

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленное, гражданское строительство и городское хозяйство»

(наименование кафедры)

08.04.01 «Строительство»

(код и наименование направления подготовки)

«Технология строительного производства»

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Совершенствование технологии производства бортовых бетонных
камней методом вибропрессования

Студент

И.И. Евсенков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

А.В. Крамаренко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы

д.э.н., к.т.н., профессор,

А.А. Руденко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент, Д.С. Тошин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2019 г.

Тольятти 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 3 |
| 1 Анализ современных технологий, применяемых при производстве бортовых камней методом вибропрессования | 6 |
| 1.1 Анализ строительных материалов и технологий, применяемых при вибропрессовании | 6 |
| 1.2 Анализ дефектов, наиболее часто встречающихся на вибропрессованных изделиях в ходе эксплуатации | 19 |
| 1.3 Анализ причин появления производственных дефектов | 26 |
| 2 Теоретические принципы разработки оптимального состава и технологии изготовления модифицированных бортовых камней..... | 28 |
| 2.1 Теоретические исследования используемых химических компонентов, позволяющих снизить процент брака при производстве..... | 28 |
| 2.2 Определение оптимального состава смеси ингредиентов для изготовления бортовых камней | 37 |
| 2.3 Определение параметрических критериев технологии изготовления бортовых камней | 43 |
| 3 Совершенствование технологии изготовления модифицированных бортовых камней | 47 |
| 3.1 Оптимизация состава смеси с применением методов математического моделирования..... | 47 |
| 3.2 Экспериментальные исследования полученных образцов | 50 |
| 3.3 Эффективность изготовления и применения изделий (классификация эффективности, промышленная эффективность) | 55 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 63 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ | 65 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Технологический процесс производства бетонных мелкоштучных изделий методом вибропрессования на сегодняшний день отлажен достаточно, чтобы посредством компактного производства можно было удовлетворить потребность локального рынка в строительных материалах. Изготовленные таким способом стеновые блоки, тротуарная плитка и бортовые камни можно встретить повсеместно, наблюдая здания и сооружения, возведённые с их применением.

Конструкционные строительные материалы большей частью используются на территории Российской Федерации локально, ввиду нерентабельности импорта. В то же время, экспорт таких так же считается нецелесообразным из-за логистических особенностей (отношение ценности груза к его габаритам и весу). Поэтому, производство можно считать строго ориентированным на местный рынок, и выстраивать политику производства исходя исключительно из потребностей таких.

Постановление правительства Российской Федерации от 21 января 2017 г. №47 «Об иных межбюджетных трансфертах, предоставляемых бюджетам субъектов Российской Федерации на финансовое обеспечение дорожной деятельности в рамках основного мероприятия «Приоритетный проект «Безопасные и качественные дороги» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» предполагает начало массовой программы по реконструкции и восстановлению дорожных покрытий на территории большого количества регионов РФ до 2025 года. Ввиду необходимости замены значительной части дорожного полотна, требуемый темп работ заводы ЖБК, работающие по технологии литья, удовлетворить не в состоянии в большем количестве регионов. Одним из наиболее производительных способов изготовления типовых малогабаритных бетонных изделий является вибропрессование, но данная технология имеет гораздо больше технологических аспектов и сложностей в процессе производства, чем технология опалубочного литья. Поэтому, чтобы

обеспечить требуемое качество изделий без снижения темпов производства, необходимо произвести ряд модификаций не только состава бетона, но и всей технологии в целом.

Степень разработанности темы. Наиболее весомый вклад в развитие темы был внесен работами Бабкова В.В., Денисовой Ю.В., Гусевым Б.В., Сулеймановой Л.А., Трутневым Н.С.

Вместе с тем, целью исследования является совершенствование технологии производства бортовых бетонных камней методом вибропрессования.

Предметом исследования являются способы и приёмы производства бортовых бетонных камней методом вибропрессования.

Объектом исследования является бортовой бетонный камень производства строительных дорожных (ремонтных) работ.

Задачи исследования.

1. Анализ причин появления дефектов в бортовых камнях;
2. Анализ возможных путей повышения эксплуатационных качеств;
3. Подбор оптимального алгоритма работы вибропрессовальной установки;
4. Подбор режимов просушки опрессованных изделий.

Методы исследования. Анализ, синтез, прогнозирование, моделирование, эксперимент.

Научная новизна. Научная новизна будет заключаться в следующем:

1. Разработана технология последовательной опрессовки бортовых камней;
2. Произведен подбор оптимального состава бетонной смеси для бортовых камней;
3. Определены оптимальные параметры постпроизводственного хранения бортовых камней.

Практическая значимость будет заключаться в возможности дальнейшего использования и применения на практике предложенных

способов оптимизации процессов производства и состава выпускаемых изделий.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований опубликованы в научных изданиях:

- Международная конференция «САТPID 2018» (Construction and Architecture: theory and practice of industry development);
- Международное периодическое издание «Material Science Forum»;
- Периодический электронный сборник «Студенческие дни науки ТГУ – 2019».

Степень разработанности темы. Наиболее весомый вклад в развитие темы был внесен такими учеными как Бабков В.В., Денисова Ю.В., Гусев Б.В., Сулейманова Л.О., Трутнев Н.С., Мохов А.В., Чуйкин А.Е., Габитов И.А., Розенталь Н.К., Штарк И., Бернд В.

Вместе с тем, проблема является недостаточно решенной в данном направлении и вопросы совершенствование технологии производства бортовых бетонных камней методом вибропрессования к настоящему времени разработаны недостаточно полно.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка используемой литературы и заключения.

1 Анализ современных технологий, применяемых при производстве бортовых камней методом вибропрессования

1.1 Анализ строительных материалов и технологий, применяемых при вибропрессовании

Вибропрессование представляет собой способ уплотнения жесткой полусухой бетонной смеси, подвергаемой в пресс-форме разнонаправленным давлением полной обтекаемости. Если говорить о вибропрессовании, то подразумевается использование вибропрессов различной конструкции, мощности и назначения [3, 5, 25].

Бетон, согласно ГОСТ 25192-2012 – это искусственный камневидный материал, представляющий собой затвердевшую бетонную смесь. Различают следующие стадии готовности бетона: бетонная смесь, свежеложенный бетон и затвердевший бетон.

Различают различные виды бетонов в зависимости от основного назначения, применяемого вида вяжущего, структуры и условий твердения.

Бетонная смесь – это смесь нескольких компонентов - вяжущих, заполнителей, затворителей и, при необходимости, добавок до того, как она затвердела [4].

По этой причине нежелательно брать воду морскую, болотную, из случайных источников, промышленных стоков. Лучше всего использовать водопроводную воду.

В строительстве и при производстве стройматериалов важно знать и учитывать и свойства свежеприготовленной бетонной смеси, и готового бетона. Свойства бетонной смеси зависят как от свойств компонентов, так и от их соотношения и технологии приготовления смеси.

Реологические свойства бетонной смеси – характеризуют ее способность последовательно претерпевать упругие и вязкопластические деформации под действием внешних сил – пластичность (вязкость), начальная прочность (напряжение сдвига), текучесть (скорость сдвига).

Технологические свойства (удобоукладываемость, подвижность,

жесткость) [7, 14].

По этой причине вибропрессование не может использовать подвижные бетонные смеси в силу того, что сразу после завершения процесса формования (уплотнения) с изделия снимается форма, и подвижные бетонные смеси в силу своих свойств не успевают затвердеть.

Важное значение имеет качество применяемого цемента. Бетонные смеси, имеющие одинаковый состав, но приготовленные с использованием разных марок цемента, имеют различную удобоукладываемость. Как правило это объясняется различной водопотребностью цемента.

Если сравнивать пуццолановый портландцемент и шлакопортландцемент с портландцементом, видно, что они обладают большей водопотребностью, таким образом приготовленные на их основе бетонные смеси оказываются более жесткими, нежели при использовании обычного портландцемента [12].

Самым важным свойством бетона является его прочность, т. е. способность сопротивляться внешним силам не разрушаясь.

Как и природный камень, бетон лучше всего сопротивляется сжатию, поэтому за критерий прочности бетона строители принимают предел прочности бетона при сжатии. В зависимости от прочности на сжатие бетон делится на марки.

Вибропрессование полусухих (жестких) бетонных смесей дает возможность изготавливать стеновой камень следующих марок:

- М25;
- М35;
- М50;
- М75;
- М100;
- М125;
- М150;
- М200.

Тротуарных плит следующих классов:

- В22,5;
- В25;
- В30;
- В35.

Цифры в обозначении марки по прочности стеновых камней соответствуют пределу прочности бетона на сжатие, измеренному в кг/см^2 , а цифры в обозначении класса прочности тротуарных плит соответствуют пределу прочности бетона на сжатие измеренному в МПа [5].

Следующее важное свойство бетона – плотность. Плотность характеризуется величинами истинной и кажущейся плотности.

Истинная плотность – это масса единицы объема в абсолютно плотном состоянии. Истинная плотность определяется измельчением в порошок предварительно просушенного образца, последующим взвешиванием и определением объема в пикнометре.

Кажущаяся плотность (или средняя плотность) – это отношение массы образца материала к его геометрическому объему при определенной температуре и влажности. Для бетона определяется коэффициент плотности, измеряемый отношением средней (кажущейся) плотности к истинной плотности, этот коэффициент всегда будет меньше 100%.

С плотностью также связано и обратное свойство – пористость бетона. Пористость определяется отношением объема пор к общему объему материала. Проще говоря, пористость как бы дополняет плотность бетона до 100% [6].

Водостойкость – свойство бетона противостоят действию воды не разрушаясь. Чтобы определить водостойкость бетона, изготавливают два образца: один образец раздавливают на прессе в сухом виде и определяют его нормальную прочность [31, 34].

Другой предварительно погружают в воду, а после насыщения водой также разрушают на прессе. Из-за ослабления связей между частицами

прочность образца уменьшается.

Отношение прочности водонасыщенного образца к сухой прочности образца по коэффициенту размягчения материала. Для бетона должно быть больше 0,8.

Такой бетон является водостойким и может быть использован для возведения сооружений, подверженных воздействию воды – плотин, пирсов, волнорезов.

Материалы, для изготовления которых используется вибропрессование, также должны быть испытаны на водостойкость, высокую водостойкость, должны быть тротуарная плитка, бордюрный камень, чтобы они в большей степени подвергались воздействию атмосферных осадков и грунтовых вод, меньше подвергались воздействию воды, стеновые камни и другие материалы, защищенные кровлей, утеплителем или внешним защитным покрытием.

Также важны водостойкость-способность материала противостоять проникновению влаги внутрь, и, наоборот, свойство – гигроскопичность - способность материала поглощать и удерживать воду в порах.

Теплопроводность-это количественная оценка способности материала проводить тепло, другими словами, коэффициент теплопроводности характеризует способность бетона передавать через свою толщину тепловой поток, который возникает вследствие разности температур на поверхностях бетона [1, 27, 28].

Теплопроводность бетона почти в 50 раз меньше, чем у стали, но выше, чем в кирпичном здании. Относительно низкая теплопроводность делает бетон материалом с высокой огнестойкостью-бетон способен длительное время выдерживать температуру выше 1000° С. В то же время, он не подвержен разрушению и растрескиванию.

Следующее важное свойство бетона – прочность – способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без видимых признаков

разрушения и значительного снижения прочности.

Всем известно, что если вода проникает в поры камней, то, замерзая, она расширяется и тем самым разрушает даже самые прочные породы. Бетон, насыщенный водой, выдерживает многократное замораживание и размораживание. При этом она не разрушается и почти не снижает своей прочности.

Для бетона и наружных конструкций, которые подвергаются воздействию влаги, а также от перепадов температур, морозостойкость является важным определяющим фактором долговечности.

В зависимости от условий эксплуатации и климата, устанавливается Марка конструкционного материала по морозостойкости. Для производства шлакоблоков (стенового камня) программы марки F15, F25, F35, F50, для производства тротуарной плитки F100, F150, F200, F300. Цифровое значение морозостойкости класс отражает наибольшее число циклов замораживания – оттаивания, которое образцы материала выдерживают без снижения прочности на сжатие более чем на 15%, а потеря массы образцов не должна превышать 5%.

Кроме того, в связи с высокими требованиями к бетону для производства тротуарной плитки и камней (прочность на сжатие до 400 (B30), морозостойкость до F200), особыми требованиями к сырью, оборудованию, температурам, рекомендуемым для производства и хранения изделий.

Рассмотрим еще одно свойство бетона-плотность массы. Плотность бетонной массы может быть различной.

Она зависит от заполнителей, которые используются в бетоне. Заполнители (щебень, гравий, песок, отсеб и др.) занимают до 80...85% объема бетона. Наполнители придают бетону жесткую структуру, предотвращая усадку [4, 12, 13, 15].

Различные типы бетона достигнуты путем использования композитов с различными характеристиками. На этой основе бетон делится на

разновидности: тяжелый, легкий и очень простой.

Данная классификация ориентирована на массу заполнителя, используемого для изготовления бетона.

Например, бетон на природных заполнителях (гранит, известняк, доломит) имеет объемную массу 2200 – 2400 кг/м³, а его прочность достигает 60 МПа (или 600 кгс/см). Такой бетон тяжелый бетон.

В отличие от бетона на щебне из светлого камня (пемза или туф) имеет меньшую объемную массу – обычно 1600 – 1800 кг/м³ и легких бетонов. Бетон, изготовленный на основе искусственных легких пористых заполнителей из материалов, обожженных перед спеканием глины, как, например, аглопорит, шлаковая пемза, керамзит, золошлаковый гравий и др., возможно получить различный легкий бетон весом до 1800 кг / м³. Их прочность колеблется от 7,5 до 40 МПа (75 до 400 кгс/см).

Состав бетона не может быть универсальным. Как состав сплава в металлургии, конкретное образование должно быть начато заранее. Это зависит от того, какая структура бетона будет использоваться. Вибропрессованием занимаются бетонные смеси с оптимальным значением размера крошки [4, 12, 21, 28].

Для хорошей заполняемости формы матрицы, максимальный размер зерен заполнителя не должен превышать 25 – 30 % минимального размера в виде матрицы. Например, для стенового камня с минимальной высотой 25 мм максимальный размер зернового блока не должен превышать 6-8 мм.

Ранее отмечалось, что вибропрессование основано на использовании полусухих (твердых) смесей.

В то же время при выборе водоцементного соотношения важно учитывать, что смесь не должна быть слишком жесткой, чтобы после зачистки (снятия оснастки) изделия сохраняли свою форму и не крошились при дальнейшей транспортировке в зону хранения и (или) термической обработки воды.

В то же время следует избегать чрезмерной пластичности смеси. Вода

и вяжущее являются основными и активными компонентами бетона. В результате их химического взаимодействия между ними образуется новое соединение [20].

