

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Поволжский государственный технологический университет

На правах рукописи

Черепов Владимир Дмитриевич

**ИСКУССТВЕННЫЙ КАМЕННЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ
ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД**

Специальность 05.23.05 - Строительные материалы и изделия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

к.т.н., доцент Кононова О.В.

Йошкар-Ола 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание _____	2
Введение _____	6
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ _____	12
1.1. Карбонатные породы как сырьевой материал для производства строительных материалов _____	12
1.2. Практика комплексного использования природных каменных материалов _____	15
1.3. Опыт технологии применения отсевов дробления природных каменных материалов в производстве бетонов _____	22
Выводы по главе 1 _____	40
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ _____	42
2.1. Применяемые материалы _____	42
2.2. Оборудование _____	45
2.3. Методы исследования _____	48
2.3.1. Методы исследования свойств сырьевых материалов _____	48
2.3.2. Методы исследования искусственного строительного камня на основе модифицированных карбонатных пород _____	48
2.3.3. Методика математического моделирования свойств искусственного строительного камня, изготавливаемого на основе модифицированных карбонатных пород _____	49
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И СОСТАВОВ ИСКУССТВЕННОГО КАМЕННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД _____	55
3.1. Разработка технологии формования искусственного каменного материала на основе ОДКП _____	55
3.2. Исследование влияния комбинированного заполнителя на свойства прессованного искусственного строительного камня _____	61

3.2.1. Влияние величины прессующего давления на свойства прессованного камня с комбинированным наполнителем_____	61
3.2.2. Влияние частичной замены ОДКП природным кварцевым песком на свойства малоцементных составов прессованного искусственного каменного материала_____	65
3.2.3. Влияние состава и влажности формовочных смесей на свойства прессованного камня с комбинированным наполнителем_____	69
3.3. Исследование влияния фторизации на формирование прочности искусственного камня_____	72
3.4. Исследование влияния метилцеллюлозы на свойства модифицированного искусственного каменного материала на основе ОДКП_____	77
3.5. Исследование влияние стирол-акриловой дисперсии на формирование свойств прессованного искусственного каменного материала_____	80
3.6. Влияние СДО на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП_____	83
3.7. Исследование влияния добавки RheoFIT 774 на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП_____	86
3.8. Исследование влияния добавки Пенетрон Адмикс на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП_____	90
Выводы по главе 3_____	95
ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОГО ИСКУССТВЕННОГО КАМЕННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД_____	97
Выводы по главе 4_____	111

ГЛАВА 5. ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ _____	113
5.1. Опыт внедрения модифицированного прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород _____	113
5.1.1. Оборудование, составы и сырьевые материалы _____	113
5.1.2. Технологический процесс проведения опытно- производственных испытаний _____	115
5.1.3. Сравнительные испытания составов искусственного камня _____	123
5.2. Оценка экономической эффективности производства модифицированного прессованного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород _____	124
Выводы по главе 5 _____	141
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ _____	142
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ _____	144
Приложение 1. Формирование предела прочности при сжатии бетона (МПа) в зависимости от содержания цемента и карбонатной муки, в присутствии добавки Лигнопан Б2 _____	164
Приложение 2. Предел прочности при сжатии, МПа композиционного материала на основе ОДКП, в зависимости от содержания цемента и величины прессующего давления _____	165
Приложение 3. Влияние величины прессующего давления на формирование технико-эксплуатационных характеристик искусственного каменного материала _____	166
Приложение 4. Влияние частичной замены ОДКП природным кварцевым песком на формирование свойств прессованного искусственного каменного материала _____	174
Приложение 5. Влияние состава и влажности формовочных смесей на свойства прессованного камня с комбинированным	

заполнителем _____	178
Приложение 6. Прочность бетона в зависимости от влажности смеси, количества вводимого цемента и добавки (метилцеллюлозы) _____	192
Приложение 7. Формирование предела прочности при сжатии (МПа) прессованного искусственного строительного камня в зависимости от содержания цемента и добавки акрила _____	193
Приложение 8. Влияние СДО на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП _____	194
Приложение 9. Исследование влияния добавки RheoFIT 774 на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП _____	198
Приложение 10. Влияние добавки Пенетрон Адмикс на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП _____	200
Приложение 11. Минералогический и рентгенофазовый анализ цементного камня при различном содержании добавки Пенетрон Адмикс _____	203
Приложение 12. Кирпич прессованный цементно-доломитовый на основе отсевов дробления карбонатных пород республики Марий Эл. Технические условия ТУ 5741-001-28860912-13 _____	211
Приложение 13. Акт опытно-производственных испытаний _____	227
Приложение 14. Акты о внедрении результатов диссертационной работы в производство _____	230
Приложение 15. Анализ инвестиционной привлекательности и экономического эффекта внедрения разработанного материала на впервые организуемом производстве _____	232

Введение

Изменения, произошедшие за последние десятилетия в социальной, экономической и других сферах жизни и деятельности современного общества привели к существенному повышению основных технических требований, предъявляемых к строительным объектам, и соответственно - к строительным материалам для возведения зданий и сооружений. В частности, наряду с высокими техническими показателями, больше внимания стало уделяться вопросу рационального и комплексного использования местных минеральных ресурсов, снижению стоимости строительных объектов, которая в значительной степени зависит от транспортных расходов, а также производству и распространению экологически безопасной строительной продукции. Остается по-прежнему актуальной задача комплексного использования местных осадочных карбонатных пород. Эта задача имеет важное значение в связи с тем, что карбонатные породы широко распространены во многих регионах Российской Федерации. Сравнительно низкая прочность и высокая неоднородность состава, затрудняет и ограничивает комплексное применение этого экологически чистого минерального сырья.

В процессе разработки карбонатных пород образуется большое количество отсеков дробления. Проблема рационального использования отсеков дробления карбонатных пород (ОДКП) во многих регионах сегодня также не решена. Многолетние скопления в карьерах отсеков дробления занимают огромные площади. Привлекательным для применения их в строительстве является экологическая безопасность и возможность снижения транспортных расходов.

Перечисленные выше факты подтверждают актуальность исследований направленных на разработку технологии получения высококачественного искусственного каменного материала на основе комплексного использования местных карбонатных пород.

