания исследуемых составов от длительности выдерживания в воде

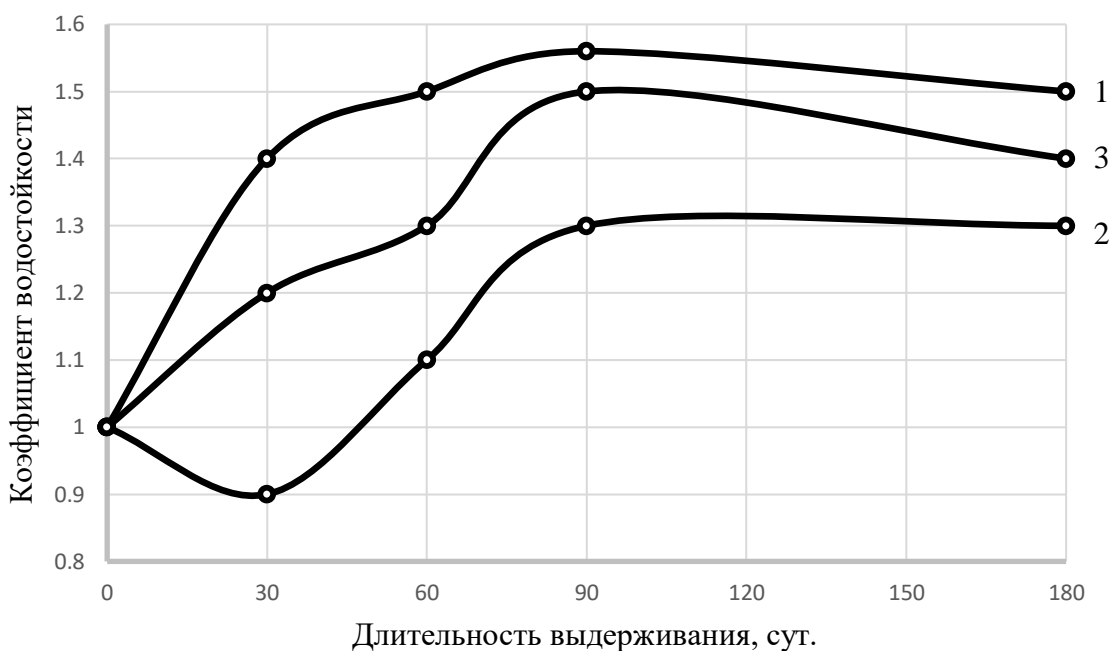


Рисунок 4.2 – Зависимость изменения коэффициента водостойкости исследуемых составов от длительности выдерживания в воде

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что максимальный коэффициент водостойкости наблюдается у состава №1. При этом рост данного показателя у всех составов происходит при выдерживании в воде до возраста 90 суток. Далее рост коэффициента прекращается. Изменение массосодержания также до 90 суток растет, далее происходит снижение данного показателя.

4.2 Химическое сопротивление в водных растворах кислот

Одними из наиболее распространённых агрессивных сред в производственных зданиях являются кислоты и их водные растворы. Экспериментальные исследования и практика показывают, что цементные бетоны имеют незначительное химическое сопротивление даже в слабых растворах кислот, наиболее опасными из которых являются сильные неорганические кислоты, такие как: серная, азотная, соляная. Их агрессивность объясняется тем, что содержащаяся в бетоне гидроксид кальция как сильное основание легко реагирует с ними, образуя соль, вступает в реакцию со всеми кислотами и карбонат

кальция. Силикаты и алюмосиликаты кальция так же являются реакционноспособными при действии на бетон сильных кислот.

Химические процессы, вызывающие повреждения композитов в кислых средах, несмотря на их многообразие, можно разделить на несколько основных типов, охватывающих большинство видов деструкции [5]:

– процессы вымывания, при которых из материалов десорбируют компоненты, растворимые в воде;

– процессы химического взаимодействия реакционноспособных компонентов электролита и композита с образованием растворимых солей или других продуктов, растворимых в воде;

– образование в композите нерастворимых солей, кристаллизующихся в порах и уплотняющих структуру на начальной стадии и разрушающих ее с увеличением объема сверх критического предела.

При действии кислот цементный камень полностью разрушается, причем продукты разрушения частично растворяются, а частично остаются на месте реакции. Кислотная коррозия в зависимости от силы той или иной кислоты, определяемая показателями ионов водорода (рН), может протекать очень интенсивно. Под действием кислоты на цементном камне образуется кальциевая соль и аморфная бесвязная масса. Образовавшиеся продукты, растворимые в воде, выносятся ею из бетона, не растворимые же в виде рыхлых масс остаются. Все это сопровождается снижением прочности бетона, а в последующем и полным его разрушением.

В связи с этим, особое внимание уделяется разработке композиционных материалов обладающих высокой стойкостью к негативному воздействию кислот и их водных растворов.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		69

Нами были проведены исследования, направленные на изучение химической стойкости облицовочных плиток на цементной основе в 2 % водном растворе лимонной кислоты. Результаты представлены в таблице 4.2 и 4.3-4.4.

Таблица 4.2 – Результаты исследования химическое сопротивление в 2 % водном растворе лимонной кислоты

№ состава	Изменение массосодержания, %				Коэффициент кислотостойкости			
	30 сут.	60 сут.	90 сут.	180 сут.	30 сут.	60 сут.	90 сут.	180 сут.
1	4,32	4,43	4,5	4,3	0,96	0,94	0,89	0,85
2	3,7	3,8	3,9	3,5	0,85	0,82	0,8	0,72
3	5,1	5,2	5,2	4,9	0,94	0,92	0,85	0,79