Эта смесь клея, которая обволакивает тонкий слой зерна точного и грубого композита. Со временем этот состав затвердевает и связывает их, превращая бетонную смесь в твердый монолитный камень – бетон. Результат достигается при правильном подборе компонентов смеси.

Оптимальным является гидравлический коэффициент смешивания, при котором в конце процесса прессования из зазоров между матрицей и матрицей и между матрицей и полом (поддонами) начинает появляться небольшое количество цементного молока.

Опытные операторы могут легко оценить качество смеси сильным сжатием в руке. Если при этом получается, что не крошащийся плотный комок без выступающей влаги и трения поверхности гладким металлическим предметом оказывается гладкой, глянцевой поверхностью, то количество воды подбирается правильно [1, 2, 39].

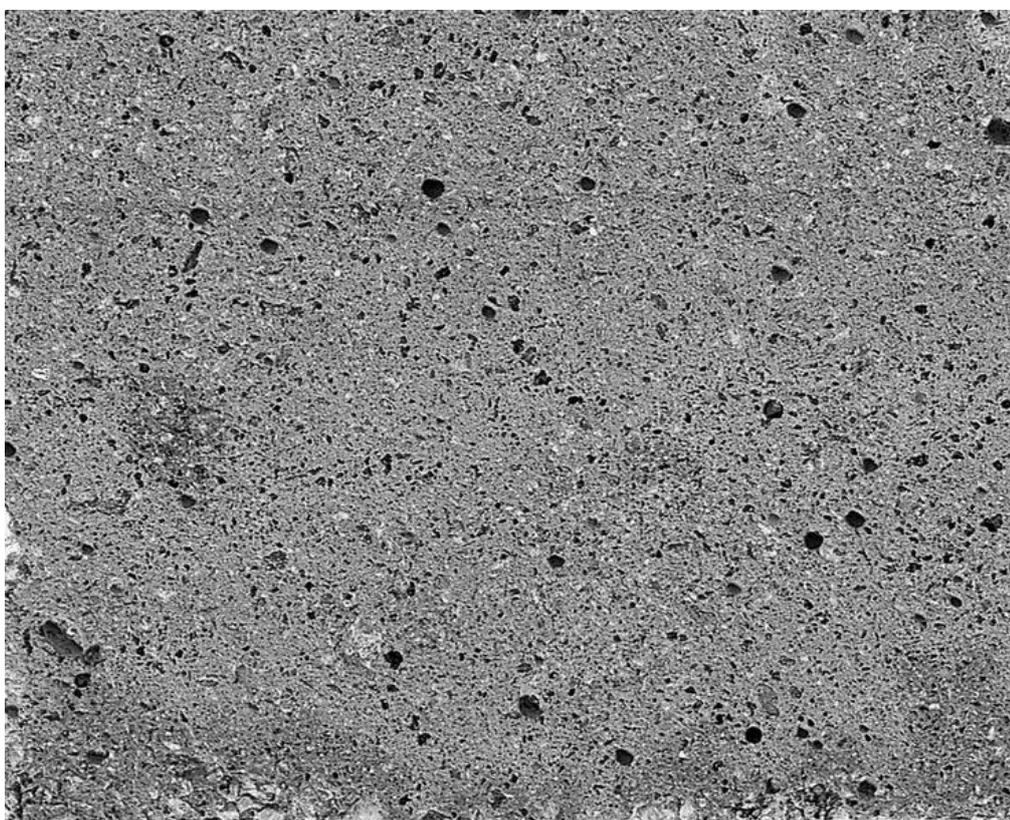


Рисунок 1.1 – Текстура нормального вибропрессованного мелкозернистого бетона класса В30

В дополнение к вышесказанному, можно отметить, что строительные материалы, которые используются в производстве сжатия вибрации, жестких бетонных смесей, имеют значительно более высокую прочность, плотность и морозостойкость, чем материалы, полученные с помощью других технологий. В настоящее время многие источники в прессе и в Интернете рекламируют технологию производства строительных материалов по методу Викори.

В частности, говорится, что вибролитье является более передовой и выгодной технологией, а полученные материалы характеризуются повышенными качественными показателями [2].

Следует отметить, что это не совсем так, и в этом вопросе есть много спорных моментов.

Современная архитектура зданий, систем и конструкций материалов, используемых для основ:

- структура каркаса (колонны, балки, плитки, покрытия, теплоизоляция, включая стены, сборные изделия);
- большие панели, жилое здание (стеновые панели, несущие сооружения, полые основные плитки);
- монолитные здания (бетон, подвижная или несъемная опалубка, облицовка, стеновые материалы, изоляционные сложенные);
- кирпичное и мелководное строительство здания (стены сборные изделия);
- здания деревянного дома (бревна или деревянные, в последние годы более, профиль, дерево).

В этой теме мы будем уделять больше внимания радиальному прессу и производству полых потолочных плит для непрерывного литья, бетонных и железобетонных колец и небольших бетонных изделий [4, 7, 11, 12, 16, 26].

Поскольку бетон является самым популярным строительным

материалом, ни одна строительная площадка в мире не может обойтись без него.

В настоящее время рама широко используется. также обратите внимание на технологии производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций, требующих широкого спектра бетона.

В то же время он должен обладать определенными стабильными свойствами и высоким качеством в зависимости от точности дозировки, состава и качества всех ингредиентов и тяжести смеси.

Бетоносмесители - это технологический набор устройств, предназначенный для доставки всего рабочего цикла по дозирующим материалам, смеси и готовой смеси.

Бетонные изделия с бетоном и конструкциями разных марок по назначению различают установку бетономешалок для обеспечения производства готовых бетонов, используемых в монолитной конструкции каркаса.

В соответствии с принципом работы смешивающего устройства на разных устройствах в пакетах и непрерывных смесителях.

Непрерывные смесители используются, где высокая производительность важна, все компоненты бетона имеют строгие требования к точности дозирования и не нуждаются в различных видах бетона.

Бетонные смеси на заводах обычно используют бетоносмесители, которые обеспечивают быструю смену состава бетона и чрезвычайно точную дозировку всех компонентов бетона, что необходимо для получения высококачественных бетонных изделий.

По методу переселения на месте различают заводы и фиксированные бетонные заводы [6, 10, 19, 30].

Они имеют более низкую производительность, чем другие на сайте и могут быть использованы для временного использования конкретной смеси (дома, дороги и т.д.). Они находятся в непосредственной близости

(строительство). Завод находится на заводах по производству бетонных изделий.

Он поставляется с конкретными мельницами и может производить готовый бетон для строительства различных зданий и сооружений. Как правило, это бета-растения, готовые к смешиванию.

Иногда они расположены рядом с местом, где сырье для производства конкретной смеси (гравий или песок). Эффективность стационарных электростанций намного выше, чем эффективность стационарных электростанций на заводах и заводах.

Изготовленные виды бетона также более обширны.

Основным процессом может быть один или двойной партер в зависимости от положения и расположения блоков оборудования. Одна схема (вертикальная) выполняется в одном увеличении всех компонентов в бетонной смеси [1, 8, 32].

Дальнейшее движение и смешивание сырья происходит под влиянием собственного веса. Компоненты постепенно втягиваются в лотки, батареи и бетономешалки, где готовая бетонная смесь проигрывает в будущем.

В результате готовая смесь будет использоваться для дозирования, смешивания и разгрузки автомобилей (бетонных грузовиков, самоходного мусора и т.д.) [17].

Особенности этого размещения: площадь здания меньше, чем два кредитора и относительно большой высоты здания.

Эти бетонные заводы часто встречаются на заводах по производству бетонных изделий и зданий, построенных в XX веке.

Вертикальная система устарела, так как подача сырья-трудное событие на более высоком уровне, поэтому разрабатываются разные, более современные, две схемы для изготовления бетонных смесей.

Биполярная схема обеспечивает тройное удаление биполярных или в некоторых случаях материалов.

Эти устройства, как правило, сузились тип инвентаря. Двухступенчатая

регулировка оборудования с сырьем, полученного на складе, сначала на полках, а затем дважды в бетонном блоке смешивания [41].

После дозирования питательные компоненты могут быть реализованы ленточный конвейер, самоходные контейнеры для мусора или прыжки лифты.

Этот макет увеличивает количество механизмов, строительных поверхностей, объема строительства и сборки работы.

Но из-за отсутствия высотных конструкций строительные и монтажные работы легче и дешевле.

Из-за высокой механизации и автоматизации производственных процессов производительность этих устройств выше, чем одно устройство.

С ростом цен на энергоносители, проблема рационального использования строительных материалов и стоимость производства стала резкой [7].

Следует иметь в виду, что в настоящее время увеличивается коттеджное и индивидуальное строительство.

Для этого необходимо провести и реконструировать заводы сборного железобетона.

Известно, что в СНГ и за рубежом существует оборудование для формования различных строительных изделий (вибрационное, без изгиба).

При изготовлении изделий реализуется оптимальный расход изделий в результате рационального опорожнения изделий, использования светопрозрачной смеси с минимальным водометным соотношением, что позволяет максимально увеличить теплоизоляцию твердого вещества (как правило, на термообработку расходуется тепло) и получить высокие физико-механические свойства готовых изделий.

Вибробетон состоит в основном из песка и заполнителя (гравий, часть до 5 мм), цемента и воды.

Для получения готовой продукции нет необходимости создавать дорогостоящие производственные линии, а также при обжиге кирпича или

обработке острым паром железобетона.

Все происходит в естественных условиях, и это существенно влияет на стоимость.

Если говорить о возможностях новых материалов, стоит отметить, что новая технология открывает огромные, практически безграничные возможности для архитекторов и дизайнеров.

Сегодня одним из основных способов формования бетонных изделий является вибрация, суть которой заключается в уплотнении бетонной смеси под действием вибрации и давления [15].

Этот метод главным образом использован для продукции небольших частей конкретных продуктов.

В производстве радиальных бетонных изделий хорошо проявляется метод балочного выдавливания, который позволяет формировать радиальные изделия с закрытыми формами с низким соотношением цементной воды, что позволяет получить высокое качество готового изделия.

Керамические трубы, дорожные металлы подвержены коррозии, пластиковые трубы также дороги и их эксплуатационные свойства до конца не изучены.

Лучшим решением многие специалисты считают бетонные и железобетонные трубы и кольца, изготовленные методом балочной экструзии.

Легкость и высокая производительность изготовления оборудования вытекают из конкуренции бетонных коллекторов за дренаж и фекальные утечки (по стоимости и надежности оборудования).

Железобетонные изделия прочны, морозостойки, долговечны и подходят для легкого монтажа и укладки сжатием (например, под дорожный плакат).

При соединении швов используются акканки или резиновые кольца. В зависимости от назначения изготавливают трубы и кольца безналичными и под давлением (армированные) [4, 5, 15, 21].

При этом необходимо учитывать, что железобетонные трубы и кольца репрессированных предназначены для давления не выше 4 атмосфер.

В то же время большое внимание уделяется применению комплексных химических добавок и суперпластификаторов, внедрению передовых методов термообработки бетона, повышению эффективности производства и улучшению качества труб.

Для монтажа ограждающих конструкций из двухэтажных каркасных покрытий и за рубежом все чаще применяются плитные технологии без заземления.

Использование этой технологии стало возможным благодаря достижениям современной науки в конкретной науке, в частности, за счет изменения сочетания материалов и бетонных смесей различных типов модификаторов, использование высокотехнологичных методов формирования продуктов, а также влияния этих операций на цементном тесте и структурное формирование бетонной смеси [14, 29, 33, 43].

Актуальность внедрения технологических линий несъемной плитки пустынного пола определяется их инновационной и инвестиционной привлекательностью, меньшими затратами на производство единицы продукции, необходимыми размерами и свойствами по сравнению с устаревшими технологиями (потоковая, стендовая и др.)

Кардинальные отличия современной технологии непревзойденной рекультивации продукции от низкоэффективной традиционной продукции определяют конкурентоспособность и возрастающие из года в год объемы ее внедрения на предприятиях, производящих железобетонные изделия.

Ранее в Советском Союзе такие продукты чаще производились по гидроэлектрической проточной технологии, а в Европе линейные продукты производились путем непрерывного удаления грунта.

1.2 Анализ дефектов, наиболее часто встречающихся на вибропрессованных изделиях в ходе эксплуатации

Дефекты бортового камня, произведенного методом вибропрессования можно подразделить на три следующие группы: производственные, монтажные и эксплуатационные, каждая из которых была выявлена на соответствующем этапе или при проведении экспертизы в лабораторных условиях [14, 15, 37,39].

1. Производственные дефекты

Данная категория неисправностей возникает на этапе производства, непосредственно в момент опрессовки, транспортировки на формовочном поддоне или сушке (пропаривания) изделий [41, 43].

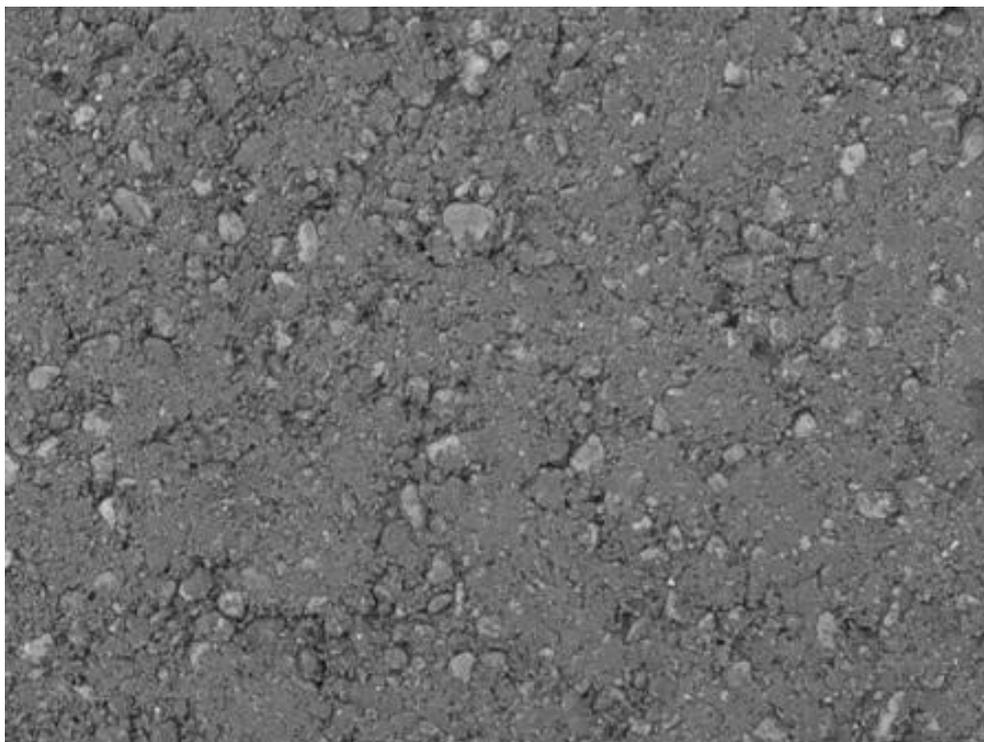


Рисунок 1.2 – Дефект поверхностной структуры изделия

Выделяют следующие виды производственных дефектов:

- разновеликие размеры изделий на одном поддоне
- неравномерная плотность изделия
- поверхностные раковины
- нарушение поверхностной структуры

- разрушение отформованных изделий
- нарушение геометрии
- осадка отформованных изделий

2. Монтажные дефекты

Данная категория неисправностей возникает на этапе установки бортового камня в технологическое основание (монтаж в проектное положение). Выделяют следующие виды дефектов:

- скол
- волосяная трещина

3. Эксплуатационные дефекты

Данная категория неисправностей возникает на этапе эксплуатации, при нарушении технологий обработки или очистки камня, а также при воздействии ненормативных перегрузок. Выделяют следующие виды дефектов:

- скол
- сквозная трещина
- коррозия лицевой поверхности
- волосяные трещины на поверхности

Уже неоднократно указывалось, что в правке и сверке требований нуждается весь «комплект» стандартов, связанных с бетонами, начиная с цементов, заполнителей через весь производственный цикл и завершая испытаниями бетонов и методами оценки качества бетона в конструкциях.