Диссертационная работа посвящена разработке составов и технологии получения искусственного каменного материала с повышенными технико-эксплуатационными характеристиками на основе низкопрочных отсеков дробления карбонатных пород.

Разработаны составы и технология получения искусственного каменного материала методом полусухого прессования, объективно относящиеся к инвестиционно-привлекательным ввиду низкого уровня финансовых затрат, требующихся для организации действующего производства и одновременно более низкой себестоимости по сравнению с аналогами на рынке строительных материалов. Разработанные составы базируются на современных подходах к модифицированию прессованных цементных композиций, и направлены на получение водостойкого и морозостойкого искусственного строительного камня.

Цель исследования – разработка составов и технологии получения водостойкого искусственного каменного материала на основе отсеков дробления низкопрочных неводостойких карбонатных пород.

Для реализации поставленной цели были сформулированы и решены следующие **задачи**:

1. Исследовать свойства отсеков дробления карбонатных пород и обосновать возможность их комплексного использования для получения водостойкого искусственного каменного материала;
2. Изучить влияние методов и параметров формования на формирование физико-механических свойств искусственного каменного материала на основе низкопрочных ОДКП;
3. Исследовать закономерности изменения физико-механических свойств искусственного каменного материала на основе низкопрочных ОДКП под воздействием модифицирующих добавок;
4. Подобрать оптимальные составы водостойкого искусственного каменного материала с повышенными физико-механическими свойствами;

5. Разработать технологию изготовления искусственного каменного материала на основе низкопрочных ОДКП;

6. Выполнить оценку технико-экономической эффективности применения разработанного искусственного каменного материала с комплексным использованием низкопрочных и неводостойких карбонатных пород.

Научная новизна работы

- теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность создания высокопрочного и водостойкого искусственного каменного материала на основе отсевов дробления низкопрочных неводостойких карбонатных пород;

- установлены закономерности изменения физико-механических свойств искусственного камня при флюатировании заполнителя на основе отсевов дробления карбонатных пород и модифицировании формовочной смеси комплексными химическими добавками;

- установлены и научно обоснованы причины низкой атмосферостойкости искусственного каменного материала на основе ОДКП и разработаны способы повышения прочности, водостойкости и морозостойкости, путем введения добавок RheoFIT 774 в количестве 0,2 л на 100 кг цемента и Пенетрон Адмикс в количестве 1 % от массы цемента в малоцементные составы;

- доказано, что высокопрочный искусственный каменный материал на основе ОДКП может быть получен для составов с содержанием цемента до 10 %, при использовании в качестве модификаторов 1-3 % раствора HF и метилгидроэтилцеллюлозы в количестве 0,04 – 0,5 % или стирол-акриловой дисперсии в количестве до 2,3 % от массы твердых компонентов.

Практическая значимость и внедрение результатов работы:

- разработаны предложения по комплексному использованию неоднородных отсевов дробления низкопрочных, неводостойких карбонатных пород в производстве стенового каменного материала;

- разработаны составы и технология получения стенового атмосферостойкого искусственного каменного материала, в том числе параметры подготовки карбонатного сырья и формовочных смесей, формования изделий и условий их твердения;

- разработаны технические условия на искусственный прессованный камень на основе ОДКП республики Марий Эл;

Результаты исследований использованы при выпуске опытной партии мелкоштучного искусственного камня и внедрены в производство на предприятии ООО «Корвет» (республика Марий Эл).

При проведении диссертационного исследования применялись общенаучные и специальные физико-механические и физико-химические и математические методы: рентгеноструктурный анализ, метод электронной микроскопии, методы математического моделирования.

Достоверность результатов исследования обеспечена:

- использованием при проведении экспериментальных исследований методик, регламентированных действующими стандартами, а также применением поверенного оборудования;

- большим объемом экспериментальных исследований, выполненных с применением современной электронно-вычислительной техники и программного обеспечения [1] при статистической обработке результатов и опытно-производственными испытаниями.

На защиту выносятся:

- научное обоснование причин низкой водостойкости и механизма повышения водостойкости искусственного каменного материала на основе ОДКП;

- закономерности формирования основных физико-технических свойств исследуемого искусственного каменного материала под влиянием параметров технологии и состава;

- результаты экспериментальных исследований модифицирования искусственного каменного материала на основе ОДКП;

- новые составы и технология получения атмосферостойкого прессованного искусственного стенового каменного материала с прочностью при сжатии до 25 МПа, коэффициентом водостойкости не ниже 0,9 и морозостойкостью F50, изготовленного при комплексном использовании неоднородных отсеков дробления низкопрочных и неводостойких карбонатных пород;

- рациональные параметры технологии производства и оптимальные составы прессованного искусственного стенового каменного материала.

Апробация результатов исследования

Основные результаты и положения настоящей диссертационной работы представлялись и докладывались на следующих научных конференциях: Всероссийской научной конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов. XIX научные чтения», г. Белгород, 2011 г.; Всероссийской междисциплинарной научной конференции «Инновационные ресурсы и инновационная безопасность в эпоху глобальных трансформаций. Пятнадцатые Вавиловские чтения» МарГТУ, г. Йошкар-Ола, 2011 г.; Международной научной конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика», г. Пенза, 2012 г.; Международной научной конференции студентов и аспирантов по естественнонаучным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых» ПГТУ, г. Йошкар-Ола, 2013 г.; Международной междисциплинарной научной конференции «XVIII Вавиловские чтения. Социально-гуманитарные и естественно-технические системы в пространстве глобальных трансформаций в современном мире и место в них России» ПГТУ, г. Йошкар-Ола, 2014 г.

Публикации

По результатам проведенного комплекса исследований опубликовано 12 работ, в том числе 5 – в изданиях, рецензируемых ВАК.

Структура и объем работы

Настоящая диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук состоит из введения, 5 глав, основных выводов, списка литературы, 15 приложений и содержит 163 страницы машинописного текста, 44 рисунка, 49 таблиц. Список использованных источников включает 173 позиции.

ГЛАВА 1

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Карбонатные породы как сырьевой материал для производства строительных материалов

Карбонатные породы Казанского яруса широко распространены в восточных районах Республики Марий Эл (РМЭ), в пределах центральных и южных районов Кировской области, а также в Нижегородской области, на большей части территории Республики Татарстан, и в южной части Удмуртской республики. Некоторое ограниченное число месторождений казанского возраста имеется в Чувашской республике, Самарской и Саратовской областях.