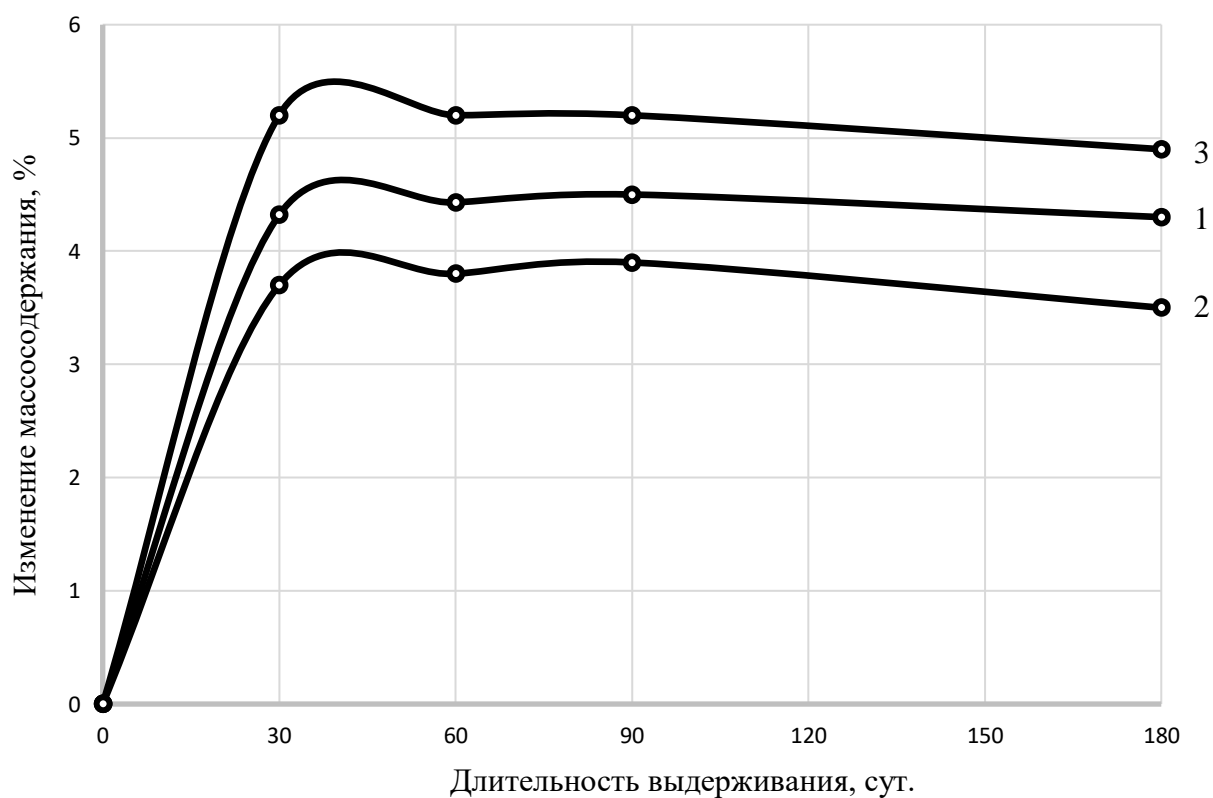


Рисунок 4.3 – Зависимость изменения массосодержания исследуемых составов от длительности выдерживания в 2% водном растворе лимонной кислоты

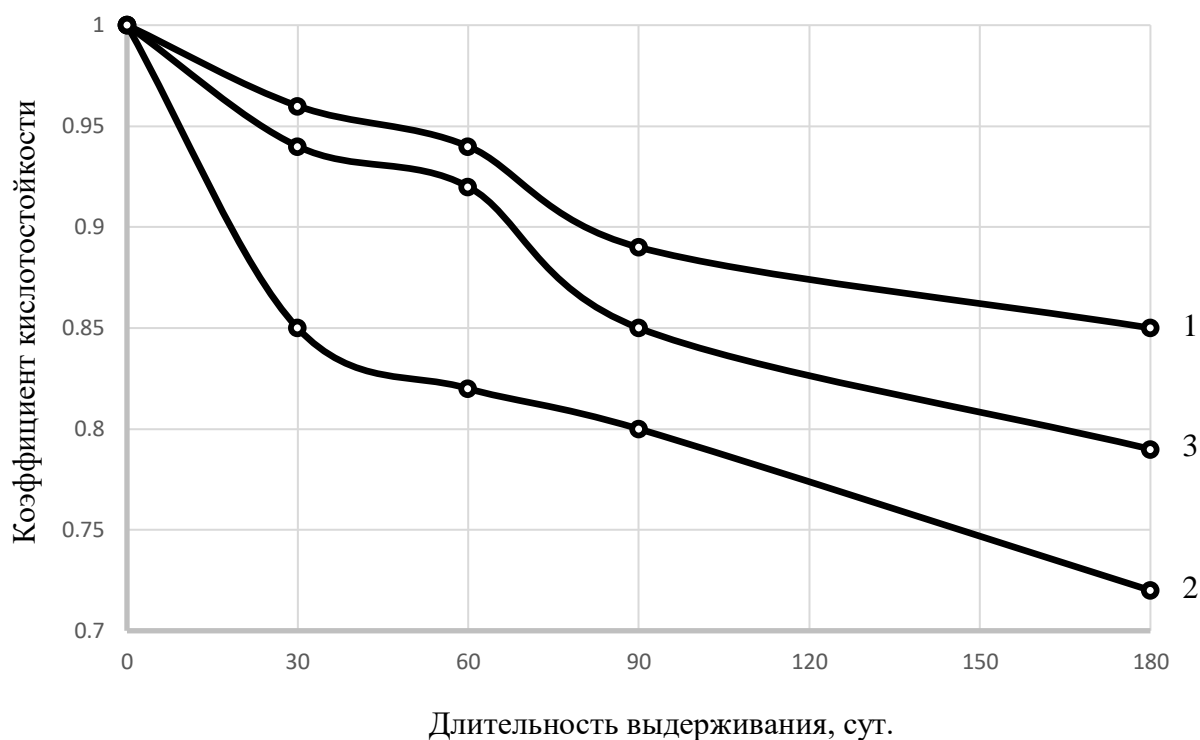


Рисунок 4.4 – Зависимость изменения коэффициента кислотостойкости исследуемых составов от длительности выдерживания в 2% водном растворе лимонной кислоты

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что 2% водный раствор лимонной кислоты оказывает деструктивное воздействие на исследуемые составы. Максимальный коэффициент кислотостойкости наблюдается у состава №1. При этом с течением времени данный показатель снижается. Наименее стойким по отношению к воздействию водного раствора лимонной кислоты оказывается состав № 2. Изменение массосодержания также до 90 суток растет, далее происходит снижение данного показателя.