Рисунок 1.3 – Монтажный дефект уровня

Актуализация одного отдельно взятого стандарта проблему не решает, а скорее усугубляет, так как многие положения и требования не стыкуются в разных документах.

Как пример: ГОСТ 26633 предусматривает использование крупного заполнителя до 150 мм и даже более того, но ГОСТ 10181 предусматривает испытания бетонных смесей с размером заполнителей до 40 мм (кроме определения плотности, где заполнитель может быть до 70 мм). Как испытывать и оценивать смеси с заполнителями большего размера, скромно умалчивается в обоих стандартах [31].

ГОСТ 26633 предписывает приемку бетона производить для каждой партии бетона по ГОСТ 18105, который сам нуждается в полной переработке. Вполне допускаю, что в основополагающем для бетонов стандарте 26633 было бы необходимо уточнить понятие «партия бетона», которое является основой оценки качества и которое крайне запутано в ГОСТ 18105.

И таких примеров – множество. В полном соответствии с указанными в ГОСТ 26633 (п. 3.2) положениями к бетонам тяжелым вполне могут быть отнесены самоуплотняющиеся бетоны (СУБ), особо жесткие укатываемые

бетоны и бентонито-цементные бетоны (если рассматривать бентонит как минеральную добавку к цементному вяжущему).

Все эти бетоны уже достаточно широко применяются в строительстве на территории России, но ни на один из них нет руководящих нормативных документов.

Как следствие, на каждом объекте возникают проблемы: а как же оценивать качество и бетонных смесей, и самих бетонов? Во всяком случае, у автора такие проблемы возникали на следующих объектах:

- СУБ – защитная оболочка реактора Нововоронежской АЭС и водоводы Загорской ГАЭС;
- особо жёсткие укатываемые бетоны – бетонная плотина высотой около 140 м Бурейской ГЭС (~800 тыс. м³ ОЖБС);
- бентонито-цементные бетоны – конструкции типа «стена в грунте» на Курейской и Нижне-Бурейской ГЭС.

А ведь это все сооружения первого класса капитальности [2, 3, 11, 34, 52, 53, 54].

Было бы неплохо в основополагающем стандарте на бетоны указать и эти виды тяжелых бетонов.

И хотя бы до разработки отдельных норм на них указать, что методы испытаний и оценка качества в таких ситуациях проводятся по специально разработанной проектной организацией методике. Она должна быть согласована с заказчиком, подрядчиком и утверждена главным инженером проекта и заказчиком [34].

К сожалению, этого нет, и начальник строительной лаборатории на площадке попадает в очень «интересную» ситуацию.

Он должен организовать контроль, а как – никто не знает. И что бы ни сделал начальник ЦСЛ, он всегда будет неправ: или у ГИПа, или у заказчика.

Нельзя согласиться и с проблемой подбора составов бетона для ответственных сооружений I, II, а может быть, и III классов капитальности, так как она представлена в стандарте.

Именно подбор составов бетона для сооружений классов КС-2 и КС-3 осуществляется в лабораториях, соответствующих требованиям ГОСТ ИСО/МЭК-17025, но время подбора не указано, а обосновывающие исследования требуются только при применении материалов, если их качество в чем-то не соответствует требованиям «настоящего стандарта».

Реально к бетонам для ответственных сооружений предъявляются кроме прочности, водонепроницаемости и морозостойкости требования по усадке, ползучести, трещиностойкости, тепловыделению, истиранию и т.д.

Здесь надо помнить, что эти характеристики зависят от примененных в составе бетона материалов и могут существенно отличаться от усредненных, приведенных в справочниках величин.

А для таких бетонов, как СУБ, ОЭБС и бентонито-цементных, – их нет и в справочниках. Из этого вытекает следующее [6, 17, 33].

Для ответственных сооружений подбор основных классов бетонов должен быть проведен на стадии проектирования сооружения, при этом должны быть проверены и выбраны наиболее выгодные экономически и гарантирующие качество сооружения цементные заводы, карьеры заполнителей, добавки и т.д.

Должны быть определены реальные технические характеристики бетонов (в том числе деформативные, ползучесть, усадка, трещиностойкость), которые и должны быть применены в расчетах сооружения.

Специалисты понимают, что на такую работу, особенно при проектном возрасте бетона 180-365 суток, что характерно для гидротехники, требуется длительное время.

Задание на подбор бетона должен быть выполнен проектной организацией. Подобранные составы бетона выдаются в производство вместе с «Регламентом» или ТУ на укладку бетона в сооружения [2, 4].

Естественно, что при проверке составов на объекте вполне возможна, даже скорее неизбежна их некоторая незначительная корректировка, но

главные обосновывающие исследования цементов, материалов уже выполнены, и незначительные изменения в составе не приведут к существенным изменениям параметров бетона.

В этом случае можно быть уверенным в том, что составы подобраны правильно.

Если это не указать в тексте, а оставить имеющуюся формулировку, то подбор составов бетона автоматически попадает в лабораторию подрядчика в то время, когда уже необходимо укладывать бетон в сооружение (так уж организован у нас выбор подрядчиков, иногда график укладки начинается раньше, чем подписан договор на работу).

Доверять же подбор составов бетонов для сооружений I-II классов рядовой заводской лаборатории слишком рискованно [7, 8, 10, 12, 13, 19].

Последствия могут быть очень серьезными.

Несмотря на неоднократные обсуждения в тексте стандарта по-прежнему ряды классов по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости представлены совершенно независимыми рядами.

В то же время не является секретом, что прочности, водонепроницаемость и морозостойкость в обычно применяемых составах бетонов достаточно жестко увязаны с величиной водоцементного отношения и между собой.

Это на вполне законном основании позволяет проектировщикам закладывать в проект совершенно «дикие», не соответствующие друг другу характеристики по прочности на сжатие и растяжение, водонепроницаемости и морозостойкости.

Так, например, автору пришлось встречаться с такими классами бетона, как В7,5 F1200 и В15 W6 F1400, хотя специалистам ясно, что для F1200 необходимо иметь как минимум В25, а для F1400 – В30-В40.

Соответственно, так и вынужден поступать подрядчик, выдавать бетон более высокого класса по прочности, чтобы обеспечить заданную водонепроницаемость и морозостойкость [11].

Вот только в сметах в цене на 1 м³ бетона главную роль играет прочность, а коэффициенты, повышающие цены, на основании требований по морозостойкости и водонепроницаемости, не учитываются.

Как следствие, подрядчик несет убыток, выдавая бетон В30-В40 и получая оплату за В15, а начальник лаборатории периодически объясняется перед разными «контролерами» за «недопустимое», по их мнению, завышение проектных классов бетона.

На мой взгляд, таблица взаимосвязи В/Ц, класса по прочности на сжатие, уровня водонепроницаемости и морозостойкости должна быть представлена в тексте стандарта хотя бы в виде рекомендаций.

О крупном заполнителе. Представляется, что было бы неплохо представить в тексте табличку с рекомендациями о требуемой минимальной прочности заполнителя в зависимости от класса бетона.

Это позволило бы снять много лишних забот и объяснений от начальников производственных лабораторий и расширило бы круг допустимых материалов.

В то же время приведенная в тексте рекомендация о возможности применения щебня из дробленого бетона в бетонах классов до В35 представляется излишне оптимистичной и рискованной [18, 21, 35, 36, 37, 38, 39, 40].

Представляется более уместным ограничение до класса В20, не более. Или же исключить из текста этот пункт.

О том, что качество цементов согласно последним принятым стандартам совершенно не соответствует требованиям, предъявляемым к бетонам, говорилось уже достаточно много, но реальных изменений пока все равно нет.

Здесь же хотелось только указать, что наши самые большие плотины строились на портландцементе, у которых содержание С3S рекомендовалось не более 50%.

Тем не менее при укладке бетонов в массивные блоки потребовались

колоссальные затраты средств и труда на борьбу с трещинообразованием из-за разогрева блоков при гидратации цемента.

Поэтому рекомендовать применять цементы с содержанием C3S до 60% – все равно что рекомендовать увеличить непроизводительные затраты как минимум еще на 20-25%.

1.3 Анализ причин появления производственных дефектов

Производственные дефекты следует подразделять на четыре главных группы ввиду дифференцированной природы их появления. Нижеописанные составляющие могут являться причиной дефектов, описанных в пункте 1.2 настоящей главы.

1 группа (геометрическая составляющая):

- Гидравлическая система не обеспечивает требуемый давление на бетонную смесь;
- Выработка втулок направляющих колонн вибропресса, вследствие чего пуансонная часть имеет степень свободы в вертикальной плоскости;
- Неплоскостность элементов: верхней опорной плиты вибропресса, короба вибропригруза, пуансонной части пресс-формы, вибростола;
- Вибраторы вибростола работают несинхронно;
- На технологическом поддоне присутствуют посторонние предметы, вследствие чего матрица неплотно лежит на поддоне;
- Износ резиновых амортизаторов вибростола.

Вторая группа (структурная составляющая):

- Неправильно подобранно время вибродозирования бетонной смеси;
- Недостаточная влажность бетонной смеси;
- Гидравлическая система не обеспечивает требуемое давление на бетонную смесь;
- Неправильно подобраны параметры вибрации вибростола;
- Изношенные технологические поддоны неэффективно передают вибрацию;

- Вибраторы вибростола работают несинхронно;
 - Износ резиновых амортизаторов вибростола.
- Третья группа (дефекты поверхности):
- Избыточная влажность бетонной смеси;
 - Щетка для автоматической очистки пуансонов в процессе работы изношена и не производит эффективную чистку;
 - На пуансонах имеются заусенцев, образовавшиеся в результате попадания в пресс форму постороннего твёрдого тела.
- Четвёртая группа (деструктивная группа) [13, 26, 27, 42]:
- Образование обратного распалубочного уклона в матрице;
 - Износ технологических поддонов (потеря жёсткости полотна поддона) в процессе эксплуатации;
 - Существует ударное воздействия при транспортировании поддонов с отформованными изделиями к месту набора прочности;
 - Воздействие остаточной вибрации на распалубленные изделия;
 - Ход матрицы при подъеме не строго вертикальный из-за недостаточной жёсткости крепления.
 - Недостаточная формовочная прочностная характеристика изделия вследствие неправильно подобранного состава бетонной смеси [4, 5, 8, 11, 12, 28, 36, 38, 41].

2 Теоретические принципы разработки оптимального состава и технологии изготовления модифицированных бортовых камней

2.1 Теоретические исследования используемых химических компонентов, позволяющих снизить процент брака при производстве

Современную технологию бетона уже невозможно представить без применения химических добавок, особенно это относится к таким концепциям (материалам), как НРС (бетоны с высокими эксплуатационными свойствами), SCC (самоуплотняющиеся бетоны), RPC (бетоны из реакционно - способных порошков) и др.

Во всех случаях (не только в вышеперечисленных) основой, главным действующим компонентом добавок являются органические вещества полимерной природы.

С точки зрения химии все эти органические компоненты являются ПАВ (поверхностно-активными веществами), которые могут проявлять свою активность на границе раздела жидкость/газ (воздухововлекающие добавки), на границе раздела жидкость/твердое тело (диспергирующие – пластифицирующие добавки) или на обеих границах одновременно.

Термин upgrade, вошедший в обиход с развитием IT-технологий, означает «модернизация, совершенствование, улучшение, развитие» [11].

Так как можно достичь совершенствования существующих добавок, если все типы ПАВ хорошо и давно известны? Ведь последний скачок в качественном развитии произошел в уже далеких 1980-х годах, когда в практику были введены поликарбоксилатные суперпластификаторы.

Остается одно: тонкая настройка того, что называют коллоидно-химическими свойствами. Ведь эффективность любой химической добавки определяется механизмом ее взаимодействия с продуктами гидратации портландцемента (как находящимися в жидкой фазе – в поровой жидкости, так и выделившимися в виде твердой фазы новообразованиями). Исходя из

общего принципа взаимосвязи «структура-свойства», можно полагать, что за счет изменения химического строения добавок мы сможем влиять на скорость и значения их равновесной адсорбции, на конкурентоспособность в процессе адсорбции и селективность воздействия на клинкерные минералы (не секрет, что существуют вещества, селективно растворяющие силикатные или алюминатные фазы), на способность к хелатированию катионов, на растворимость добавок (или их Са-солей) в поровой жидкости и т.д.

Иными словами, за счет изменения химического строения ПАВ можно в заметных масштабах изменять и эффективность добавок. Классические примеры: изменение частоты прививки боковых цепей в поликарбоксилатах (при прочих равных условиях) определяет их адсорбцию и предпочтительность использования в сборном или товарном бетоне.

Использование синтетических сульфонатных ПАВ вместо традиционных солей карбоновых кислот (например, производных абиетиновой) позволяет в несколько раз снизить дозировку добавки при обеспечении аналогичных или лучших характеристик микроструктуры вовлеченного воздуха.

В качестве конкретных примеров можно рассмотреть ряд добавок, усовершенствованных недавно компанией «Полипласт». Линамикс ПК – добавка, формально известная с 2008 г., однако ввиду возросшего в последние годы интереса к добавкам на поликарбоксилатной основе и появления на рынке высокоэффективных аналогов иностранных компаний, потребовавшая усиления технических эффектов [12].