В таблице 1.1 представлены основные сведения о свойствах карбонатных пород, разрабатываемых в РМЭ.

Таблица 1.1

Основные свойства карбонатных пород Республики Марий Эл

№ п/п	Наименование месторождения	Химический состав, %:		Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %	Средняя плотность, кг/м ³
		CaCO ₃	MgCO ₃			
1	Пумерское	82,16	9,98-11,44	20,0 - 100,0	1770 - 2630	1,45 - 12,20
2	Коркатовское	57,11	32,68	11,7 - 91,30	1900 - 2610	0,60 - 14,3
3	Шуледурское	94,06	3,13	10,6 - 108,9	1830 - 2690	0,5 - 9,0
4	Новоторьяльское	50,73-95,76	1,46-45,35	43,5 - 44,9	780 - 2250	5,3 - 6,6
5	Юрдурское	51,94-98,74	1,15-40,15	10,0 - 60,0	1570 - 2630	0,5 - 18,8
6	Помашьяльское	60,08-97,06	5,46-34,46	30,0	1760 - 2710	0,5 - 10,0
7	Чукшинское	60,29-87,82	4,45-34,67	30,0 - 40,0	2000 - 2600	0,5 - 10,0
8	Иван-Солинское	74,4-85,09	18,72-9,88	23,5 - 93,04	2140 - 2180	0,72 - 16,8

Татарские отложения карбонатных пород встречаются в северных районах Поволжья и Прикамья – в Кировской, Нижегородской областях, в Чувашской и Удмуртской республиках, Татарстане, Республике Марий Эл. В

большинстве из приведенных регионов они представлены маломощными линзовидными прослоями известняков и доломитов.

При разработке карбонатных осадочных пород в РМЭ технологические отходы составляют около 40 % разрабатываемой породы. Основные сферы использования получаемых при разработке отходов (отсевов дробления) – сельское хозяйство (в виде доломитовой муки) и дорожное строительство (в виде минерального порошка для асфальтовых бетонов).

Карбонатные породы месторождений РМЭ отличаются высокой неоднородностью по плотности и минералогическому составу: содержание магнезитов в пределах одного месторождения изменяется в пределах 30 % [2]. Это сдерживает использование местных карбонатных пород в производстве извести, силикатных изделий и иных видов строительных материалов. Исключение составляют отдельные небольшие месторождения сравнительно чистых известняков, пригодных для производства кальциевой извести в частности – Шуледурское, где содержание $MgCO_3$ составляет 3,13 %. Шуледурское месторождение разрабатывается известковым заводом Ронгинского карьероуправления. Проектная мощность завода – 18 тыс. т. извести в год. По оценкам специалистов дефицит потребности республики Марий Эл в извести составляет 87 тыс.т. Большая часть потребности в извести сегодня покрывается за счет ввоза известнякового камня из Владимирской и Рязанской областей.

Сегодня карбонатные породы Республики Марий Эл частично находят применение в дорожном строительстве в качестве минерального порошка для асфальтовых бетонов и в качестве низкосортного щебня для устройства дорожных оснований. Небольшая доля выветрелых карбонатных пород и отсевов дробления в виде доломитовой муки используется для известкования почв в сельском хозяйстве.

Использование пород в качестве крупного заполнителя для бетона требует сортировки щебня по разрабатываемым участкам с целью выделения более прочного. Для производства конструкционных бетонов в

промышленных масштабах в качестве крупного заполнителя применяют, как правило, привозные материалы: щебень и гравий, так как щебень из карбонатных пород местных карьеров не соответствует требованиям по прочности и водостойкости. Применение привозного щебня из плотных изверженных пород вследствие высоких транспортных расходов приводит к значительному удорожанию товарного бетона и сборных железобетонных конструкций.

Свойства осадочных карбонатных пород зависят от плотности их структуры, минералогии и наличия примесей. Прочность карбонатных пород также изменяется в широких пределах - от 1 до 250 МПа, а их средняя плотность – от 800 до 2600 кг/м³. Пористые известняки имеют прочность от 1 до 15 МПа [3]. Неоднородность свойств сырья в пределах одного месторождения является характерным показателем карбонатных пород: в природе различные виды карбонатных пород и их переходные формы очень часто присутствуют в пределах одного карьера.

Марка щебня из осадочных и метаморфических пород определяется испытаниями по дробимости. Местные осадочные карбонатные породы редко используются в качестве щебня в бетонах в силу присутствия в них слабых пород. По прочности в насыщенном водой состоянии местные карбонатные породы относятся к категории мягких (марка по дробимости от 200 до 300) и средней твердости (марка по дробимости 300-600) [4]. Щебень, добываемый на карьерах Республики Марий Эл, по дробимости редко превышает марку 400.

Щебень из карбонатных пород РМЭ по содержанию зерен пластинчатой и игловатой формы относится в основном к 3-й и 4-й группе, с содержанием зерен пластинчатой и игловатой формы свыше 25 %. Содержание зерен слабых составляет около 15 %. Щебень Республики Марий Эл по морозостойкости практически не превышает марку F25. Содержание глины в комках для местного щебня не характерно.

Радиационно-гигиеническая оценка проб щебня подтверждает его экологическую чистоту и пригодность для применения в промышленных и гражданских зданиях в пределах населенных пунктов.

Систематизация сведений по запасам осадочных пород РМЭ позволяет считать, что Республика Марий Эл располагает большими запасами карбонатных пород, рациональное и комплексное использование которых в значительной степени не освоено.

Анализ нормативных требований показывает, что щебень, получаемый из карбонатных пород месторождений РМЭ удовлетворяют пониженным требованиям по прочности, предъявляемым к заполнителям для бетонов (марка по дробимости 300) и может быть использован только выборочно. Отсевы дробления карбонатных пород РМЭ практически не используются.

1.2. Практика комплексного использования природных каменных материалов

Комплексное и рациональное использование карбонатного сырья предусматривает организацию безотходного производства, решающего задачу охраны окружающей среды. В строительстве комплексное использование карбонатного сырья предполагает:

- производство естественных строительных материалов (стенового камня, облицовочной плитки, щебня для бетонов);
- утилизацию отсевов дробления при изготовлении искусственного стенового камня и искусственной облицовочной плитки;
- применение известнякового микрозаполнителя в составе цемента (в соответствии с появлением гармонизированного с Европейским нормативом на цемент EN 197-1 отечественного стандарта ГОСТ 31108-2003 [5]), бетона и сухих строительных смесей.