4.3 Химическое сопротивление в водном растворе щелочи

Под химическим сопротивлением понимается способность материалов и конструкций в определенных пределах времени эксплуатации воспринимать воздействие агрессивных сред без разрушения и существенного изменения

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		71

геометрических размеров и формы. Следует отметить, что устойчивость в водных растворах щелочей – показатель не характерный для основной массы неорганических связующих, используемых в строительной практике. В частности, при действии растворов щелочей на цементный бетон деструктивные процессы в нем часто развиваются в результате интенсивной карбонизации щелочи в порах за счет углекислоты окружающего воздуха. Щелочи также агрессивно действуют на алюминатную составляющую портландцемента, обуславливая образование растворимых алюминатов натрия и калия. Растворы щелочей по этой причине весьма агрессивны по отношению к бетону на глиноземистом цементе. При отсутствии открытой поверхности бетона действие щелочей вызывает в цементном камне в основном коррозию второго вида. Коррозия второго вида характерна при некоторых условиях при действии щелочей. На практике коррозия этого вида наблюдается в цехах по производству каустической и кальцинированной соды – важнейших продуктов химической промышленности, агрессивные среды которых содержат NaOH и Na₂CO₃. Наличие открытой поверхности меняет вид коррозии и соответственно, меняется картина разрушения бетона. На этой поверхности, к которой в результате капиллярного подсоса поступает раствор NaOH или KOH, идут два процесса: с одной стороны, карбонизация щелочи с образованием Na₂CO₃, или соответственно K₂CO₃, с другой стороны, испарение воды. В результате в порах у поверхности накапливаются кристаллы K₂CO₃ × 10H₂O или Na₂CO₃ × 1,5 H₂O. Последующее разрушение идет в той же последовательности, как и при кристаллизации солей.

Изучение микрошлифов разрушенного бетона, взятого из строительной конструкции здания содового завода, подвергавшейся действию Na₂CO₃, высокой концентрации показало, что в порах бетона сначала образуются отдельные кристаллы соды, со временем количество кристаллов увеличивается, постепенно они заполняют все поры и микротрещины в бетоне. С дальнейшим ростом кристаллов появляются новые микротрещины, и, в конце концов, бетон разрушается. Аналогичные процессы происходят и в кирпиче, находящемся в тех

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		72

же условиях: кирпич растрескивается на отдельные пластинки, в промежутках между которыми видны скопления кристаллов соды.

При взаимодействии агрессивной среды с вяжущим, происходят такие физико-химические процессы, как проникновение жидкости в структуру материала и химическое реагирование среды с его компонентами. При этом физические процессы являются определяющими лишь в начальный период в условиях воздействия агрессивных сред слабой концентрации. Со временем интенсивность снижения прочностных характеристик за счет физического воздействия среды уменьшается и при полном насыщении определяется скоростью протекания химических реакций. С увеличением концентрации агрессивной среды роль химических процессов в изменении прочности возрастает.

С целью исследования химического сопротивления искусственных облицовочных плиток на основе портландцемента в водном растворе гидроксида натрия 2 %-ой концентрации были изготовлены оптимизированные составы, аналогичные использованным при определении показателей водостойкости. Результаты исследований представлены в таблице 4.3. и на рисунках 4.5 – 4.6.

Таблица 4.3 – Результаты исследования химическое сопротивление в 2 % водном растворе гидроксида натрия

№ состава	Изменение массосодержания, %				Коэффициент щелочестойкости			
	30 сут.	60 сут.	90 сут.	180 сут.	30 сут.	60 сут.	90 сут.	180 сут.
1	2,25	2,4	3,01	2,5	1,18	1,25	1,03	0,95
2	2,71	3,51	2,91	2,75	1,03	1,15	0,9	0,82
3	3,39	3,86	3,2	2,9	1,15	1,26	0,99	0,89

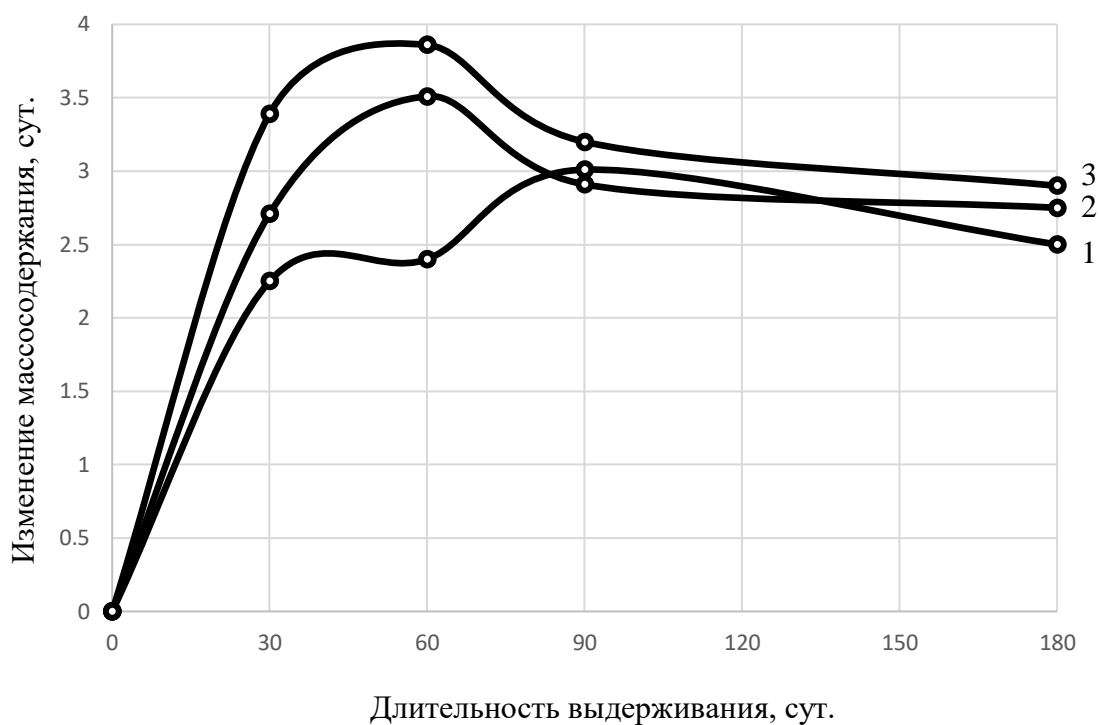


Рисунок 4.5 – Зависимость изменения массосодержания исследуемых составов от длительности выдерживания в 2 % водном растворе гидроксида натрия