На данном этапе развития считается установленным, что именно молекулярная структура поликарбоксилатов (в первую очередь плотность анионного заряда макромолекулы, частота и упорядоченность прививки боковых цепей и их длина) определяют не только начальную пластификацию бетонной смеси и сохраняемость подвижности, но и устойчивость технического эффекта вне зависимости от состава цемента и свойств заполнителей (например, содержания и типа глины).

Иное дело, что пока не существует решения априори, и даже направленно модифицированные поликарбоксилатные полимеры должны выбираться в соответствии с применяемыми материалами.

Проведенный нами целенаправленный отбор позволил определить ряд поликарбоксилатов, малочувствительных к изменениям свойств материалов на бетонных заводах, характеризующихся низкими рабочими дозировками и обеспечивающих длительную сохраняемость подвижности товарных бетонов и высокие прочностные характеристики.

Такой усовершенствованный состав Линамикс ПК оказался вполне конкурентоспособным с аналогичными добавками известных западных компаний, что позволило нам успешно внедрить его на многих крупных предприятиях строительной области.

Среди них можно отметить московские компании «СК Стройбетон», «Стройпаритет», «Стройнеруд», «РенСтройдеталь», работающие в ЮФО «Дорожную строительную компанию», «Версаль», «Тоннельдорстрой» и др. Проведенная специалистами НИЦ «Тоннели и метрополитены» проверка в полевых условиях подтвердила высокую техническую эффективность усовершенствованного состава добавки, что послужило основанием для включения ее в «Регламенты» [7, 24, 25].

В результате Линамикс ПК широко использовался при строительстве тоннелей и дорожной инфраструктуры к зимним Олимпийским играм в Сочи.

Несмотря на используемые в ряде составов высокие расходы цемента (до 470-480 кг/м³) и высокие региональные летние температуры добавка в дозировке 0,6-0,8% по товарному продукту стабильно обеспечивала сохраняемость подвижности 3 часа и более.

Имеется также практический опыт применения Линамикс ПК при устройстве бетонных покрытий дорог с использованием бетоноукладчиков фирмы GOMACO и TEREX (как правило, использовался бетон В30 П1 F200 W8 с требованиями по сохраняемости от 2 до 3 часов). Высокая

водоредуцирующая способность поликарбоксилатов в составе Линамикс ПК позволяет получать требуемые классы по прочности при достаточно низких расходах цемента: 310-320 кг/м³ для В25 П4, 350-360 кг/м³ для В30 П4, 380-390 кг/м³ для В35 П4 и т.д. Полипласт П-1 появился в товарной линейке компании еще раньше.

Созданная на основе ЛСТ эта добавка изначально позиционировалась как недорогая пластифицирующая добавка для бетонов низких и средних классов по прочности.

Практика показала, что эффективность добавки слабо зависит от состава и качества применяемых материалов; ее можно было использовать в бетонных смесях и на ПГС, и на запыленных заполнителях, и с мелкими песками.

Рекомендованная дозировка (1-1,2% по товарному веществу) при невысокой стоимости казалась вполне приемлемой для потребителей.

Однако по мере усиления конкуренции среди подобных добавок стало желательным усиление эффективности «старого» состава Полипласт П-1.

Каким образом можно добиться желаемого результата? Смешением с поликарбоксилатами? Да, эти компоненты легко совместимы и в целом не антагонистичны, что было показано еще в 1997 г.

Однако рабочие дозировки лигносульфонатов и поликарбоксилатов сопоставимы, а по своим коллоидно-химическим характеристикам первоначально предпочтительно адсорбироваться будут именно ЛСТ.

Поэтому для таких комплексов можно ожидать разве некоторого улучшения прочностных характеристик, но никак не снижения оптимальных дозировок.

Да и стоимость таких добавок существенно возрастает. Для решения проблемы мы воспользовались подходом, примененным ранее при разработке нового поколения высокоэффективных противоморозных добавок.

Введение в состав пластификатора незначительных количеств

«усилителя» позволило снизить рабочие дозировки Полипласт П-1 до 0,8-0,9% по товарному веществу без потери эффективности по пластификации и без снижения прочностных характеристик. В прошлый сезон усовершенствованная добавка широко использовалась на многих известных предприятиях («Евробетон», «Элгид Бетон», «Атлант», «Партнер», «Регионтехстрой» и др.), причем с использованием пластификатора выпускали бетоны класса прочности до В30 включительно при весьма невысоких расходах цемента.

Но не всегда развитие может быть сведено к усилению существующего «старого» состава, иногда совершенствование требует принципиальной замены основного действующего компонента.

К примеру, в товарной линейке компании «Полипласт» существовала добавка для экструзионной технологии (для линий безопалубочного формования) Полипласт БФ, механизм действия которой основан на так называемом «эффекте подшипников».

Казалось бы, тот же механизм используется и при вибропрессовании, однако эффективность добавки в данной технологии оказалась недостаточно высокой. Обеспечение эффективного уплотнения требовало применения ПАВ с иными характеристиками вовлекаемого воздуха, соответственно, понадобилась замена воздухововлекающего компонента на соединение с иной структурой.

Разработанная добавка Вибропласт успешно прошла опытно-промышленные испытания на предприятиях Ленинградской, Воронежской, Краснодарской, Красноярской, Свердловской и Тульской областей при изготовлении широкой номенклатуры изделий (однослойной и двухслойной тротуарной плитки, бордюрных камней, пустотных стеновых блоков, колодезных колец) [3, 9, 21, 22, 26].

Промышленные формовки показали, что добавка:

- повышает плотность и однородность структуры отформованных изделий, прочность готовой продукции;

- повышает удобоукладываемость бетонной смеси;
- снижает налипание бетона на штамп;
- улучшает внешний вид изделий (качество лицевой поверхности);
- предотвращает растрескивание изделий под действием вибрации (что особенно заметно на тонкостенных изделиях).

По аналогичному пути (новая добавка взамен существующей) создавалась и добавка для строительных растворов. Формально ГОСТ 24211-2008 ставит знак равенства между добавками для бетонов и растворов, но на деле, например, эффективные в бетонных смесях суперпластификаторы, как правило, не способны обеспечить весь комплекс требований практики (воздухововлечение, сохраняемость, нерасслаиваемость и т.д.).

Поэтому в товарной линейке всех серьезных компаний присутствуют специализированные добавки для растворов. Разработанная для кладочных и штукатурных растворов добавка Полипласт Р имеет многолетний опыт успешного применения.

Помимо перечисленных выше стандартных характеристик (высокого и стабильного воздухововлечения, обеспечения нерасслаиваемости (отсутствия водоотделения) и требуемой прочности) Полипласт Р обеспечивает также неплохую сохраняемость подвижности растворных смесей (до 6-8 час. в нормальных условиях).

Однако такой показатель не всегда удовлетворяет реальные запросы производства, особенно при хранении незащищенного раствора в условиях жаркой и сухой погоды, при воздействии ветра, прямых солнечных лучей и т.д.

Приходится слышать самые различные пожелания по сохраняемости удобоукладываемости: сутки при «нормальных условиях», часов 12 «вне зависимости от погоды» и т.д.

Специалистам хорошо известно, что не все традиционные замедлители оказываются эффективными для всей гаммы российских цементов [43].

Для части экспериментов и получения поверхностного вывода

несвязных солей была применена экспериментальная установка выщелачивания для испытания бетонных изделий (образцов с максимальными габаритами 150x250x70 мм).

Изобретение относится к области испытаний строительных изделий. Установка содержит корпус изделия, который представляет собой параллелепипед без верхней грани, на двух боковых параллельных гранях которого расположены вентиляционные отверстия, и крышки, которая имеет три отверстия, над которыми смонтированы нагнетающие воздух вентиляторы, контроллер и преобразователь питания, а также, с внутренней стороны – фокусирующие воздушный поток вентиляторов тубы.

В корпус установки помещается бетонное изделие, после чего, корпус наполняется дистиллированной, или очищенной посредством системы обратного осмоса водой высоты бетонного изделия.

Нагнетаемый вентиляторами воздушный поток на плоскость бетонного изделия за определенный промежуток времени испаряет воду, проходящую инфильтрацию и выводимую на верхнюю поверхность изделия посредством капиллярного подсоса.

Регулирую количество испаряемой воды, габариты испытуемого изделия, площадь воздействия воздушным потоком и длительность испытаний, возможно в короткие сроки получить качественную реакцию изделия на сопротивление выщелачиванию (высолообразованию) аналогично длительным периодам испытаний в естественных условиях.

Проведение данных испытаний позволят значительно сократить время на подготовку и корректировку состава бетонной смеси для изделий, параметр сопротивления выщелачиванию которых особо важен; к примеру – декоративные изделия.

Изобретение относится к области испытаний строительных изделий, а более конкретно – к испытаниям на стойкость к воздействию агрессивных факторов окружающей среды, и может быть использовано при проведении испытаний на производстве декоративных бетонных элементов (к примеру:

тротуарная плитка, облицовочный камень, бортовой тротуарный камень).

Задачами, на решение которых направлено заявляемое изобретение, является проведение испытаний за короткий срок, без использования дорогостоящего оборудования, и предельно близко по результату к естественным испытаниям. Решается проблема большого количества времени и человеческого труда.

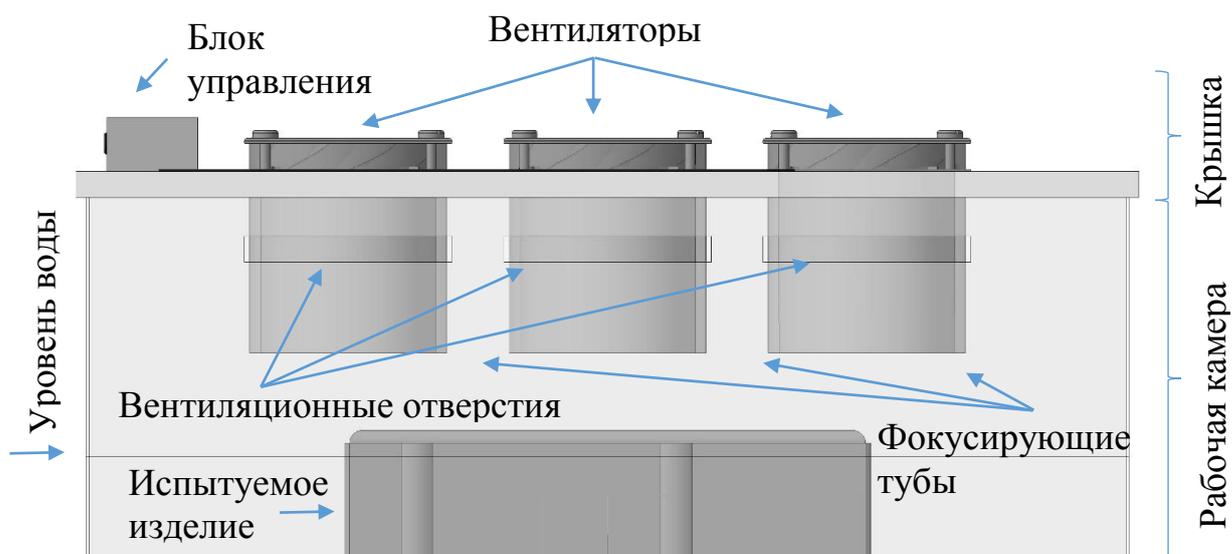


Рисунок 2.1 – Элементы изобретения

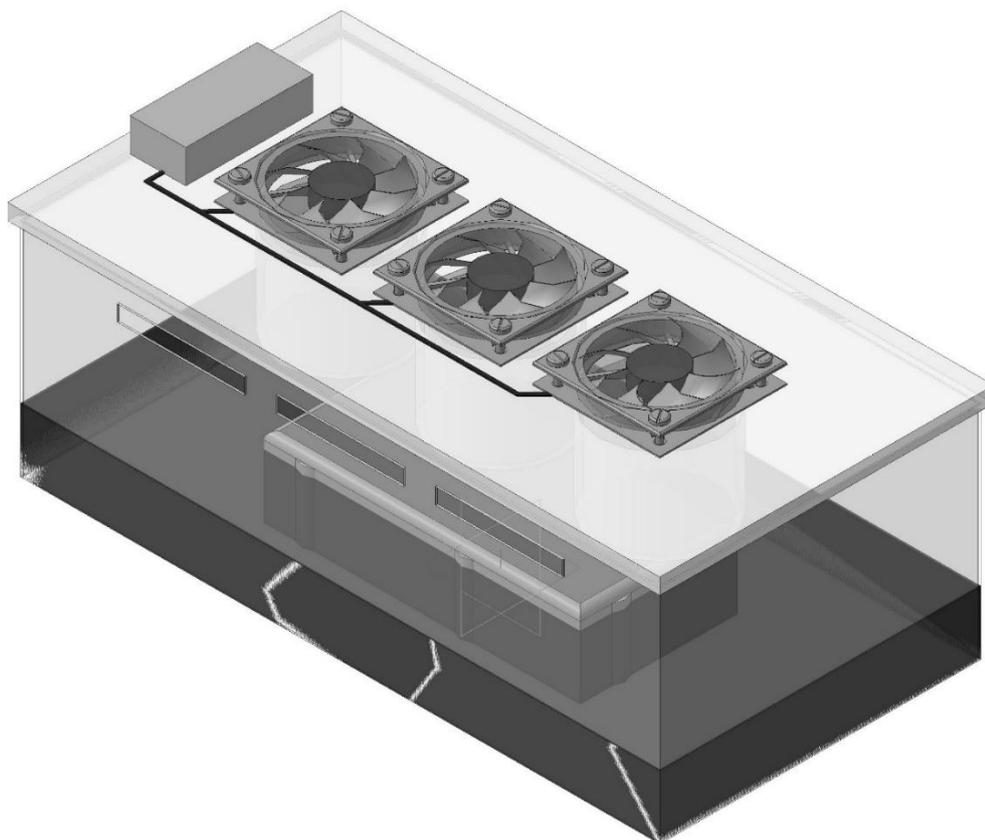


Рисунок 2.2 – Аксонометрический вид

Задачами, на решение которых направлено заявляемое изобретение, является проведение испытаний за короткий срок, без использования дорогостоящего оборудования, и предельно близко по результату к естественным испытаниям. Решается проблема большого количества времени и человеческого труда.

Бетонное изделие помещается в рабочую камеру, после чего, камера должна быть наполнена дистиллированной, или очищенной посредством системы обратного осмоса водой на $2/3 - 4/5$ высоты бетонного изделия.

После этого – крышка закрывается, и система подключается к источнику питания. В блоке управления расположен специальный контроллер, регулирующий в автоматическом режиме скорость вращения вентиляторов, которая варьируется от плотности нагнетаемого воздуха.

При корректировке оборотов вентиляторов также измеряется температура окружающей среды, позволяющая определить влажность воздуха на входе.

В зависимости от заданных параметров и настройки системы, а также времени эквивалентных испытаний, тестирование может проводиться в срок от 2-3 дней до одной недели.