Плотные карбонатные породы (известняки, мраморы, доломиты) давно и в больших объемах применяются при производстве щебня, используемого в технологии бетонов в качестве крупного заполнителя [6]. Фактически,

решение задачи эффективного использования ресурсов (как энергетических, так и сырьевых) при промышленном изготовлении бетона и железобетона, (сборного и монолитного) возможно реализовать при использовании химических модификаторов. Использование химических модификаторов (добавок) открывает возможность получения конечного материала с высокими качественными показателями, но при этом – с меньшей себестоимостью, ввиду использования в производстве отходов различных отраслей промышленности [7]. В полной мере данный подход сохраняется при изготовлении строительных материалов методом полусухого прессования.

Горные предприятия [8], накопили в отвалах примерно 5 млрд. м³ пород, из которых, по разным оценкам, осваивается не более 9-12%. Из размещенных в отвалах скальных пород около 1 млрд. м³ пригодно для выпуска щебня [9]. Увеличения номенклатуры нерудных строительных материалов (НСМ) можно добиться проведением перевооружения производства. В частности, сообщается, что в Орском карьероуправлении номенклатура НСМ расширена до 10 видов, на Каменногорском – до 8 [10].

В отсевах камнедробления сосредоточены самые высокопрочные фракции щебня (3-10 и 5-10 мм), так как при дроблении происходит обогащение материала по прочности, материал разрушается по наиболее слабым зонам. Зарубежная практика изготовления высокопрочных и особо высокопрочных бетонов М1400-М1500 свидетельствует о том, что наиболее эффективно в таких бетонах использовать щебень с крупностью зерен не более 12-16 мм. Для самоуплотняющихся и саморастекающихся бетонных смесей с суперпластификаторами предпочтительнее фракции 3-10 мм [11, 12]. При использовании мелких щебеночных зерен заполнителя с более низким гравитационным фактором, вызываемым силой тяжести ($F=mg$), повышенная взвешивающая способность цементного теста при одинаковой прослойке реологической цементно-водно-песчаной матрицы снижает силы трения между частицами мелкого щебня в большей степени, чем крупного.

Это значительно улучшает растекаемость смесей. В связи с этим карьеры, производящие отсеvy камнедробления фракции 0-10 мм, должны извлекать из них щебень 2,5-3-10 мм, отделяя его от тонкой фракции. Затраты на эту операцию будут минимальны, так как грохочение является малоэнергоёмкой операцией технологического процесса.

Фракционированные отсеvy камнедробления (фракция 3-10 мм) – наиболее экономичный щебень для вибропрессованных мелкоштучных изделий широкой номенклатуры, выпускаемых зарубежными автоматизированными линиями с установками Besser, Hess[13] и т. п. и отечественной Рифей. Таким образом, проблема реализации карьерами отсеvов камнедробления для заводов железобетонных изделий и бетоносмесительных узлов монолитного бетона связана в первую очередь с необходимой их подготовкой, то есть с отсеvом тонких фракций 0-3 мм. Этот побочный продукт в виде базальтовой, карбонатной муки за рубежом уже востребован. Он станет наиболее востребованным сырьём для получения каменной муки для производства супербетонов, геошлаковых и геосинтетических вяжущих. Современные высокопрочные бетоны марок 1000-2000, выпускаемые за рубежом, изготавливаются в последние годы с добавками микрокремнезема и каменной муки. Каменная известняковая, кварцевая, базальтовая, андезитовая каменная мука в современных бетонах становятся неотъемлемыми и почти равнообъемными компонентами в смешанных вяжущих для бетонов общего назначения, не заменяя части цемента, как рекомендовалось ранее, а дополняя его. Она, увеличивая объём реологической матрицы, улучшает растекаемость смесей, если используются суперпластификаторы. Это позволяет существенно снизить расход воды, повысить плотность, прочность бетона и другие физико-технические его свойства.

Более масштабное потребление каменной муки ожидается в высокопрочных реакционно-порошковых бесщебёночных тонкозернистых бетонах нового поколения [14] и в щебёночных бетонах общего назначения

марок 200-500 МПа. Реалии современного строительного материаловедения, проявляющиеся как в теории, так и на практике, наглядно демонстрируют тенденцию постепенного перехода цементных растворов и бетонов из разряда систем, содержащих в своем составе 4 – 5 компонентов в разряд систем с 7 и более компонентами, наполненных минеральными и органическими модификаторами, выполняющими различные функции. Преимущество структуры цементной матрицы с дополнительным минеральным компонентом – наполнителем состоит в локализации внутренних дефектов, снижении их размеров и количества. При рассмотрении механизмов повышения прочности наполненных цементных систем, особенно при использовании тонкодисперсных химически активных наполнителей, стоит задача изучения процессов гидратации, структурообразования и кристаллизации, обеспечивающих, повышение адгезии на границах раздела фаз, и в конечном итоге, способствующих повышению прочности и долговечности материалов. В связи с этим целесообразно рассмотрение эффективности применения отсевов дробления карбонатных пород в качестве микронаполнителя в бетоне.

Порошковые бетоны не содержат естественного природного песка в обычном его понимании и состоят из цемента, каменной муки, тонких от 0,1 до 0,5 (0,7 мм) фракций песка (возможно горного из отсевов), микрокремнезема, суперпластификатора и тонких волокон стальной фибры или объемных тканых каркасов из стальных нитей диаметром 10-40 мкм. В щебеночные бетоны общего назначения можно вводить муку в соотношении к цементу 1:0,5-1:1. Это означает, что каменные карьеры в перспективе будут иметь мощности по выпуску каменной муки, не уступающие мощностям по производству портландцемента.

Естественно, на карьерах должна быть создана соответствующая инфраструктура с технологическими операциями грохочения отсевов на мелкозернистый щебень, выделения из отсева тонких фракций песка размером 0,1-0,5 (0,7 мм), помола с одновременной сушкой каменной муки

до удельной поверхности $S_{уд} = 300-350 \text{ м}^2/\text{кг}$ (остаток на сите 0,08 не более 10%), хранения и отгрузки ее потребителю в цементовозах. Горы отсево-камнедробления, с одной стороны, – дешевая сырьевая база, с другой – качественный продукт для бетонов общего назначения настоящего и высокопрочных бетонов будущего.