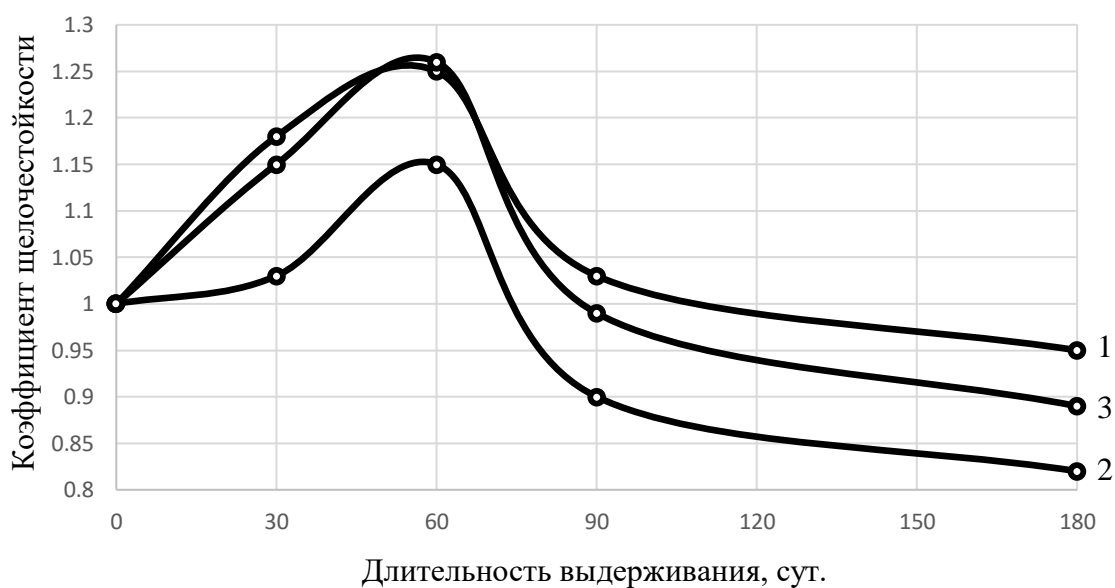


Рисунок 4.6 – Зависимость изменения коэффициента щелочестойкости исследуемых составов от длительности выдерживания в 2 % водном растворе гидроксида натрия

Как видно из рис.4.6 все исследуемые составы являются стойкими по

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата

БР-02069964-08.03.01-69-19

Лист

74

отношению к 2 % водной среде гидроксида натрия (коэффициент стойкости превышает 0,8). Изменение массосодержания всех составов растет при выдерживании до 90 сут в агрессивной среде, далее данный показатель незначительно снижается, что может означать о начале деструктивных изменений.

4.4 Исследование стойкости составов при выдерживании в условиях повышенной влажности

Эксперимент по изучению влияния влажности среды на коэффициент стойкости исследуемых материалов проводился в лабораторных условиях на базе Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева. Образцы материалов экспонировались в течение 30, 90 и 180 суток в закрытых эксикаторах над поверхностью воды. По истечению контрольных точек, образцы извлекались (5 штук) и определялся их предел прочности при сжатии на прессе. Далее по описанному во второй главе алгоритму определялся коэффициент стойкости. Изменение массосодержания фиксировали, но результаты изменения решено не приводить в графическом виде, так как данный показатель изменялся незначительно.

Результаты исследования представлены в табл. 4.4 и на рис. 4.7.

Таблица 4.4 – Результаты исследования стойкости в условиях повышенной влажности

№ состава	Коэффициент стойкости		
	30 сут.	90 сут.	180 сут.
1	1,3	1,54	1,56
2	0,88	1,1	1,3
3	1,1	1,3	1,5