Предложенный способ является промышленно-осуществимым, обладает высокой технологичностью и позволяет получить высококачественное изделие с монолитной стойкой поверхностью, сохраняющее не только внешний вид, но и прочностные характеристики неизменными на протяжении долгого времени.

Способ обладает также новизной и изобретательским уровнем, т.е. отвечает всем условиям патентоспособности.

Таким образом, применение заявленного изобретения позволяет испытывать образцы за очень короткий срок, что в свою очередь повышает скорость оптимизации составов, и позволяет вывести качественный конкурентный продукт на рынок за короткий срок.

2.2 Определение оптимального состава смеси ингредиентов для изготовления бортовых камней

Исследовав замедлители разного механизма действия на основании оценки их влияния на реологические характеристики (подвижность, связность) растворов, кинетику структурообразования и твердения, мы предложили новую добавку для кладочных и штукатурных растворов с повышенной сохраняемостью под названием Линамикс Р.

Проведенные в лаборатории НТЦ испытания показали, что добавка малочувствительна к химико-минералогическому составу цементов и эффективно работает при различных расходах цемента и исходной подвижности раствора.

При умеренных дозировках добавки (0,4% по товарному продукту) для растворов на изученных материалах изменение погружения конуса за 3 часа составило от 2 до 19 мм максимум, т.е. составы, по существу, продолжали оставаться в той же категории по подвижности.

При увеличении дозировки до 0,9% сохраняемость существенно повышается, при отсутствии испарения или отвода жидкой фазы через пористое основание растворы даже через 24 часа сохраняют приемлемую удобоукладываемость (~8 см).

Важно подчеркнуть, что в случае нанесения раствора с Линамикс Р на впитывающее влагу основание (бетон, кирпич и т.д.) даже при использовании высоких дозировок добавки на следующий день достигается способность воспринимать внешнюю нагрузку.

При изготовлении бетонной смеси лабораторным способом производилась точная дозировка компонентов и осуществлялось их сухое перемешивание.

Далее добавлялось сразу все необходимое количество воды, и бетонная смесь тщательно перемешивалась в течение 3 мин. За технологические показатели качества бетонной смеси принимали жесткость смеси и ее удобоукладываемость [11].

Проблема обеспечения однородности перемешивания компонентов приобретает особое значение для цементно-песчаных смесей с химическими добавками.

Применение интенсивного перемешивания может позволить более равномерно распределить добавку в цементно-песчаной смеси, добавка будет покрывать компоненты смеси тонким мономолекулярным слоем, что, возможно, уменьшит ее влияние на замедление гидратации портландцемента, вызываемое добавками, пористость может быть более мелкой и равномерно распределенной и т.д.

В данной научно-исследовательской работе были разработаны составы мелкозернистого бетона с использованием ранее полученных композиционных вяжущих на основе кремнистой опал-кристобалитовой породы.

Для выбора оптимального состава мелкозернистого бетона для производства СМИ с наилучшими прочностными характеристиками были

заформованы кубики размером 20 x 20 мм. Твердение образцов протекало в стандартных условиях.

Новообразования в материалах на основе термообработанной опоки и кварцевого наполнителя отличаются по морфологии.

В присутствии опал-кristобалитового компонента продукты гидратации имеют ярко выраженную столбчатую форму. Их длина колеблется в интервале 3...0,2 мкм с переходом в глобулярную форму выделений.

Пространство зарастает достаточно интенсивно и равномерно, это связано с постепенным высвобождением воды из структуры кристобалита и монтмориллонита и капиллярного пространства породы в целом, и поступлением жидкой фазы для процесса гидратации по мере связывания ее в гидросиликаты кальция.

Благодаря свойству поглощать или пропускать через кристаллический каркас молекулы других химических соединений, подвижности катионов и их способности к ионному обмену, кристобалит выступает в качестве «аккумулятора» растворной части гидратирующей системы, обеспечивая поступление раствора на поздних сроках твердения и, тем самым, создавая условия для омоноличивания структуры в эксплуатационный период [16].

На каждой последующей стадии химического взаимодействия клинкерных минералов, с водой, которая, в свою очередь, насыщается катионами, поступающими из структуры опоки и растворимых в данных термодинамических условиях минералов ОКО, минералы с высокими сорбционными характеристиками высвобождают воду, происходит миграция жидкой фазы и формируется равновесие в распределении воды в системе.

Исходя из предложенной модели можно предположить, что данный процесс растянут во времени и предопределяет более равномерный и длительный рост новообразований.

А рассеянные по основной массе и новообразованным кристаллам глобулы размером не более 0,1 мкм – это не что иное, как вещество,

выпавшее в осадок и способное к последующей кристаллизации в процессе эксплуатации.

Это обуславливает нетипичную кинетику набора прочности материалов на основе композиционного вяжущего с ОКО. Поровое пространство вяжущих на традиционном кварцевом наполнителе, в данном случае песке, остается не заросшим.

При формировании свежих сколов для проведения микроструктурных исследований с помощью РЭМ хорошо видно, что разрушение в цементном камне с кварцевым наполнителем происходит по контактной зоне и наполнитель остается практически чистым без новообразованного вещества на поверхности.

Тогда как в композите на основе ОКО зоны, лишенных продуктов гидратации, практически отсутствуют.

В процессе строительства возникают ситуации, когда обычный бетон идеально не подходит, оставляя дефекты в конструкциях. Целесообразней использовать смеси с мелкофракционной структурой.

Изготовление тонкостенных армированных конструкций, заполнение стыков между элементами, формирование гидроизоляции — неполный перечень процессов, в которых используют бетон с мелкими зерновыми частицами.

Мелкозернистый бетон представляет собой искусственный камень, который производится с помощью частиц песка разных фракций, цемента, воды. Другое, не менее известное название, — песчаный бетон. Довольно распространенный строительный материал, относящийся к категории тяжелого бетона.

Величина фракций, входящих в состав, не превышает 2 мм. При соединении песка, цемента, воды происходит химическая реакция, превращающая составляющие в цементный камень.

Мелкозернистый бетон отличается морозостойкостью, водонепроницаемостью, прочностью, плотностью [13, 18].

Существует, однако, еще одна проблема, которую химические добавки (в традиционном смысле этого термина) не могут полностью устранить.

Речь идет о трещинообразовании и в первую очередь о трещинах вследствие пластической усадки.

Стремление к интенсификации производственных процессов (характерное как для производства ЖБИ на заводах, так и для монолитного строительства) диктует необходимость сокращения сроков выдерживания бетона в опалубке.

Однако согласно EN 206-1 даже в самых благоприятных условиях (т.е. при использовании активных цементов, составов бетона с низкими В/Ц, при отсутствии воздействия солнечной радиации и высокой влажности) сроки твердения в опалубке должны составлять не менее 1 сут.

В неблагоприятных условиях рекомендуемый срок минимального выдерживания возрастает вплоть до 10 сут.

Технической подоплекой данного требования является обеспечение нормальных условий гидратации цемента и формирования микроструктуры за счет исключения влагопотерь.

При этом в ряде случаев, например, при бетонировании дорожных покрытий, устройстве промышленных полов, в принципе неизбежна значительная открытая поверхность.

Для борьбы с потерей влаги из тела бетона и связанными с этим процессом отрицательными последствиями (потеря прочности, трещины вследствие пластической усадки и т.д.) известны 2 классических способа: увлажнение поверхности (периодическое распыление воды, укрывание мокрыми опилками и т.д.) и использование мембранных покрытий (пленкообразующих составов).

Традиционно считают, что для бетонов с низкими В/Ц «влажное твердение» является предпочтительным, однако этот метод требует аккуратного и неоднократного полива, тогда как нанесение мембранных покрытий является одноразовой процедурой.

Иными словами, использование мембранных покрытий является более технологичным приемом [2, 11, 20, 32].

Наиболее распространенными среди мембранных покрытий являются составы на основе парафиновых эмульсий, предлагаемые на российском рынке многими известными иностранными компаниями (БАСФ, «Зика», «Мапей» и др.).

В процессе разработки собственных мембранных покрытий специалисты компании показали: варьируя состав продукта, можно целенаправленно и в значительной мере изменять и технические свойства покрытия.

Сейчас компания «Полипласт» под маркой «Эгида» предлагает 2 типа пленкообразующих составов: тип 1 с высокой эффективностью по защите от влагопотерь (испарения воды из бетона) и невысокой гидрофобизацией поверхности; тип 2 с умеренной эффективностью по влагопотерям и высокой гидрофобизирующей способностью.

«Умеренная» эффективность типа 2 на самом деле полностью соответствует упомянутым выше образцам иностранных компаний, тогда как тип 1 превосходит их в несколько раз (при одинаковом расходе). Соответственно, при использовании «Эгиды» типа 1 наблюдается рост прочности бетона (табл. 2), хотя основной целью ее применения мы считаем именно предотвращение трещинообразования в результате пластической усадки.

Применение «Эгиды» типа 2 целесообразно в тех случаях, когда необходимо избежать размыва свежееуложенного бетона (свежеотформованных изделий) под влиянием осадков и предотвратить попадание агрессивных жидкостей из внешней среды в тело бетона.

Одной из рациональных областей применения пленкообразующих составов является бетонирование дорожных покрытий.

Состав «Эгида» тип 1 был использован предприятием Спецстроя России при бетонировании взлетной полосы аэродрома в Астраханской

области.

Несмотря на неблагоприятные погодные условия (солнце, +40°C, сильный ветер) одноразовое нанесение мембранного покрытия позволило в течение суток устранить высыхание бетона и полностью избежать образования трещин [7, 8, 9, 26, 38].

2.3 Определение параметрических критериев технологии изготовления бортовых камней

Чаще всего мелкозернистые растворы используются при производстве армированных конструкций. Частота расположения арматуры не дает возможности проникновению классическому раствору, а мелкозернистые бетоны с легкостью проникнут в недоступное место.

Мелкофракционный раствор, благодаря своей главной характеристике – подвижности, с легкостью используется в ремонте трещин, заполнении соединительных швов.

Перед гидроизоляционными работами стяжку подготавливают мелкозернистыми элементами. В дорожном строительстве не обойтись без раствора, мелкозернистым бетоном выстилают дорожное полотно [34].

Идеально подходит для производства тротуарной плитки, бордюров. В районах, где отсутствуют залежи природного камня, доставка из других районов может быть экономически не выгодной.

Идеальным заменителем в любой строительной, ремонтной работе выступает мелкозернистый бетон.

В процессе приготовления бетонного раствора участвует вода.

Количество этого компонента должно быть минимальным, так как именно вода ухудшает стойкость готового бетонного основания к морозу, влаге, снижает его прочность.

Для того, чтобы повысить пластичность бетона, сделать его более легким в работе, и чтобы улучшить его эксплуатационные характеристики в него добавляют пластификаторы.

В настоящее время имеется значительное количество пластификаторов различного действия.

Если рассматривать материал, на основе которого был изготовлен пластификатор, различают несколько видов пластификаторов:

- органического происхождения;
- органоминеральные вещества;
- неорганические вещества.

Добавки неорганического происхождения содержат в своем составе разного рода химические вещества в виде формальдегидов или нафтасульфитных кислот.

Первый вариант пластификатора содержит в составе отходы нефтяной отрасли, лесопереработки или агрохимии.

Упоминания об использовании добавок и составленных епископом Нектарием, приводится описание многоступенчатой технологии приготовления специального клея сложного состава для грунтовочного слоя под известковые фрески.

В этой технологии можно увидеть прообразы современных добавок для сухих строительных смесей на основе модифицированных крахмалов, целлюлозной микрофибры, а также элементы применения биотехнологии.

В число компонентов сложных составов старинных рецептур входили растительные и животные белки, в частности протеины и клейковины, сывороточный казеин, желтковые липопротеины и альбумин крови [4, 6, 8, 16].

Исследования советских ученых, которые проводились в 1930- 1940-х гг., подтвердили высокую эффективность применения белковых соединений в упрочнении и модификации различных строительных материалов из необожженного глинистого сырья. В 1950-е гг. была разработана технология производства бетонной добавки «Замедлитель БС» в сухом виде.

Применение добавки в составе низкомарочных сложных растворов позволяло снизить расход извести и гипсового вяжущего на 30-50%. Сырьем

для производства могли быть различные отходы кожевенной и сельскохозяйственной промышленности.

В последние годы на рынке добавок появились пластификаторы, полученные в результате синтеза отходов животноводческого и сельскохозяйственного производства.

Их использование позволит многим сельскохозяйственным предприятиям решить сложные экологические проблемы и наладить безотходное производство.

Кроме того, очевидна экономическая выгода. ООО «МатЭкоС» в 2003 году освоило выпуск комплексных химических добавок серии «ЭСТ» (ТУ 2439-001-54-658538-2002) на основе белкового сырья животного происхождения.

В основном добавки из этой серии применялись в качестве протеиновых пенообразователей в производстве пенобетона. Было изучено влияние очищенных гидролизатов протеинов, входящих в состав комплексных добавок «ЭСТ», на свойство цементных паст.

Гидролизаты были получены в сухом виде. Далее были проведены сравнительные испытания с использованием сухих добавок Melflux 1641 импортного и пластификатор «СП-1» отечественного производства.

По результатам испытания было выявлено, что протеиновый гидролизат обладает сопоставимым пластифицирующим эффектом в сверхмалых дозировках, сравнимых с Melflux 1641, и в 5-10 раз меньших, чем у пластификатора СП-1.

Существующий верхний предел дозировки гидролизата, выше которого пластификация не растет, а начинает уменьшаться, что, по-видимому, связано с возникновением «мостикового эффекта», а также с увеличением воздухоовлечения в связи с некоторой поверхностной активностью белковых макромолекул.

Сфера использования пластификаторов для бетона и раствора достаточно обширна [19, 22].

С помощью применения пластификаторов для бетона удается значительно сэкономить время и деньги, делая бетон более пластичным и более морозостойким.

Необходимо учитывать, что существует большое количество пластификаторов для бетонного раствора, которые повышают его качественные характеристики.

При приготовлении бетонных и растворных смесей необходимо тщательно исследовать влияние этих пластификаторов на технологические и физико-механические свойства полученного материала, установить совместимость с исследуемой системой и их дозировки.

Пластификаторы для бетона используют как на больших строительных площадках во время заливки многоэтажных домов, так и в частном домостроении. Особенно актуальны пластификаторы при заливке фундаментов.

Так как, основание с их помощью приобретает дополнительную прочность, морозо- и влагостойкость. Таким образом, использование пластификаторов позволяет снизить количество воды, присутствующей в растворе.

С помощью использования пластификаторов удается сделать монолитный бетон, бетонный состав мелкозернистого и легкого состава, используя его при заливке разного рода конструктивных элементов.