Производство мелкозернистого щебня фракции 3-5 мм и каменной муки может быть организовано в любом регионе, не имеющем месторождений прочных каменных пород, на основе привозных отсево-камнедробления [15].

Эффективное решение проблемы ресурсосбережения и охраны окружающей среды, стоящей перед строительной индустрией на современном этапе, связано как с оптимизацией технологических процессов производства, так и с созданием новых направлений и принципов получения искусственного камня. Материалом, в котором заложены потенциальные возможности ресурсосбережения как энергетических, так и сырьевых запасов, является воздушная известь. Несмотря на то, что воздушная известь является одним из древнейших строительных материалов и неизменно на протяжении тысячелетий находит себе применение, человечество до сих пор не использует в полной мере заложенные в ней возможности [16]. В середине XX столетия искусственную карбонизацию извести и известковых растворов изучали в СССР в Академии коммунального хозяйства (1938-1948 гг.) и в НИИ-стройнефти (1948-1950 гг.). Подобные работы проводились в США и Израиле в 50-х гг. XX века [17,18]. Однако, отдельные положительные результаты, полученные в лабораториях и даже в опытных производственных условиях, не привели к массовому производству известковых искусственно карбонизированных изделий. Карбонизация известкового теста возможна лишь при определенной влажности системы; регулируя влажность, можно управлять карбонизацией извести во времени. Наибольшее влияние величина карбонизированного слоя оказывает на показатель коэффициента размягчения: с увеличением толщины

карбонизированного слоя коэффициент размягчения повышается [16]. Наиболее перспективным направлением использования известковой матрицы карбонизационного твердения является ее применение в известково-карбонатных системах. В качестве карбонатного микронаполнителя могут выступать различные побочные продукты камнепиления известняков и доломитов. В пользу известняковых наполнителей выступает тот факт, что известняк является исходным продуктом для получения извести, имеет с известью одинаковую природу происхождения, а также аналогичную структуру вещества с продуктом карбонизации извести – вторичным карбонатом кальция. Все сказанное подводит к мысли, что в результате карбонизации известкового теста новообразующийся CaCO_3 может срастаться с CaCO_3 карбонатного наполнителя и в результате давать прочный искусственный камень. Рассмотренные предположения легли в основу организации исследований по созданию технологии получения композиционных материалов на основе извести карбонизационного твердения. Программа исследований включала прессование сырьевой смеси известкового теста с различными массовыми количествами известнякового наполнителя с различной удельной поверхностью. При формовании опытных образцов диаметром 50 мм варьировали влажность сырьевой смеси и удельное давление прессования для получения бездефектных образцов. Полученные образцы карбонизировали в течение 6 ч. В результате исследований установлено, что при реализации предложенной технологии возможно получить прочный искусственный камень прочностью до 12-20 МПа при средней плотности 1350-1700 кг/м³; коэффициент размягчения опытных образцов составил 0,85-0,9, что достаточно для изготовления различных стеновых строительных изделий, в том числе облицовочной плитки. Максимальный предел прочности при сжатии искусственного известкового карбонат-наполненного камня карбонизационного твердения достигается при доле карбонатного наполнителя 50-60% при удельной

поверхности известняка $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ и 35-40 % при удельной поверхности $1500 \text{ м}^2/\text{кг}$ [16].

Опыт применения природных каменных материалов из неморозостойких карбонатных пород показал, что их стойкость может значительно возрасти за счет поверхностной обработки изделий флюатами, водным 3%-ным раствором ГКЖ, последовательной обработкой поверхности спиртовым раствором калийного мыла и уксусно-кислым глиноземом, попеременной обработкой растворимым стеклом и хлористым кальцием. Эксплуатационная долговечность пыльных известняков может быть повышена путем их периодического искусственного увлажнения [19].

Исследование поверхностных явлений, участвующих в формировании структуры композиционного материала, позволили установить, что при затворении водой поверхностные слои карбонатных частиц подвержены диссоциации, вследствие чего, поверхность частиц приобретает заряд. На заряженной поверхности адсорбируется вода и часть ионов Mg^{2+} и Ca^{2+} , образуя гранулу. Вокруг гранулы возникает диффузный слой воды и противоионов. Под действием электростатических сил частицы материала адсорбируют на своей поверхности воду с образованием прочно связанной с поверхностью сольватной оболочки, за которой под воздействием силового поля группируются менее прочно связанные молекулы диффузной воды. Такая структура сорбированных комплексов, приведенная на рисунке 1, предопределяет снижение водостойкости прессованного камня из частиц карбонатных пород [20].

Введение в систему цемента образует межфазные контакты типа цемент – вода – карбонатная частица. Процесс гидратации цемента обеспечивает образование прочной связи карбонатной частицы с поверхностью зерна цемента через сольватную оболочку и слой кристаллогидратов (схема представлена на рисунке 1.1). При этом водостойкость цементно-карбонатного материала зависит от соотношения площадей поверхности зерен цемента и частиц ОДКП [20].

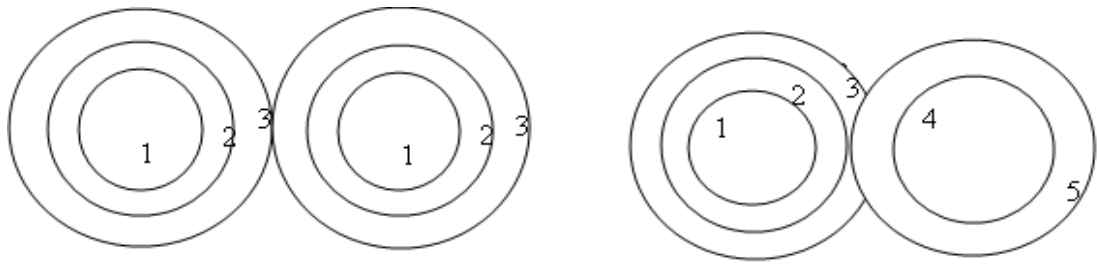


Рисунок 1.1 Схема взаимодействия карбонатных и цементных частиц: 1 – частица карбонатной породы; 2 – адсорбционный слой воды с противоионами Mg^{2+} и Ca^{2+} ; 3 – диффузный слой воды с противоионами; 4 – частица цемента; 5 – слой кристаллогидратов

1.3. Опыт технологии применения отсевов дробления природных каменных материалов в производстве бетонов

Разработка новейших энергосберегающих технологий бетона и обеспечение потребностей капитального строительства в эффективных видах бетонов на основе местных карбонатных пород лежит в створе решения проблем ресурсосбережения.