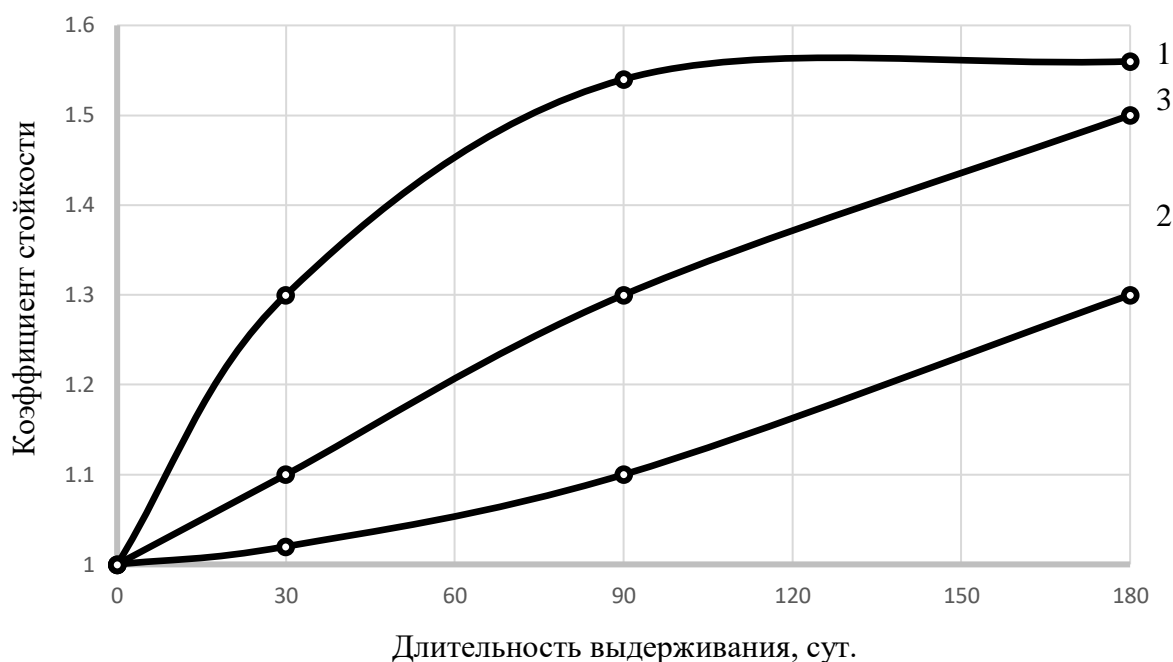


Рисунок 4.7 – Зависимость изменения коэффициента стойкости от длительности выдерживания исследуемых составов в условиях повышенной влажности

Как видно из рис.4.7, у всех составов при выдерживании в условиях повышенной влажности наблюдается рост коэффициента стойкости. Это можно объяснить тем, что портландцемент является гидравлическим вяжущем и данная среда благотворно сказывается на росте исследуемого показателя.

4.5 Исследование биологической стойкости

Биоповреждения материалов микроорганизмами известны очень давно. В умеренном климате грибы вызывают повреждения промышленных материалов во время их изготовления, когда производство сопряжено с высокой температурой и влажностью, а также при нарушении условий хранения и эксплуатации, транспортировке. В тропическом и субтропическом климате развитие грибов происходит более интенсивно, а, следовательно, ущерб, причиняемый грибами, значительно больше [8].

Развитие и жизнедеятельность микроорганизмов тесно связаны с условиями среды, в которой они обитают. Внешняя среда может стимулировать или подавлять рост биодеструкторов. Разрушения материалов грибами зависят от их состава. В первую очередь повреждаются материалы, содержащие питательные вещества для грибов [43].

Органические соединения, которые служат источниками питания для грибов, входят в состав многих строительных и промышленных материалов, что и является причиной их заселения грибами. Кроме того, источником органических веществ могут служить различного рода загрязнения, попадающие на материалы, которые по своему химическому составу не могут служить источниками энергии и углерода (металлы, полимеры и др.) [7, 14, 38].

Эксперимент по изучению влияния воздушно-сухих условий на биологическую стойкость материалов проводился на составах, выбранных в качестве оптимизированных. При этом были изготовлены образцы размером 1×1×3 см. Образцы материалов экспонировались в течение одного и трех месяцев в рассматриваемой среде. По истечении указанных сроков выдерживания образцы извлекали, запаковывали в герметичные упаковки и отправляли в лабораторию микробиологических исследований.

В таблице 4.5 приведены результаты исследований, показывающие сравнительные данные биологической стойкости составов используемых для изготовления облицовочных плиток на основе портландцемента после выдерживания в течении 1 и 3 месяцев в воздушно-сухих условиях.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		77

Таблица 4.5 – Биологическая стойкость после выдерживания в воздушно-сухих условиях

№ состава	Устойчивость к действию грибов, баллы		Результат
	Метод 1	Метод 3	
1	2	3	4
<i>Срок выдерживания – 1 месяц</i>			
1	0	0	фунгициден
2	0	1	фунгициден
3	0	0	фунгициден
<i>Срок выдерживания – 3 месяца</i>			
1	0	1	фунгициден
2	0	2	грибостоек
3	0	1	фунгициден

Результаты исследования показали, что разработанные составы № 1 и № 3 с течением времени сохраняют фунгицидные свойства. У состава № 2 при выдерживании до 3 месяцев в воздушно-сухих условиях проявляются грибостойкие свойства.

В табл. 4.6 приведем результаты исследования составов при выдерживании в течении 1 и 3 месяцев в условиях повышенной влажности.

Таблица 4.6 – Биологическая стойкость после выдерживания в условиях повышенной влажности

№ состава	Устойчивость к действию грибов, баллы		Результат
	Метод 1	Метод 3	
1	2	3	4
<i>Срок выдерживания – 1 месяц</i>			
1	0	1	фунгициден
2	0	1	фунгициден
3	0	1	фунгициден
<i>Срок выдерживания – 3 месяца</i>			
1	0	2	грибостоек
2	0	2	грибостоек
3	0	1	фунгициден

Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что повышенная влажность окружающей среды практически не оказывает влияние на биологическую стойкость исследуемых составов, которые сохраняют грибостойкие свойства (№ 1 и № 2) и фунгицидность (№ 3).

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		79

5 Технико-экономическое обоснование изготовления искусственной облицовочной плитки на основе цемента

Технико-экономическая эффективность изготовления искусственных облицовочных плиток, обуславливается тем, что компоненты, применяемые в изготовлении плитки, являются общедоступными и приемлемыми в ценовом диапазоне.

Бетон – универсальный и практичный материал, который используется при внутренней отделке и отделке уличных поверхностей. Изготавливается он из песка, цемента, при необходимости, пигмента и воды, методом вибролитья или вибропрессования различной формы. Область для применения этого продукта очень широкая, но не всегда можно позволить себе это в ценовом аспекте, в этом случае можно изготовить плитку своими руками. Производственный цех выпуска облицовочной плитки может быть очень компактным и позволяет выпускать изделия на небольших помещениях.

В качестве оборудования при изготовлении изделий из цемента используется обычная дрель с насадкой для смешивания, емкость для смешивания раствора, стол на котором происходит заливка цементных изделий, вибростол и формы, предназначенные для литья. Это все, что необходимо при производстве цементного камня, сувенирной продукции, изделий малой архитектуры.

Необходимый комплект форм для производства искусственной облицовочной плитки зависит в первую очередь от желаемого ассортимента выпускаемой продукции. Для производства плитки на цементной основе используются эластичные формы из двухкомпонентного полиуретана. Полиуретановые формы для искусственной облицовочной плитки, это матрицы которые имеют площадь от 0,2 до 0,5 м².