С помощью добавления пластификаторов в бетонный раствор, удается соорудить высококачественные стяжки полов, бетонные блоки, бордюры, плиты, фонтаны, столбы и колонны. Изделия, после заливки не растрескиваются, отличаются длительным сроком эксплуатации.

3 Совершенствование технологии изготовления модифицированных бортовых камней

3.1 Оптимизация состава смеси с применением методов математического моделирования

В последние годы при проведении отделочных работ отчетливо прослеживается тенденция роста потребности в изделиях из декоративного мелкозернистого бетона: тротуарные и фасадные плиты, балясины, вазоны, бортовые камни, столбы, скульптурные барельефы, горельефы и др. Эта тенденция характерна для большинства развитых стран, и связано это с тем, что декоративный бетон является наиболее дешевым отделочным материалом с гарантированными прочностными свойствами и сроком службы. Однако для него характерен ряд недостатков, снижающих его архитектурную выразительность:

- значительные усадочные деформации;
- ухудшение внешнего вида при размораживании материала;
- наличие на поверхности высолов и раковин диаметром 0,2...3 мм.

Усадочные деформации и размораживание проявляют себя, в основном, на стадии эксплуатации изделий. Они встречаются в бетонных изделиях различного назначения, но особо ярко заметны в изделиях из декоративного бетона.

Связано это, во-первых, с тем, что при изготовлении декоративных изделий, имеющих сложный рельеф поверхности и мелкие детали орнамента, используются высокоподвижные бетонные смеси с применением мелких заполнителей.

Во-вторых, с тем, что для повышения декоративных свойств этих изделий традиционно используются портландцементы высоких марок, в том числе белый и цветные с повышенным содержанием С3А и С2S, а также отбеливающие минеральные добавки, пигменты и др.

Все эти факторы приводят к увеличению водопотребности бетонных

смесей, что в свою очередь вызывает увеличение усадочных деформаций, повышение водопроницаемости и снижение морозостойкости бетона. Высолы проявляется в виде белесого налета на поверхности бетона, который портит внешний вид окрашенного бетона.

Образование высолов связано с массопереносом гидроксида кальция к поверхности материала, где он вступает в реакцию с углекислым газом воздуха, образуя малорастворимые в воде карбонаты кальция. Распространение последних по поверхности бетона и обуславливает наличие на ней белесого налета. Высолы можно разделить на первичные и вторичные.

Первичные появляются на начальной стадии твердения бетона в виде белого слоя толщиной до 0,2 мм, закрывающего поверхность цветного бетона. Исчезают такие высолы в естественных условиях в течение долгого времени. Вторичные высолы проявляются при атмосферном воздействии на бетон в процессе эксплуатации. Внешне это проявляется как общее осветление цветового тона бетона. Это явление наблюдается до тех пор, пока гидратационные процессы не примут затухающий характер. Наблюдения показывают, что налет постепенно смывается и примерно через год исчезает. Раковины обнаруживаются сразу после распалубки изделий в виде макропор размером 0,2...3 мм, хаотично распределенных как на поверхности, так и по объему изделий [1, 7, 11, 18, 24].

С таким явлением сталкиваются практически все производители декоративного бетона. Оно наименее изучено. Одним из способов снижения усадочных деформаций и повышения морозостойкости является механоактивация вяжущего. Однако этот способ предусматривает использование комплексных химических модификаторов, дополнительного оборудования (механо-активаторов) и расширение производственных площадей, что ведет к снижению конкурентоспособности изделий из декоративного бетона из-за повышения их себестоимости. Устранение высолов возможно за счет предотвращения миграции свободного гидроксида кальция к поверхности бетона, что осуществляется с помощью:

- введения активных минеральных добавок, связывающих $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- использования цементов с нормальным или пониженным содержанием трехкальциевого силиката;
- использования влагоненасыщенных теплоносителей;
- воспрепятствования увлажнения декоративной поверхности бетона в ходе тепловой обработки и в последующие 7...14 суток;
- покрытия поверхности бетона защитными влагонепроницаемыми составами.

Нанесение защитного влагонепроницаемого слоя трудоемко и предполагает наличие дополнительных вентилируемых помещений с определенным температурным режимом, в которых бетон выдерживается до приобретения им сухой поверхности (постоянной влажности). Нарушение этих условий может привести к образованию "заплесневелой" поверхности у обработанного бетона.

Кроме того, защитный слой недолговечен и повторное его нанесение в эксплуатационных условиях может быть связано с еще большими трудностями [5, 9, 36].

Химическое связывание гидроксида кальция достаточно эффективно, но при этом увеличиваются сроки достижения распалубочной и отпускной прочности бетона, понижается его долговечность. Для устранения раковин предпринимаются самые разнообразные приемы, наиболее распространенными среди которых являются:

- увеличение подвижности формовочной смеси;
- продолжительности процесса виброуплотнения;
- механоактивация компонентов бетонной смеси.

Увеличение подвижности бетонной смеси осуществляется за счет повышения расхода воды, либо пластифицирующей добавки, либо и того и другого.

Однако увеличение содержания пластифицирующей добавки, сверх определенного значения, приводит к значительному воздухововлечению в

формовочную смесь, а увеличение водосодержания обуславливает повышение водопроницаемости и снижение морозостойкости бетона. Увеличение продолжительности вибровоздействия на смесь в значительной мере удлиняет технологический цикл и повышает энергозатраты. Применение композиционных механоактивированных вяжущих при всех своих достоинствах также предполагает наличие дополнительных производственных помещений и оборудования.

Все вышеперечисленные способы достижения высокого качества изделий из декоративного бетона приводят к росту его себестоимости за счет удорожания сырьевых материалов, увеличения количества и продолжительности технологических операций и др. Это является существенной проблемой для производителей, которыми, как показывает анализ отечественного и зарубежного производства, являются мелкие предприятия (минизаводы) с малыми объемами выпускаемой продукции. Приоритетной задачей для таких предприятий является получение качественного конкурентоспособного декоративного бетона за счет применения новых технологических решений, на основе традиционных сырьевых материалов [43].

Экспериментальные и теоретические исследования, проведенные на кафедре материаловедения и технологии строительных материалов ВГАСУ по указанной проблематике, показывают, что наиболее доступным и простым решением является научно обоснованный подбор грансостава песка.

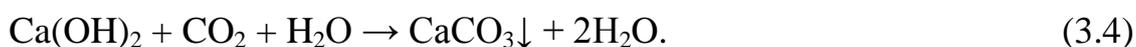
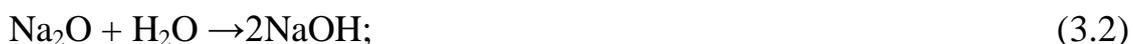
3.2 Экспериментальные исследования полученных образцов

Исходя из критериев выбора оптимального бетона, пригодного для большинства видов производства строительных материалов, в том числе производства мелкоштучных изделий, чаще других рассматривают мелкозернистый бетон. Новый виток исследований в этом направлении обусловлен востребованностью производства строительных материалов методом вибропрессования, где использование мелкозернистого бетона

является наиболее оптимальным, ввиду его удобоукладываемости и возможности заполнения форм сложной конфигурации. Этот вид бетона обладает не только преимуществами перед аналогами, но и серьёзным недостатком: высолообразование, следствие выщелачивания бетона. Решением проблемы выщелачивания ученые занимаются достаточно длительный период времени, однако окончательно она не решена. Целью нашей работы было исследование механизма выщелачивания, выявление причин, и поиск путей решения этой задачи, а также апробация теоретических разработок.

Механизм вывода солей калия, натрия и кальция, образующихся в процессе гидратации цемента, содержащиеся в цементе изначально в виде свободных оксидов, или попадающих в смесь извне, вместе с грунтовыми или дождевыми водами, подразделяется на два типа:

- первичные высолы, связанные с выводом на поверхность гидроксида кальция, а также последующей его реакцией с углекислым газом, образуются в виде пленки на поверхности, и тем обширней и толще плёнка, чем больше в бетоне химически несвязных оксидов натрия и калия, способствующих вымыванию из пор и дальнейшей карбонизации кальция. Механизм взаимодействия представлен в формулах 3.1-3.4:



- вторичные высолы так же зависят от общего содержания несвязных солей, количества и размера пор в бетоне. Их причиной является оборот воды с растворенными солями натрия и калия с поверхности и перенос их с поверхности в тело изделия. Вторичные высолы напрямую зависят от водопоглощения бетона. Механизм вымывания кальция отображен в следующих формулах 3.5-3.8:





Чтобы предотвратить негативные последствия, следует обратиться к первопричине – составу бетонной смеси. Помимо основных компонентов (цемента, мелкого заполнителя – песка, воды) жесткая смесь предполагает наличие пластификатора, повышающего удобоукладываемость смеси в форме [42, 43].

Обращаясь к работам, проведенным другими исследователями, решено было действовать всенаправленно, так как комплексные испытания всех компонентов смеси не были рассмотрены в целом. Для формирования состава опытных образцов были применены следующие материалы:

Цемент. Основным отличием цемента разных производителей являются не только условия производства, но и качество исходного материала, обусловленного дифференцированным географическим расположением заводов в регионах с разными породами. Для проведения эксперимента были использованы цементы ЦЕМ I 42,5 Н (ГОСТ 31108-2016) завода «Азия Цемент» (г. Пенза), с преобладанием содержания кальцитного мергеля, боксита и пиритного огарка, и завода «ХайдельбергЦемент Волга» (г. Вольск), содержащим в своём составе в качестве вспомогательных компонентов унос-золу и опоку.

Мелкий заполнитель. При проведении эксперимента был использован обогащенный речной песок двух фракций: 2,78 и 3,45. Согласно проведенным исследованиям структура мелкозернистого бетона, первично формируемая гранулами мелкого заполнителя способна достичь наилучших показателей в случае применения песков крупных (фр. 2,5-3,0) и повышенной крупности (фр. 3,0-5,0).

Вода. Ввиду расположения производственного предприятия, на базе которого был проведён эксперимент, по системе централизованного водоснабжения подаётся жесткая (насыщенная кальциевыми солями) вода.

Для опытной проверки влияния в контрольных замесах так же была использована умягчённая вода (со сниженным содержанием двухвалентного железа и остатков марганца до суммарной концентрации не более 0,3 мг/л) и вода, очищенная системой обратного осмоса.

В качестве комплексной химически *нейтральной* добавки был использован гидрофобизирующий суперпластификатор НС-1 швейцарской компании Sika.

При изготовлении смесей была использована единая рецептура (пропорционально равное количество вяжущего и заполнителя, стабильное водоцементное отношение), чтобы отличительные особенности можно было выявить исходя только из разности материалов и алгоритма опрессовывания.

Таблица 3.1 – Состав приготавливаемых смесей

| № смеси | ЦЕМ I 42,5Н | ЦЕМ I 42,5Н* | Песок фр. 2.78 | Песок фр. 3.45 | Водопроводная вода | Умягченная вода | Вода, очищенная системой обратного осмоса |
|---------|-------------|--------------|----------------|----------------|--------------------|-----------------|---|
| 1 | 125 | | 454 | | 23 | | |
| 2 | 125 | | 454 | | | 23 | |
| 3 | 125 | | 454 | | | | 23 |
| 4 | 125 | | | 457 | 20 | | |
| 5 | 125 | | | 457 | | 20 | |
| 6 | 125 | | | 457 | | | 20 |
| 7 | | 125 | 454 | | 23 | | |
| 8 | | 125 | 454 | | | 23 | |
| 9 | | 125 | 454 | | | | 23 |
| 10 | | 125 | | 457 | 20 | | |
| 11 | | 125 | | 457 | | 20 | |
| 12 | | 125 | | 457 | | | 20 |

Для выполнения образцов была использована пресс-форма прямоугольной тротуарной плитки 200x100x50 mm.

Влажность песка (фр. 2,78 – 1,5%, фр. 3,45 – 2,2%) была юстирована автоматически при подаче воды.

* В случае приготовления на мягкой воде, смесь имела излишнюю подвижность, не способную обеспечить корректную опрессовку, поэтому в общем тесте были изготовлены образцы 2', 5', 8', 11' с пониженным содержанием пластификатора. Ввиду незначительных отличий при замерах от оригинального состава, в общей таблице они отображены как стандартные

образцы 2, 5, 8, 11 соответственно.

Результаты испытаний образцов по критерию прочности на сжатие, водопоглощению (по массе), а также по процентной доле площади поверхности, подвергнутой высолообразованию на вертикальных и горизонтальных (только верхняя грань) поверхностях испытываемых образцов в возрасте 28 суток приведены в таблице 2. Испытание по морозостойкости были пройдены образцами после достижения проектной прочности.

Соответственно рецептурам, были изготовлены отдельные замесы. В результате каждого из них, было произведено 5 опрессовок, в ходе которых изготовлено по 250 образцов. Для проведения контрольных замеров был произведен равномерный отбор от каждого замеса:

- для проверки на прочность: 120 образцов;
- для проверки на водопоглощение (по массе): 60 образцов;
- для проверки на морозостойкость: 60 образцов;
- для замера общей площади высолообразования на контрольных образцах (отдельно на боковых и верхней горизонтальной грани): 120 образцов.

В таблице 3.2 приведены средние арифметические результаты соответственно замесам.

Таблица 3.2 – Среднеарифметические показатели групп испытываемых образцов

| № образца | $R_{сж}^{28}$, [МПа] | Водопоглощение, [%] | Морозостойкость |
|-----------|-----------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 43,7 | 3,55 | 224 |
| 2 | 41,2 | 3,21 | 207 |
| 3 | 40,1 | 3,82 | 223 |
| 4 | 45,1 | 4,11 | 201 |
| 5 | 42,1 | 4,25 | 212 |
| 6 | 47,6 | 3,98 | 207 |
| 7 | 40,2 | 3,36 | 222 |
| 8 | 39,5 | 2,98 | 230 |
| 9 | 41,5 | 3,41 | 241 |
| 10 | 42,8 | 3,58 | 235 |
| 11 | 41,5 | 3,71 | 231 |
| 12 | 44,8 | 3,39 | 243 |

По результатам испытаний можно вывести несколько основных рекомендаций по снижению уровня высолообразования:

Различные минеральные добавки и прочие вспомогательные компоненты, входящие в состав клинкера в количестве не превышающим 5% от общей массы могут значительно влиять на степень высолообразования. Для точного определения качественного влияния состава вяжущего клинкера на механизм поризации и выщелачивания бетонных изделий требуется провести дополнительные исследования с привлечением большего количества образцов. Использование заполнителя меньшей фракции сказывается положительно, препятствуя высолообразованию, однако для сохранения прочностных характеристик относительно составов на более крупном заполнителе требуется перерасчет количества минерального вяжущего, что в свою очередь может вести к дополнительным экономическим затратам. Требуется провести экономическое обоснование использования песка меньшей фракции для каждого отдельного производства с целью сохранения рентабельности продукции.