В связи с этим были проанализированы результаты исследований отечественных и зарубежных ученых, занимающихся изучением свойств бетонов и технологией их получения.

Изучению структуры и свойств бетонов, вопросов использования отсевов дробления горных пород посвящены работы Баженова Ю.М., Буткевича Г.Р., Буянова Ю.Д., Зозули П.В., Ицковича С.М., Лазуткина А.В., Калашникова В.И., Прошина А.П., Соколовой Ю.А., Урьева Н.Б., Федосова С.В., Форопонова К.С., Шелихова Н.С., Юндина А.Н., Vornemann R., Fenling E.

Исследованиям в области модификации свойств бетона химическими добавками посвящены работы Ю.М. Баженова, Г.С. Рояка, В.Г. Батракова, В.А. Вознесенского, Л.М. Добшица, Т.В. Ляшенко, В.В. Козлова, П.Г. Комохова, О.П. Мчедлова-Петросяна, В.С. Рамачандрана, В.Б. Ратинова, Т.И. Розенберг, А.В. Ушерова-Маршака и других учёных.

На сегодняшний день на рынке химической продукции для строительной отрасли присутствует ряд отечественных и зарубежных фирм, производящих специализированные модификаторы для цементных

композиционных материалов различного спектра действия (пластификаторы, ускорители и замедлители набора прочности, противоморозные добавки, комплексные модификаторы и т.д.) [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27]. Ввиду широкой номенклатуры реализуемых химических добавок и высокого уровня актуальности задачи повышения качества современных строительных материалов и изделий, существенное внимание ученых уделяется исследованиям эффективности применения метода физико-химического модифицирования при изучении таких вопросов как разработка составов эффективных литых и самоуплотняющихся бетонных смесей [28, 29, 30, 31, 32, 33, 34] и мелкозернистых бетонов [35, 36, 37, 38, 39, 40], формирование показателей морозостойкости [41, 42, 43, 44, 45, 46] и водонепроницаемости бетонов [47, 48, 49, 50]. Значительную долю исследований, проводимых в области разработки современных видов высококачественного экологически чистого искусственного строительного камня на основе цементного вяжущего, составляют вопросы формирования технико-эксплуатационных характеристик материала при введении в рецептуру комплексных химических модификаторов [51, 52, 53, 54, 55], а также супер- и гиперпластификаторов [56, 57, 58, 59, 60, 61]. Кроме того, необходимо отметить, что в последние годы все большее развитие получает направление совершенствования свойств бетона, базирующееся на интеграции результатов научной деятельности в сфере нанотехнологий в область строительного материаловедения [62, 63, 64, 65, 66].

В тоже время, ряд ученых уделяет особое внимание применению наиболее дешевых и доступных заполнителей искусственного строительного камня, а также их производству из местного сырья и отходов промышленности [67].

В контексте данных направлений исследований, учитывая низкую прочность карбонатных пород, была сформулирована гипотеза о возможности повышения эффективности их применения в бетонах за счет ограничения количества карбонатного щебня, при условии дополнительного

использования поверхностно-активных модификаторов, снижающих водопотребность бетонной смеси и улучшающих структуру растворной части бетона [68].

Комплексное исследование влияния содержания карбонатного щебня Коркатовского карьера республики Марий Эл, вводимого в виде смеси двух фракций: фракции 10-20 мм – 60 % и фракции 5-10 мм – 40 % по массе соответственно, в присутствии модификатора СДО в количестве от 0 до 0,06 % от массы цемента, на свойства бетона, получаемого из равноподвижных смесей жесткостью 20 с методом виброуплотнения позволило установить, что бетон, получаемый на основе карбонатного щебня, при содержании последнего в диапазоне 0,7 – 0,9 м³, обладает высоким показателем водостойкости. Для получения бетона с повышенными показателями морозостойкости и прочности, при расходе цементного вяжущего в количестве 350 кг на 1 м³, рекомендуются составы с содержанием карбонатного щебня в количестве не менее 0,8 м³ на 1 м³ бетона, при введении в рецептуру добавки СДО в количестве 0,03 %. [69]. Прочность получаемых составов бетона составляет в среднем 36,4 МПа, морозостойкость соответствует марке F150. При этом, минералогический состав применяемого щебня характеризовался присутствием 59 % доломита и 40 % кальцита. Примеси в пределах 1 % были представлены минералами кварца и полевого шпата.

В ходе проведения экспериментальных исследований на равноподвижных смесях [69] установлено, что введение химической добавки СДО в количестве 0,03 % при постоянном расходе цемента 350 кг/м³ приводит, ориентировочно, к 5 %-му уменьшению водопотребности. Увеличение содержания добавки СДО до 0,06 % от массы вяжущего приводит к незначительному снижению исследуемого показателя. При снижении количества вводимого в состав 1 м³ бетона карбонатного щебня с 0,9 до 0,7 м³, при условии отсутствия химической модификации, прочность получаемого материала понижается с 34 МПа до 28,8 МПа. Включение в

рецептуру составов модификатора СДО приводит к росту показателя прочности на 5-7 %. Кроме того выявлено, что максимально эффективным, с точки зрения понижения объема капиллярно открытых пор в бетоне, при содержании карбонатного щебня в количестве 0,7 – 0,9 м³, является модифицирование составов химической добавкой СДО, вводимой в количестве 0,03 % от массы используемого цемента. В частности, введение данного количества химического модификатора в рецептуру состава с содержанием щебня 0,9 м³ на 1 м³ бетона приводит к снижению капиллярно-открытой пористости до значения 13,4 %, при величине значения данного параметра базового состава (без модификации) – 14,4 %. Повышение содержания модификатора в составе до величины 0,06 % от массы цемента не способствует дальнейшему понижению рассматриваемого параметра. [70].