Производство плиток из цемента начинается из приготовления цементного раствора. Сначала формы из полиуретана выкладываются на столе. Стол выставляется по уровню, чтобы цементная плитка после выемки из форм была

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		80

ровной. Цементный раствор очень медленно застывает, поэтому его можно изготавливать большими порциями, в зависимости от возможности. Раствор должен быть таким, чтобы при заливке в форму он сам растекался по форме и не приходилось тратить время на выравнивания его в форме.

Время полного застывания цемента происходит в течении 24 часов, после чего можно доставать готовые изделия. Форма остается на столе и опять готова для повторения процесса.

Изготовлением облицовочной плитки стоит заниматься в тёплое время года, например, летом, а вот сушить изделие следует вдали от солнечных лучей, закрытым от воздействия дождя и ветра.

Процесс изготовления отливок из цемента продолжается все рабочее время с целью изготовить как можно больше продукции. За 8 часовой рабочий день, удается залить 1 партию плитки из 30 комплектов форм для литья, что составляет 2,25 м². В таблицах 5.1 – 5.2 представлен план потребности в производственном обеспечении.

Таблица 5.1 – Затраты на производство искусственной облицовочной плитки

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Цена	Стоимость (руб)
Емкость для раствора (ведро 10л)	шт.	3	100	300
Комплекты литьевых форм	комплект	30	1200	36000
Промышленный миксер	шт.	1	200	200
Стол	шт.	8	2000	16000
Вибростол (1000x1000)	шт.	1	25000	25000
Дрель	шт.	1	3000	3000
Итого	-	-	-	80 500

Таблица 5.2 – Потребность в производственном помещении

Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость аренды (руб)
1. Основное и складское помещение	м ²	45	6 000

Материальные затраты – наиболее крупный элемент затрат на производство. Их доля в общей сумме составляет 60-90 %. Состав материальных затрат неоднороден и включает расходы на сырье и материалы. Стоимость потребного, в

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		81

процессе производства, сырья и материалов включаются в себестоимость продукции без налога на добавленную стоимость (НДС).

Потребность в материальных ресурсах определяется в натуральных показателях (для обеспечения производственной деятельности) и в денежной оценке (для планирования финансовых показателей).

Затраты на материалы:

расход материалов для 1 кв. м. готовой облицовочной плитки:

- портландцемент М600, 13-14 кг.;
- песок, 27 кг;
- расход пигмента, в среднем 0,5 кг - 3% по массе связующего.

Соотношение цемент/вода: в зависимости от марки цемента количество воды для его затворения может меняться от 40 до 70% от массы цемента.

Таблица 5.3 – Себестоимость 1 м² плитки на цементной основе

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Портландцемент М600	кг	13,50	6,00	81,00
Песок	кг	27,00	6,00	162,00
Пигмент	кг	0,41	180,00	72,90
Итого по сырью:				315,90
Вибростол	кВт/час	0,06	6,50	0,40
Дрель	кВт/час	0,43	6,50	2,80
Освещение	кВт/час	0,50	6,50	3,25
Вода	л	13,85	0,04	0,48
Итого по энергозатратам:				6,93

В 1 м² облицовочной плитки содержится 80 шт. (250*50*15 мм).

Далее в таблице 5.4 – 5.7 представлен финансовый план производства искусственной облицовочной плитки на основе цемента.

Таблица 5.4 – Прогноз продаж и выручки от реализации услуг в текущих ценах

Показатели	Ед. изм	2019 г.
Количество рабочих дней	дней	247
Средняя выработка в день	м ²	2,25
Себестоимость 1 м ²	руб.	743,89
Средняя цена 1-го м ²	руб.	1300
Объем производства	руб./год	686351
Коэффициент загрузки	%	95

Таблица 5.5 – План доходов и расходов

Наименование показателей	2019 год	Прогноз на 2020 год
Валовый доход (выручка)	686 351	686 351
Расходы – всего, в т.ч.	605 410	524 910
Закупка, форм, оборудования, инструментов	80 500	0
Амортизационные отчисления	16 100	16 100
Сырье и материалы	175 561	175 561
Коммунальные расходы (аренда)	72 000	72000
ФОТ (фонд оплаты труда)	234 000	234 000
Налоги	43 349	43 349
Чистый доход (прибыль)	64 841	145 341

Таблица 5.6 – Фонд оплаты труда, м²

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Общие данные	Зарплата рабочего в месяц, руб.		15000	
Производительность в год	м ²	556		
Рабочий	чел./ м ²	1	323,89	323,89
Страховые взносы	%	30	323,89	97,17
Итого ФОТ (фонд оплаты труда):	руб.			421,05
Итого себестоимость 1 м ² :	м ²			743,89

Таблица 5.7 – Налогообложение (ЕНВД 6%):

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Выручка (сумма реализации)	руб.	556	1300	722475
Налог	%	6		43349
Итого доход:	руб./год			679127

На основании проделанного анализа стоит сделать следующие выводы.

Коммерческая стратегия учитывает сезонные колебания спроса на готовую продукцию, однако кадровая политика предполагает одной из целей успешной

работы - сохранение и укрепление высококвалифицированных специалистов в течение всего календарного периода.

В силу этого предполагается аренда складских помещений для запасов готовой продукции и заготовок с тем, чтобы в весенне-летний и осенний периоды (периоды пика спроса на продукцию цеха) компенсировать спад уровня спроса в зимний период времени.

Искусственная облицовочная плитка будет интересна потребителям своим высоким качеством и привлекательным внешним видом. Индивидуальный подход к выполнению каждого заказа обеспечит наибольший спрос.

Основными потребителями выпускаемой продукции будут являться государственные организации и коммунальные предприятия, а также индивидуальные заказчики и строительные организации. Среди заказчиков также могут выступать дизайнерские фирмы и фирмы, занимающиеся ландшафтным дизайном.