Использование умягченной воды сказывается негативно. Несмотря на повышенное уплотнение, в тело камня в избытке попадают свободные ионы натрия, вырождающиеся в гидроксид, активирующий вторую фазу высолообразования посредством вымывания солей кальция из тела камня. Однако использование воды, очищенной системой обратного осмоса, сказывается положительно, снижая общий уровень высолообразования в среднем на 3-5%.

3.3 Эффективность изготовления и применения изделий (классификация эффективности, промышленная эффективность)

Приведены результаты исследований мелкозернистых бетонов, модифицированных добавками органико-химических и минеральных техногенных отходов, и определены рациональные области их применения.

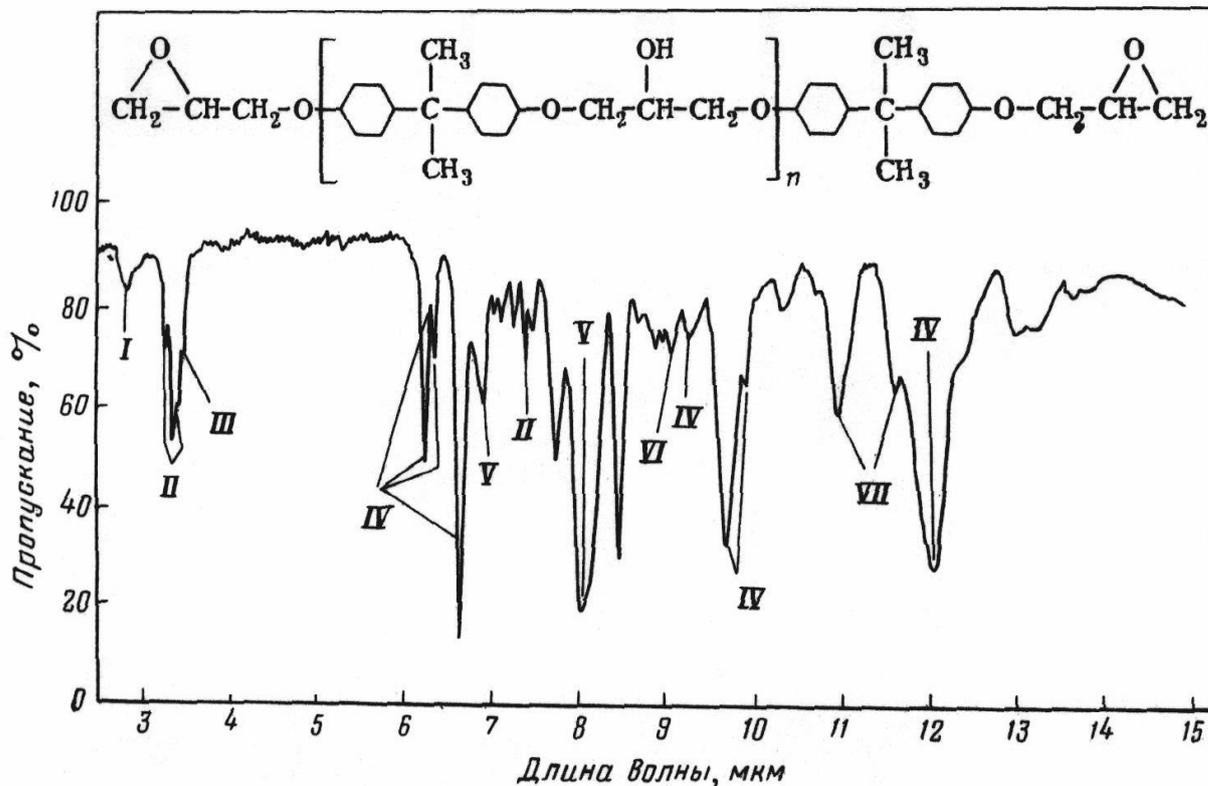
С целью снижения затрат на капитальное строительство необходимо в

первую очередь добиться существенного их уменьшения в производстве строительных материалов. Этому способствует вовлечение техногенных отходов в производство строительных материалов и изделий. При этом достигается экономия сырьевых, материальных и энергетических ресурсов, так как существенно повышается эффективность капиталовложений. Кроме того, решаются остро стоящие экологические проблемы. На кафедре строительных материалов и специальных технологий ВолгГАСУ разработаны составы вибропрессованных мелкозернистых бетонов, модифицированных добавками органо-химических и минеральных техногенных отходов, и определены рациональные области их применения. При постановке и проведении исследований использовались сырьевые материалы со следующими характеристиками [35, 37]. Отходы, образующиеся на ОАО «Волжский трубный завод» при нанесении слоя эпоксидного праймера — эпоксидного порошкообразного материала «Scotchkote 226 N Slow 11 G» фирмы «3М» США, характеристика которого представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основные характеристики порошковой эпоксидной композиции

| Наименование показателя | Единицы измерения | Значения показателя | | Метод испытания |
|---|-----------------------------|---------------------|-----------|------------------|
| | | min | max | |
| Плотность | г/см ³ | 1,3 | 1,6 | CAN/CZA Z 245.20 |
| Размер частиц: остаток на сите 177 мкм остаток на сите 40 мкм | % содержание по массе | 0 45 | 1 54 | CAN/CZA Z 245.20 |
| Время гелеобразования (205 ± 3°C) | Сек. | 30 ± 20% | | CAN/CZA Z 245.20 |
| Время гелеобразования (232 ± 3°C) | Сек. | 11 ± 20% | | CAN/CZA Z 245.20 |
| Температура стеклования Tg 1 Tg 2 | °C | 48 95 | 66 110 | CAN/CZA Z 245.20 |
| Влажность | % по массе | 0 | 0,6 | |

Структура проб эпоксидных смол (рекуперата), определенная с помощью ИК-спектрофотометра (SPEKORD M80), приведена на рисунке 3.1.



I — гидроксильная группа; II — метильные группы; III — метиленовые группы; IV — замещенный ароматический углеводород; V — эфирные группы; VI — простой фениловый эфир; VII — эпоксидная группа

Рисунок 3.1 – Спектр пропускания эпоксидной смолы (рекуперата) в ИК-области

Отвердитель — полиэтиленполиамин (ПЭПА) ТУ 2413-357-00203447-99. В качестве заполнителей использовались: — обточка — продукт механической обработки абразивного инструмента, представляющий собой дисперсный материал, полученный в результате доведения инструмента до требуемого класса чистоты и геометрических размеров. Химический, гранулометрический и минералогический состав обточки приведен в таблице 3.4 и 3.5.

Таблица 3.4 - Химический состав обточки

| Химический состав, % | | | | | |
|----------------------|--------------------------------|-----|-----|------------------------------------|--------------------------------|
| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | MgO | CaO | Na ₂ O+K ₂ O | Fe ₂ O ₃ |

| | | | | | |
|------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|
| 3,8...23,8 | 89,6...60,8 | 0,12...0,35 | 0,3...1,9 | 0,95...6,0 | 0,4...1,7 |
|------------|-------------|-------------|-----------|------------|-----------|

Таблица 3.5 - Анализ материала обточка со станка ЗЕ642 цеха обработки инструмента ОАО «ВАЗ»

| Показатели | Обточка со станка | | Обточка смагниченная в ЦПО | |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------------|----------------------------|--|
| | Остаток, % | Минералогия | Остаток, % | Минералогия |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Гранулометрический состав (сетки): | | | | |
| 600 | 0,4 | - | 0,5 | - |
| 500 | 0,2 | - | 1,1 | - |
| 425 | 0,3 | 64С – 2,5 | 2,4 | 64С – 3,9 |
| 355 | 0,4 | 54С – 3,0 | 4,7 | 54С – 1,2 |
| 300 | 1,3 | 14А – 2,3 | 5,5 | 14А – 6,7 |
| 250 | 4,6 | 25А – 90,4 связка – 1,8 | 6,5 | 25А – 70,6 связка – 17,6 |
| 212 | 6,2 | - | 5,5 | - |
| 180 | 12,5 | 64С – 0,4 | 10,3 | 64С – 1,5 |
| 150 | 7,4 | 54С – 1,8 | 5,3 | 54С – 0,8 |
| 125 | 16,7 | 14А – 2,3 25А-92,6 связка – 2,9 | 11,3 | 14А – 8,9 25А – 68,1 связка – 20,7 |
| 106 | 10,2 | - | 7,8 | - |
| 90 | 4,9 | - | 4,8 | - |
| 75 | 7,9 | - | 6,6 | - |
| 63 | 3,2 | - | 3,9 | - |
| 53 | 8,3 | - | 8,5 | - |
| 45 | 4,4 | - | 5,1 | - |
| Насыпная плотность, г/см ³ | 1,86 | | 1,85 | |
| Магн. Фракция | 0,02 | | 0,04 | |
| Данные химического анализа | Зерна – 89,6% | | Зерна – 87,9% | |
| | Связка – 10,4 | | Связка – 12,1 | |

— несортированная смесь боя стекла. Химический состав стеклобоя приведен в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Химический состав стеклобоя, % по массе

| Химический состав стеклобоя, % по массе | | | | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|------------------------------------|-----------------|
| SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Na ₂ O+K ₂ O | SO ₃ |

| | | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 71,5...73,8 | 1,2...3,3 | 0,1...0,6 | 6,5...9,1 | 3,2...4,1 | 14,0...16,0 | 0,2...0,5 |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|

— кварцевый песок Орловского месторождения с модулем крупности $MK=1,5$ отвечающий требованиям ГОСТ 10268—80 «Заполнители для тяжелого бетона». Технические требования и ГОСТ 8736—93 «Песок для строительных работ. Общие требования». Химический состав кварцевого песка приведен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Химический состав песка, % по массе

| Химический состав песка, % по массе | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|-----------------|------------------|------|-------------------|--------|
| SO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | MgO | SO ₃ | K ₂ O | CaO | Na ₂ O | п.п.п. |
| 99,18 | 0,29 | 0,11 | сл. | 0,03 | сл. | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,16 |

Использовалась водопроводная вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732—2011 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».

Портландцемент марки ЦЕМ I 42,5 Н Lafarge Holcim г. Вольск, Саратовской области, отвечающий требованиям ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные» [12, 14, 22].

При проведении исследований применялись современные физикомеханические, физико-химические методы, регламентируемые действующими ГОСТами. В результате проведенных исследований (таблица 3.8 и рисунок 3.2) было установлено, что максимальными прочностными характеристиками обладают мелкозернистые бетоны состава № 7, содержащие 8...10 % эпоксидсодержащего отхода.

Таблица 3.8 - Составы мелкозернистых бетонов

| Компоненты | Содержание компонентов по массе, % | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| ЦЕМ I 42,5 Н | 30 | 25 | 20 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Песок $M_{кр}=1,5$ | 70 | 75 | 80 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| Эпоксидсодержащий отход | - | - | - | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |

Бетонная смесь обладает рыхлой нестабильной структурой с высокой пористостью и большим объемом вовлеченного воздуха. Необходимое условие получения однородного по плотности и прочности бетона —

уплотнение бетонной смеси.

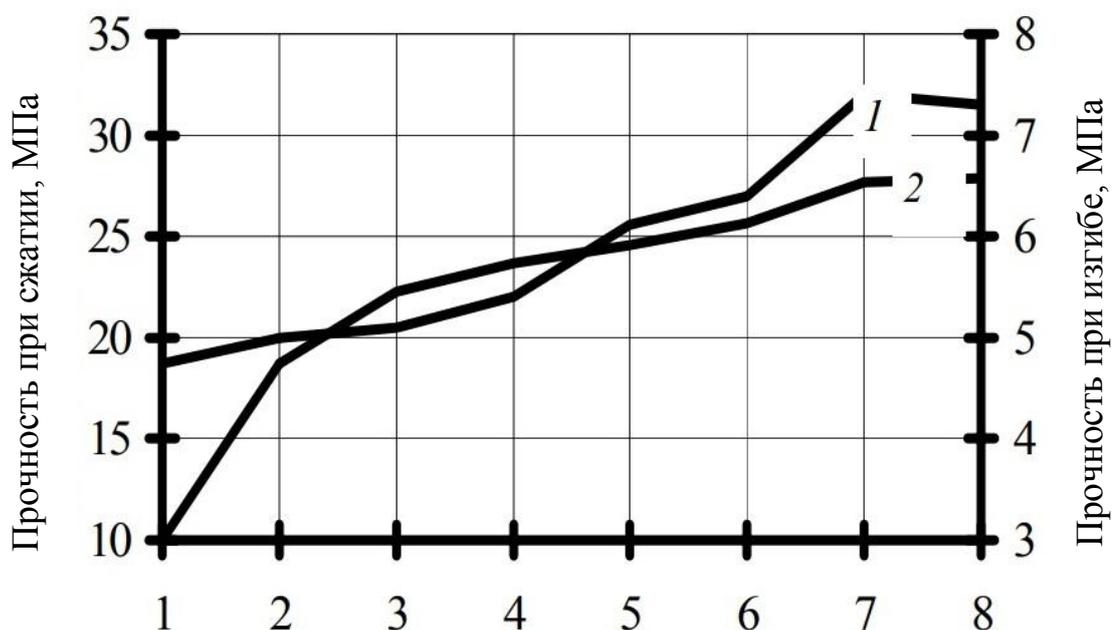


Рисунок 3.2 – Зависимость прочности мелкозернистых бетонов при сжатии (1) и изгибе (2) от составов

Вибрирование с одновременным давлением позволяет применять жесткие смеси и получать поверхность изделия с заданным профилем, используя для этого в качестве штампа вибрирующую плиту [40].