В рамках исследования [69, 70] получена зависимость морозостойкости бетона от содержания карбонатного щебня и модификатора СДО, представленная на рисунке 1.2.

Установлена возможность повышения показателя морозостойкости бетона, изготавливаемого из составов с содержанием карбонатного щебня 0,8-0,9 м³ на 1 м³ бетона. Увеличения марки по морозостойкости с F100 до F 150 можно добиться введением в рецептуру рационального количества химической добавки СДО (0,03 % от массы цемента) [70].

В технической литературе имеются сведения о возможности протекания процесса щелочно-карбонатной коррозии при использовании доломитов в цементных бетонах проходящей с увеличением объема [71, 72]. При этом описан механизм щелочно-карбонатной коррозии, сопровождающейся увеличением объема, началом которой является химическое взаимодействие доломита со щелочами цемента по схеме: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + 2\text{ROH} \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CaCO}_3 + \text{R}_2\text{CO}_3$ [71].

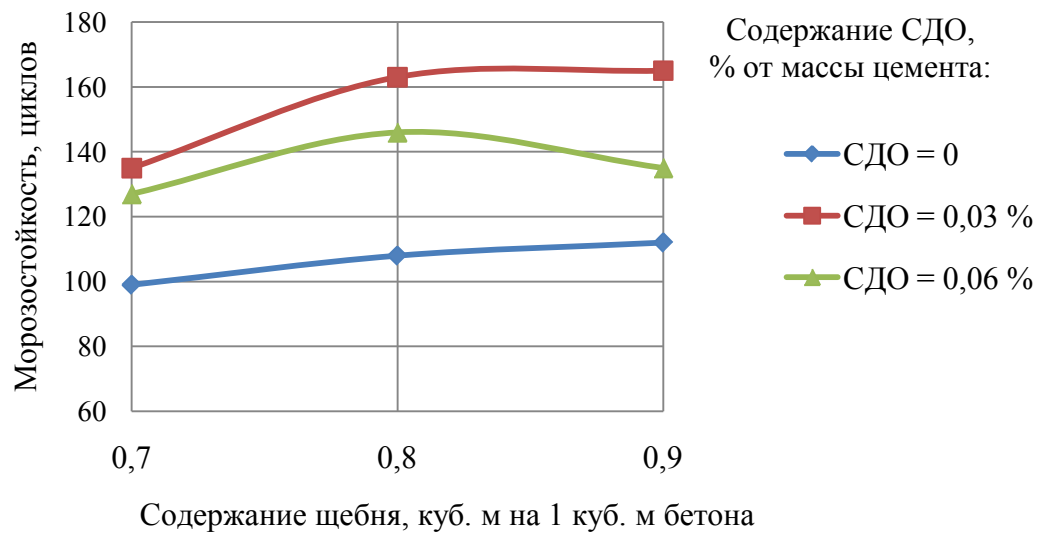


Рисунок 1.2. Зависимость морозостойкости бетона при постоянном расходе цемента 350 кг/м^3 от расхода карбонатного щебня и содержания добавки СДО

Протекание подобной реакции маловероятно. Часто предполагают, что наиболее активные металлы (Na, K) в электрохимическом ряду напряжений могут вытеснять менее активные металлы из солей в водных растворах. Однако следует учитывать, что радиус ионов K^+ и Na^+ меньше, чем ионов Mg^{2+} . Электрическое поле, возникающее вблизи ионов Na^+ , K^+ , более сильное, чем у ионов Mg^{2+} . Благодаря этому гидратация ионов Na^+ , K^+ протекает более энергично по сравнению с гидратацией ионов Mg^{2+} . По этой причине прогидратировавшие щелочные металлы в обычных условиях не вытесняют другие металлы (Mg), стоящие правее в электрохимическом ряду напряжения из водных растворов солей [73].

До недавнего времени совершенствование технологии производства бетонов развивалось в направлении разработки интенсивных, как правило, энергоемких методов укладки жестких бетонных смесей с низким водоцементным отношением [74, 75]. В настоящее время большое внимание уделяется химической модификации составов. Повышение качества и долговечности бетонов с возможно более низким водоцементным отношением направлено на получение более экономичным способом расхода цемента составом, а также на снижение деформационных процессов,

присущих бетону и сопровождающих твердение бетона в течение длительного периода времени. Наиболее изученным методом повышение качества и долговечности бетонов является снижение водопотребности бетонных смесей за счет совершенствования технологии.

С учетом тонкодисперсной природы и пористости, присущих отсевам дробления карбонатных пород, использование их для производства искусственного стенового камня методом полусухого прессования (гиперпрессования) представляется перспективным. Гиперпрессование – это метод изготовления строительных материалов, основная суть которого состоит в том, что под высоким давлением происходит взаимное трение мелкодисперсных частиц вещества. При протекании данного процесса с поверхности частиц происходит срыв оксидных пленок, образование открытых ювенильных поверхностей и когезии между ними. В присутствии вяжущих веществ, с высоким химическим сродством к веществу мелкодисперсных частиц (например, цемента), необходимые давление прессования и глубина помола резко уменьшаются. Технология гиперпрессования предполагает возможность использования вяжущего вещества (цемента) в количестве 8-12 %. По методу гиперпрессования для формовки изделий используют такие породы, как ракушечник, известняк, туф и т.д., при этом изделия приобретают повышенную стойкость в агрессивных средах и окружающей среде [76].

В республике Молдова освоена технологическая линия по производству цементно-карбонатного щелевидного камня. По физико-техническим и архитектурным показателям щелевидный камень не уступает природному камню. Предел прочности при сжатии блоков составляет 5-7 МПа, теплопроводность 0,5 Вт/мК при плотности 1800 кг/м³. Щелевидный камень имеет размеры: 190×390×188 мм. Стеновой камень выпускается при следующем соотношении компонентов: цемент марки ПЦ500 – 5 весовых частей (в.ч.), карбонатные отходы камнепиления – 85 в.ч. и вода – 10 в.ч. Расход цемента на 1 м³ бетона составляет 110 кг. Изделия изготавливают

методом полусухого прессования на станках СМГ-224 производительностью 4,5- 5 м³/ч [77]. Изделия твердеют в естественных условиях. Стеновой камень используется для несущих и ограждающих конструкций.