Среди государственных и коммунальных организаций продукция будет востребована государственными учреждениями, школами, детскими садами для их благоустройства.

По результатам экономического обоснования можно сделать вывод, что в 2019 г. чистая прибыль составит 64 841руб., а в плановом 2020 г. 145 341 руб., что в 2 раза больше предыдущего года. Эти показатели характеризуют об экономической эффективности производства искусственной облицовочной плитки на основе цемента.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		84

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Натуральный камень – материал, проверенный веками. С начала времен люди используют его в строительстве и оформлении внутреннего пространства зданий. Натуральный камень замечательно популярен и сегодня. Неудивительно: ведь он отличается широчайшим разнообразием цветов и фактуры, обладает особым очарованием и дает возможность мастеру воплотить в жизнь любые идеи. К достоинствам природного камня относятся высокая прочность, устойчивость к неблагоприятным воздействиям окружающей среды. Этот материал экологически чист, а некоторые его виды «умеют» даже оздоравливать атмосферу помещения.

Конечно, природный камень не сдает позиций. Тем не менее всё больше становится тех, кто делает выбор в пользу искусственного декоративного камня. Всё просто: искусственный камень не только обладает большей частью преимуществ натурального, он лишен ряда недостатков, присущих природному. Поэтому можно с уверенностью сказать, что сегодня искусственный камень – альтернатива натуральному, и альтернатива достойная!

Декоративный камень изготавливается из экологически чистых, натуральных материалов и воспроизводит любые текстуры и цвета различных видов природного камня. Обладая абсолютно естественным внешним видом, он так же, как натуральный, составит идеальное сочетание с другими натуральными материалами, украсив интерьер или фасад дома, дорожку, водоем, рокарий в саду.

Искусственному камню присуща высокая прочность. В этом плане он имеет неоспоримое преимущество перед натуральным. Природный камень может иметь трещины, пустоты, сколы внутри (даже если внешне выглядит абсолютно целостным). Это в дальнейшем может привести к разрушению такого камня, а значит – к необходимости затратного ремонта. В случае с искусственным декоративным камнем такие проблемы исключены.

Искусственный камень много легче природного (обычно в 1,5 раза), с ним несложно работать. При его использовании нет необходимости дополнительно укреплять покрываемые им поверхности.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		85

Немаловажный фактор – доступность искусственного камня. Он не только в два раза дешевле натурального – он еще и более экономичен. Ведь натуральный камень требует сложной обработки, при которой, увы, не избежать потерь материала. А искусственный камень полностью готов к использованию.

Учитывая все выше сказанное можно сделать вывод о том, что выбранная тема для бакалаврской работы является актуальной в условиях современной реальности.

При проведении литературного обзора в рамках написания бакалаврской работы изучены основные закономерности структурообразования композиционных строительных материалов; выявлены физико-механические свойства строительных смесей на основе портландцемента; изучена технология получения цементов; определена область применения белого портландцемента; описаны разновидности и область применения искусственных облицовочных плиток.

Сформулированы цели и задачи исследований. Приведен перечень компонентов, используемых при получении искусственных облицовочных плиток.

При исследовании физико-технических свойств и структуры композиционных материалов использовались современные механические, физические, физико-химические, биологические методы.

Разработаны составы искусственных облицовочных плиток на основе портландцемента; исследованы их физико-механические характеристики.

Проведены исследования, направленные на изучение водостойкости, щелочестойкости, кислотостойкости, стойкости в условиях повышенной влажности, биологической стойкости строительных композитов применяемых в качестве матриц для получения искусственных облицовочных плиток на основе портландцемента.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		86

Определена экономическая целесообразность проектного решения по внедрению производства по изготовлению искусственных облицовочных плиток на основе портландцемента.

По результатам экономического обоснования по внедрению производства по изготовлению искусственных облицовочных плиток на основе портландцемента в 2019 г. чистая прибыль составит 64 841руб., а в плановом 2020 г. 145 341 руб., что в 2 раза больше предшествующего года. Эти показатели отражают экономическую эффективность производства искусственной облицовочной плитки на основе портландцемента.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		87

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Айрапетов, Г.А. Строительные материалы: учебно-справоч. пособие / Г.А. Айрапетов. - М.: Феникс, 2009. – 699 с.
- 2 Алимов, Л.А. Строительные материалы: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / Л.А. Алимов, В.В. Воронин. - М.: ИЦ Академия, 2012. – 320 с.
- 3 Ануфриев, Д.П. Новые строительные материалы и изделия. Региональные особенности производства: Научное издание / Д.П. Ануфриев. - М.: АСВ, 2014. – 200 с.
- 4 Ахвердов И. Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
- 5 Бадовска Г., Данилецкий В., Мончинский М.. Антикоррозионная защита зданий: Пер. с польск.– М.: Стройиздат, 1978. – 308 с.
- 6 Барабанщиков, Ю.Г. Строительные материалы и изделия: Учебник / Ю.Г. Барабанщиков. - М.: Academia, 2019. – 368 с.
- 7 Биологическое сопротивление материалов / В. И. Соломатов, В. Т. Ерофеев, В. Ф. Смирнов и др. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 196 с.
- 8 Биоповреждения в строительстве / Ф. М. Иванов, С. Н. Горшин, Дж. Уайт и др. Под ред. Ф. М. Иванова, С. Н. Горшина. М.: Стройиздат, 1984.–320 с.
- 9 Бобрышев А. Н. Топографические и термодинамические аспекты полиструктурной теории композиционных материалов // Полиструктурная теория композиционных строительных материалов. Ташкент, 1992. С. 58 – 94.
- 10 Болотин В. В. Механика композиционных материалов и конструкций из них // Строительная механика: Современное состояние и перспективы развития. М. 1972. С. 65 – 98.
- 11 Вербецкий Г.П. Прочность и долговечность бетона в водной среде. М.: Стройиздат, 1976. – 128 с.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		88

12 Гафуров А. Расчет расстояний между частицами наполнителя в композиционном материале / Гафуров А., Маврунов М. А., Умаров А. В. // пластич. массы. 1993. № 9. С. 59 – 60.