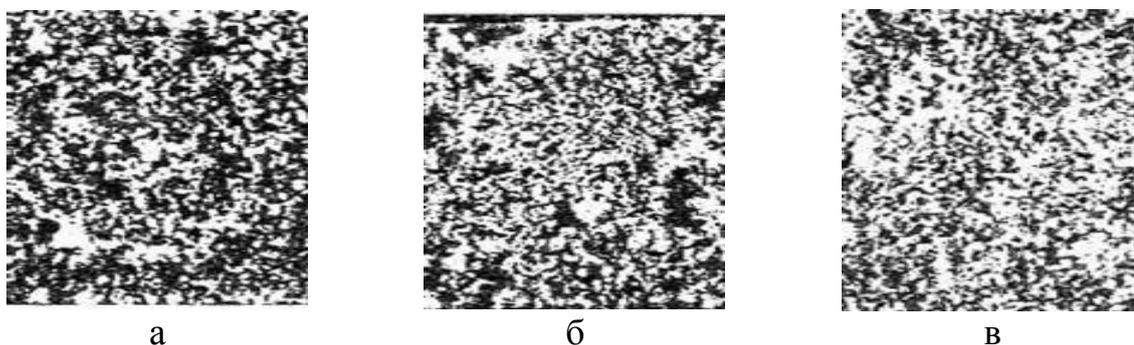
Таблица 3.9 – Влияние продолжительности виброобработки на физико-механические свойства модифицированного мелкозернистого бетона

| Режим | Продолжительность опрессовки, с | Средняя плотность, кг/см ³ | Прочность при сжатии, МПа |
|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|
| Виброформование | 60 | 2000 | 29,1 |
| | 90 | 2010 | 29,9 |
| | 120 | 2020 | 29,9 |
| | 150 | 2025 | 30,4 |
| Виброформование с пригрузом | 60 | 2020 | 29,7 |
| | 90 | 2030 | 29,8 |
| | 120 | 2035 | 31,2 |
| | 150 | 2040 | 31,9 |
| Вибропрессование | 15 | 2040 | 33,5 |
| | 30 | 2055 | 39,5 |
| | 45 | 2060 | 40,1 |

В работе изучалось влияние вида и длительности виброобработки

мелкозернистой смеси на физико-механические свойства готовых изделий. Исследования проводились на образцах-кубах размером 10×10×10 см, изготовленных из смеси оптимального состава (состав № 7 таблица 3.8). Уплотнение смеси осуществлялось: вибрированием, вибрированием с пригрузом и вибропрессованием (таблица 3.9).

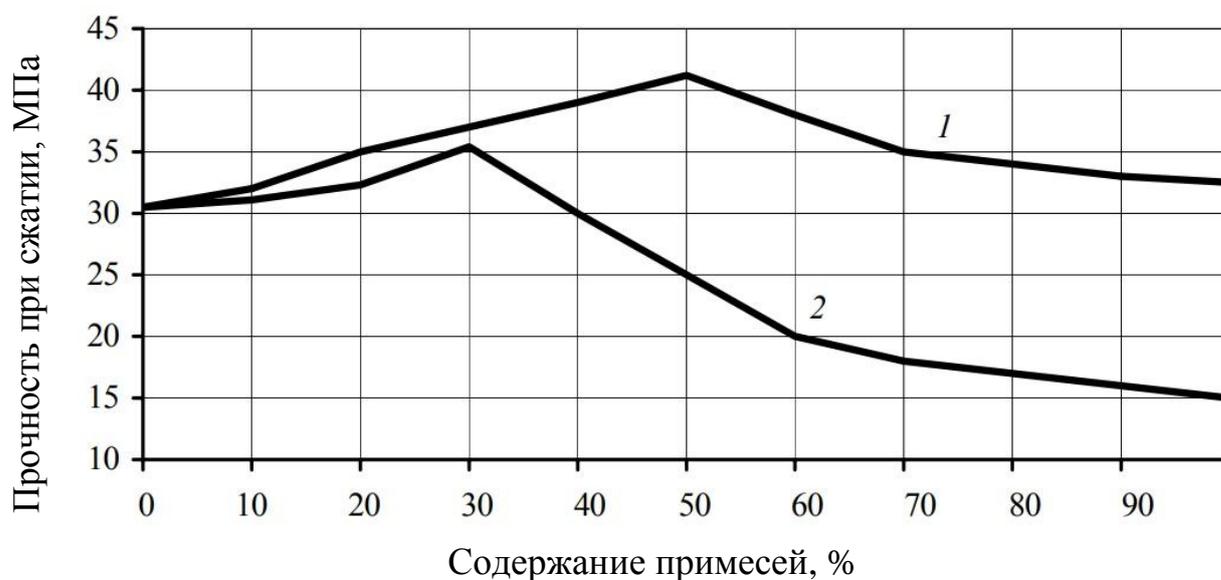
Проведенные исследования показали, что применение вибропрессования значительно сокращает время вибрационной обработки и позволяет получать бетон большей плотностью (рисунок 3.3).



а — вибрированием; б — виброформованием с пригрузом;
в — вибропрессованием

Рисунок 3.3 – Макроструктура модифицированного мелкозернистого бетона, уплотненного

Как известно, в системах, полученных смешением разномодальных, разноплотных, разнообъемных компонентов проявляется другой, более мощный, чем аддитивность, эффект — синергизм, обусловленный ориентацией структурных звеньев связующего. Результаты исследований, направленных на замену песка в модифицированных мелкозернистых бетонах отходами производств (стеклобой, обточка), представлены на рисунке 4. Проведенные исследования показали, что оптимальным количеством вводимого стеклобоя является 35...45 %. Обточка в количестве от 10 до 55 % увеличивает прочность и может полностью заменить заполнитель в бетоне. Строительно-эксплуатационные характеристики модифицированных мелкозернистых бетонов оптимальных составов приведены в таблице 3.10.



1 — обточка; 2 — стеклобой

Рисунок 3.4 – Зависимость изменения прочности при сжатии от вида количества заполнителя

Таблица 3.10 – Основные строительно-эксплуатационные характеристики модифицированных мелкозернистых бетонов

| Вид заполнителя | Предел прочности при сжатии, МПа | Предел прочности при изгибе, МПа | Водопоглощение, % | Истираемость, г/см ² | Морозостойкость, цикл |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Песок с $M_{кр}=1,5$ | 30...32 | 6,2...6,5 | 6...8 | 0,13 | 200 |
| Обточка | 35...41 | 7,5...8,2 | 3...4 | 0,08 | более 200 |
| Стелобой | 31...35 | 5,4...6,1 | 5...6 | 0,14 | более 200 |

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения разработанных бетонов для дорожных покрытий и облицовочных изделий, технико-экономическая эффективность изготовления которых продиктована высокими эксплуатационными характеристиками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель настоящих исследований - повышение эффективности технологии производства бетонных бортовых камней методом вибропрессования.

В соответствии с поставленной целью в работе были решены следующие задачи:

1. Проанализированы современные технологии, применяемые при производстве бортовых камней методом вибропрессования.

2. Выполнен анализ причин появления основных производственных дефектов, а также определены оптимальный состав и технология изготовления бетонных бортовых камней.

3. Проведены теоретические исследования широко используемых химических примесей и добавочных компонентов в строительной отрасли, их влияние на тело камня в изделии, оптимальные пропорции и состав коктейля.

4. Проведен анализ и составлены рекомендации для параметрических критериев технологии изготовления бортовых бетонных камней при производстве методом вибропрессования.

5. Оптимизирован состав смеси, полученный с помощью метода математического моделирования.

6. Проведены испытания полученных экспериментальных образцов.

7. Произведен анализ эффективности изготовления (анализ промышленной эффективности и удобства осуществления производственной деятельности).

Таким образом, цель работы достигнута, все поставленные задачи выполнены. В заключение, также хотелось бы отметить, что в условиях значительно расширяющегося объема реконструкции и нового строительства дорожного полотна в рамках федерального проекта «Безопасные и качественные дороги», актуальную задачу представляет разработка усовершенствованной технологии производства изделий из модифицированных неорганических вяжущих с добавлением отходов бытовых производств, что в свою очередь значительно повысит

экологическую эффективность и позволит дополнительно снизить финансовые затраты при производстве строительных материалов в целом).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алфимова Н.И., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Вишневская Я.Ю. Оптимизация условий твердения композиционных вяжущих с учетом генезиса кремнеземсодержащего компонента // Белгород, 2016.
2. Баженов, Ю. М. Высококачественный тонкозернистый бетон / Ю.М. Баженов // Строительные материалы. - М., 2000. - № 2. - С. 24-25.
3. Богусевич В.А., Лесовик Р.В., Ильинская Г.Г. К вопросу об использовании техногенного сырья КМА для бетонных работ при отрицательных температурах // Научные и инженерные проблемы строительно-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный университет
4. Будников Е.П., Пеганов А.А., Чернов В.В. Применение белковых стабилизаторов в строительстве из грунтов. Сообщение института строительной техники, 14-й выпуск, М. – 1944, с. 1-20.
5. Булычев Г.Г. Смешанные гипсы. М.: Стройиздат, 1952, с. 78- 82.
6. Власов В.К. Механизм повышения прочности бетона при введении микронаполнителя //Бетон и железобетон. –1988.–№10.–С.9-11.
7. Володченко А.Н., Лесовик В.С. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. № 3. С. 45-48.
8. Володченко А.Н., Лесовик В.С., Алфимов С.И., Володченко А.А. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 10. С. 4-10.
9. Высоцкий С.А. Минеральные добавки для бетонов //Бетон и железобетон. –1994.–№2.–С.7-10.
10. Гридчин А.М. Повышение эффективности дорожного строительства путем использования анизотропного сырья // А.М. Гридчин. Москва, 2006.

11. Гридчин А.М. Повышение эффективности дорожных бетонов путем использования заполнителя из анизотропного сырья // диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Белгород, 2002.

12. Гридчин А.М., Коротаев А.П., Ядыкина В.В., Кузнецов Д.А., Высоцкая М.А. Дорожные композиты на основе дисперсного вспученного перлита // Строительные материалы. 2009. № 5. С. 42-44.

13. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Гладков Д.И., Сулейманова Л.А. Новые технологии высокопоризованных бетонов // В сборнике: Поробетон - 2005 Международная научно-практическая конференция. Сборник докладов. 2005. С. 6-16.

14. Гридчин А.М., Лесовик Г.А., Авилова Е.Н., Глаголев Е.С. Решение проблемы утилизации техногенного сырья КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 7-10.

15. Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Лесовик В.С., Уральский В.И., Сеница Е.В., Уральский А.В. Энергосберегающие помольные комплексы для получения механоактивированных композиционных смесей // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2009. № 5. С. 68-79.

16. Гридчин А.М., Ядыкина В.В., Кузнецов Д.А., Высоцкая М.А., Кузнецов А.В. Особенности свойств поверхности кислых минеральных материалов для асфальтобетонных смесей // Строительные материалы. 2007. № 8. С. 56-57.

17. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Воронов В.В. Особенности твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016, № 10. С. 32-36.

18. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // В сборнике: Научные и инженерные проблемы стройтехнологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2014. С. 93-98.

19. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Володченко А.А. Теоретические основы создания сухих строитель
20. Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Глаголев Е.С., Елистраткин М.Ю., Лашина И.В., Масанин О.О. Объективные предпосылки перехода к композиционным вяжущим // В сборнике: НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ Сборник докладов Международной научно-практической конференции. 2016. С. 110-116.
21. Зоткин А.Г. Микронаполняющий эффект минеральных добавок в бетоне//Бетон и железобетон. – 1994. – №3. – С.7-9.
22. Калатози В.В., Ильинская Г.Г., Никифорова Н.А. Композиционные вяжущие на основе алюмосиликатного сырья // Инновационная наука. 2016. № 2-3 (14). С. 91-94.
23. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов //Бетон и железобетон, – 1995. – №6. – С.16-20.
24. Лесовик Р.В., Сопин Д.М., Ильинская Г.Г., Богусевич В.А., Гайнутдинов Р.М. Электропрогрев бетонных смесей на композиционных вяжущих // Строительные материалы. 2014. № 10. С. 54-58.
25. Лесовик, В.С. Разработка композиционного вяжущего на основе кремнеземистых пород/ В.С. Лесовик, В.В. Строкова, Е.И. Ходыкин, А.Н. Кривенкова//Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова -Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. - № 1. -С. 25-28
26. Лотошникова Е.О. Мелкозернистые жесткопрессованные бетоны с демпфирующими добавками / кд. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2006.
27. Лукьянова Т.А. Технологические особенности древнерусских фресок // Ярославский педагогический вестник, 2012 №3, с. 214-218.
28. Мальцев Е.В. Структура и свойства легких бетонов на микросферическом заполнителе / кд. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2000.

29. Модифицированный белковый пластификатор для цементных систем / Ю.С. Топчий, Д.М. Хабилов // Технология бетонов.- 2013. - № 11. – С. 46-47.

30. Невский В.А. Усталость и деформативность бетона в регионе [Текст]: – Монография / Невский В.А. – Москва, Вузовская книга, 2012. – 264.

31. Несветаев Г.В. Бетоны [Текст]: – Учебно-справочное пособие. Ростов н/Д. Феникс, 2011. – 381.

32. Толстой А. Д., Лесовик В. С., Новиков К. Ю. Высокопрочные бетоны на композиционных вяжущих с применением техногенного сырья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. - Иркутск. – 2017.- № 2(17) – С. 174-180.

33. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А. Органоминеральные высокопрочные декоративные композиции // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 5. С. 67-69.

34. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Особенности механоактивированных минеральных порошков // Строительные материалы. 2011. № 11. С. 32-34.

35. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Гридчин А.М. Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 82-85.

36. Фаизов Р.С., Тимохин А.М., Ильинская Г.Г., Толмачева М.М. Синергетическое действие компонентов вяжущего // Эффективные строительные композиты Научно-практическая конференция к 85- летию заслуженного деятеля науки РФ, академика РААСН, доктора технических наук Баженова Юрия Михайловича. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2015. С. 682-685.

37. Шляхова Е.А., Акопян А.Ф., Акопян В.Ф. Применение метода рентгенофазового анализа для изучения свойств модифицированного

шлакощелочного вяжущего [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (ч. 2). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1395> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

38. Шляхова Е.А., Мартемьянова Ю.Н. Искусственные минеральные добавки для производства цементов камня [Электронный ресурс] // «Науковедение», 2012, №4. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/95trgsu412.pdf> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. Рус

39. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Траутвайн А.И., Чистяков Ю.П. Влияние энергосберегающих добавок на свойства щебеночномастичного асфальтобетона на примере evotherm, азол 1007 и адгезол 3- ТД // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. № 6. С. 149-153.

40. Glagolev E., Suleimanova L., Lesovik V. High reaction activity of nano-size phase of silica composite binder // International Journal of Environmental and Science Education. 2016. Т. 11. № 18. С. 12383-12389.

41. Lesovik V.S., Alfimova N.I., Savin A.V., Ginzburg A.V., Shapovalov N.N. Assessment of passivating properties of composite binder relative to reinforcing steel // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 24. № 12. С. 1691-1695.

42. Lessowik W.S., Sagorodnjuk L.H., Ilinskaya G.G., Kuprina A.A. Das gesetz uber die verwandtschaft von strukturen als theoretischegrundlage fur die projektierung von trockenmischungen // 19-te INTERNATIONALE BAUSTOFFTAGUNG IBAUSIL 2015. 2015. С. 1465-1470.

43. Ronov A.B., Yaroshevsky A.A. Chemical composition of the Earth's crust. In: The Earth's Crust and Upper Mantle. Amer.Geophys.Union Geophysical Mono-graph 13. - Wash., D.C., 1969 –pp.97.

44. Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Volodchenko A.N., Glagolev E.S., Zagorodnjuk L.H., Pukharenko Y.V. Composite performance improvement based

on non-conventional natural and technogenic raw materials // International Journal of Pharmacy and Technology. 2016. T. 8. № 3. C. 18856-18867.