13 Ениколопян Н. С. Композиционные материалы – материалы будущего // журн. всесоюз: хим. о-ва им. Д. И. Менделеева, 1978. Т. 23, № 3. С. 243 – 245.

14 Ерофеев В. Т. Защита зданий и сооружений от микробиологических повреждений биоцидными препаратами на основе гуанидина / В. Т. Ерофеев, П. Г. Комохов, В. Ф. Смирнов и др. СПб.: Наука, 2009. – 192 с.

15 Ицкович С. М. Крупнопористый бетон (технология и свойства). М.: Стройиздат, 1977. – 117 с.

16 Казарин С. К. Опыт эксплуатации трубоформовочного станка радиального прессования СМЖ-194 / Казарин С. К., Пономарев В. П. – Оборудование для производства цемента и сборного железобетона. сер. 3. – Экспресс – инф. / ЦНИИТЭстроймаш. – М., 1978, вып. I. – 145 с.

17 Каркасные строительные композиты: 2 ч./ В. Т. Ерофеев, Н. И. Мищенко, В. П. Селяев, В. И. Соломатов; под ред. Акад. РААСН В.И. Соломатова. - Саранск: изд-во Мордов. ун-та, 1995. – 172 с.

18 Киреева, Ю.И. Современные строительные материалы и изделия / Ю.И. Киреева. - Рн/Д: Феникс, 2010. – 245 с.

19 Комохов, П. Г. Биоразрушение конструкционных материалов и научные основы их защиты / П. Г. Комохов, А. П. Комохов // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2004. – С. 12–15.

20 Комохов, П. Г. Экстремальное развитие внутренней органической биокоррозии бетона инженерных сооружений глубокого заложения и ее опасность // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы Второй Междунар. науч.-техн. конф. - Саранск, 2006. – С. 110–116.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		89

- 21 Корнеев В. И. Основные условия разработки рецептур сухих строительных смесей // *Vatimix*. - 2001. – 214 с.
- 22 Красовский, П.С. Строительные материалы: Учебное пособие / П.С. Красовский. - М.: Форум, НИЦ Инфра-М, 2013. – 256 с.
- 23 Линатов Ю. С. Физикохимия наполненных полимеров. Киев: наук. думка, 1969. – 233 с.
- 24 Матвеев М. А. Новый кислотоупорный материал / Матвеев М. А. и Бабушкина М. И. «Строительные материалы», 1963, № 11.
- 25 Нильсен Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. М.: Химия, 1978. – 312 с.
- 26 Победря Б. Е. Механика композиционных материалов. М. Изд-во Моск. унта, 1984. – 336 с.
- 27 Покровская Е. Н. Биоповреждения исторических памятников / Е. Н. Покровская, И. В. Котенева // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2004. – С. 245–248.
- 28 Покровская Е. Н. Разработка биоцидных составов нового поколения / Е. Н. Покровская, Н. В. Шестерикова // Биоповреждения и биокоррозия в строительстве : материалы Второй Междунар. науч.-техн. конф. - Саранск, 2006. – С. 235–238.
- 29 Производство важнейших видов промышленной продукции РФ в 2012 г. // *ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси*, 2013. – № 1. – С. 4–7.
- 30 Рамачандран В. Наука о бетоне / Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Д.: Пер. с англ. / Под ред. В.Б. Ратинова. М.: Стройиздат, 1986. – 278 с.
- 31 Рояк С.М. Специальные цементы : учеб. пособие для вузов. 2–е изд., перераб. и доп. / С. М. Рояк, Г. С. Рояк. М.: Стройиздат, 1983. – 279 с.
- 32 Современные композиционные материалы / под ред. Л. Браутмана, Р. Крока. М.: Мир, 1970. – 762 с.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		90

- 33 Современные методы оптимизации композиционных строительных материалов / В. А. Вознесенский, В. Н. Выровой, В. Я. Керш и др.; Под ред. В. А. Вознесенского. Киев: Будивельник, 1983. – 144 с.
- 34 Соломатов В. И. Развитие полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Известия высших учебных заведений. сер.: «Строительство и архитектура». – 1985. - № 8. – С. 58 – 64.
- 35 Соломатов В. И. Технология полимербетонов и армополимербетонных изделий. М.: Стройиздат. 1984. – 144 с.
- 36 Соломатов В. И. Химическое сопротивление композиционных строительных материалов / Соломатов В. И., Селяев В. П.; М.: Стройиздат, 1987. – 264 с.
- 37 Соломатов В. И. Элементы общей теории композиционных строительных материалов // изд. вузов. сер. стр-во и архитектура. 1980. № 8. С. 61 – 70.
- 38 Соломатов В. И., Черкасов В. Д., Ерофеев В. Т. Строительные биотехнологии и биоконпозиты. М.: МИИТ, 1998. – 165 с.
- 39 Состав, структура и свойства цементных бетонов / Под ред. Г. И. Горчакова. - М.: Стройиздат, 1976. –145 с.
- 40 Сулименко Л.М. «Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе» - М.: Высшая школа, 2005. –179 с.
- 41 Тейлор Х. Химия цемента. Пер. с англ. М. : Мир, 1996. – 560 с.
- 42 Теория цемента / под ред. А. А. Пащенко. К.: Будівельник, 1991. –168 с.
- 43 Фельдман М. С., Смирнов В. Ф., Веселов А. П. К вопросу об идентификации микромицетов-технофилов // Выделение, идентификация и хранение микромицетов и других организмов. Вильнюс, 1990. С. 36–40.
- 44 Цементная отрасль: тенденции и статистика // СтройПРОФИль, 2013. – № 2. – С. 4-5.
- 45 Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский, М.И. Бруссер.- М.: Стройиздат, 1979. – 343 с.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		91

46 Шоршоров М. Х. Физико-химическое воздействие композитов в композиционных материалах // Композиционные материалы. М., 1980. С. 11 – 18.

47 Яценко В. Ф. Прочность композиционных материалов. Киев. Выща шк., 1988. – 191 с.

					БР-02069964-08.03.01-69-19	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата		92