В работах Б.В. Талпа, Н.И. Бойко, В.И. Седлецкого, В.Д. Котляра [78, 79, 80] формулируются экологические проблемы, сопутствующие процессу добычи и переработки карбонатных пород, связанные со складированием отходов дробления на значительной площади, увеличением пылевой нагрузки на окружающую среду, размывом отвалов и, выделяется, в качестве одного из основных вариантов решения проблемы утилизации данных отходов, возможность применения их при производстве строительных материалов методом гиперпрессования. В более поздней работе Б.В. Талпа отмечается возможность получения высококачественных гиперпрессованных изделий на карбонатных заполнителях, в частности на отсевах дробления карбонатных пород, с пределом прочности при сжатии через 28 суток от 15,8 до 42,3 МПа и морозостойкостью до F 35. При этом уточняется, что помимо высокой прочности этот материал обладает улучшенным качеством поверхности и постоянством геометрических форм и размеров [81].

К.С. Форопонов на основании проведенного комплекса экспериментальных исследований подтвердил возможность получения водостойких жесткопрессованных цементно-меловых композиций с использованием легкоразмокаемого и малопрочного мела. Получение данных композиций осуществлялось на основе использования принципов механохимической активации. В частности использовались: введение гидрофобизирующих добавок, интенсификация перемешивания, регулирование зернового состава. В результате, материал приобретал высокие эксплуатационные свойства - марка по прочности М 150 и более и морозостойкость F 35 [82].

Необходимость применения химических модификаторов в процессе производства гиперпрессованного искусственного строительного камня с целью повышения его технико-эксплуатационных характеристик

подтверждается также и рекомендациями промышленных предприятий-производителей данного вида продукции. Так в статьях, размещенных на интернет сайте ООО «РиК», предприятия основанного выпускниками и аспирантами РХТУ им. Д.И. Менделеева (г. Воскресенск Московской области), отмечается, что одним из технологических приемов, позволяющих улучшить качество гиперпрессованного кирпича на основе карбонатных пород, является применение гидрофобизаторов, повышающих морозостойкость и уменьшающих образование высолов [83]. Необходимость подбора специальных химических добавок для повышения эффективности применения метода полусухого гиперпрессования и улучшения внешнего вида получаемого строительного материала на основе отсевов твердого известняка, отмечается и для изготовления гиперпрессованной тротуарной плитки [84].

В процессе изготовления строительных материалов методом полусухого прессования на формирование технико-эксплуатационных характеристик изделий помимо химической модификации существенное влияние оказывает также ряд технологических факторов. В частности, анализ работ [85, 86, 87] позволяет сделать вывод о главенствующей роли зернового состава частиц при формировании плотности их упаковки, процесса удаления воздуха при прессовании и т.д.

Помимо зернового состава, определяющими фактором, с точки зрения формирования качественных характеристик прессованного материала, по мнению ряда авторов [88, 89, 90, 91, 92] является форма и внутреннее строение минеральных частиц смесей, а также значение прессующего давления и величина контактной поверхности [89, 93, 94].

Особое место в рассматриваемой теме занимает вопрос количественного содержания воды и характера ее поведения внутри прессуемого материала. Оптимальное содержание воды, как технологической связки, характеризуется, в первую очередь, требуемым уровнем смачивания частиц смеси и как следствие уменьшением сил трения и снижением

сопротивления уплотнению смеси. Превышение значения прессующего давления может привести к существенному снижению прочностных показателей производимого изделия. В частности, отмечается, что технологическая связка в формовочных смесях занимает существенную часть объема пор системы, и, следовательно, при высоком содержании может лимитировать ее уплотнение [86]. Также важным технологическим аспектом введения воды в состав смеси является тщательное перемешивание, требуемое для обеспечения равномерного распределения жидкости по всему объему смеси. Характерный пример проявления неравномерного распределения воды по объему смеси состоит в резко повышенной влажности крупных зерен порошков для производства строительной керамики по сравнению с мелкими [95, 96, 97].

Анализ литературных источников [98, 99, 100, 101, 102, 103] относительно структуры и свойств воды в тонких пленках, показывает, что при уменьшении толщины пленок воды свойства последней постепенно приближаются к свойствам твердых тел.

Еще одной отличительной технологической особенностью процесса прессования является расширение материала в направлении хода штампа после снятия давления, а так же в боковые стороны, после извлечения из пресс-матрицы. Отрицательное влияние упругого расширения прессуемого изделия, достигающее в ряде случаев 2 % и более его объема рассматривалось многими учеными в различных областях техники [104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113]. Очевидно, что на конечное фактическое значение величины упругого расширения существенное влияние будут оказывать силы сцепления между частицами прессуемого материала, а также объем защемленного воздуха.

Совершенствование процесса интенсивного перемешивания жестких смесей направлено на создание высокопроизводительного смесительного оборудования и активацию цемента. Исследуются новые виды смесительного оборудования, в которых традиционные способы приготовления бетонной

смеси интенсифицируются ультразвуковыми, вибрационными, электрическими, тепловыми, высокоскоростными механическими и воздушными воздействиями [114, 115]. Практика подтверждает возможность повышения прочности бетонов на 20 % и более технологическим методом активации вяжущего [75, 116, 117, 118, 119].

Получение смесей с высокой удобоукладываемостью с помощью суперпластификаторов открыло путь для распространения малоэнергоёмких технологий на основе самоуплотняющихся литых бетонных смесей [120, 121, 122]. Применение суперпластификаторов рассматривается сегодня как наиболее технологичный способ повышения удобоукладываемости без увеличения водоцементного отношения бетонных смесей [123, 124, 125, 126]. Установлено, что удобоукладываемость цементных паст обуславливается диспергирующим эффектом суперпластификаторов, который связан с кинетикой гидратации цемента и адсорбцией полимеров [127, 128, 129, 130, 131, 132]. Водопонижение при использовании суперпластифицирующих добавок наблюдается для всех типов цемента, но цементы разного минералогического состава реагируют на присутствие пластификаторов в разной степени. Повышение эффективности действия суперпластификатора в бетонах с карбонатным наполнителем позволит значительно повысить их качество и долговечность.

Из числа суперпластификаторов на сегодня не потеряли актуальность нафталиноформальдегидные суперпластификаторы, содержащие в своем составе некоторое количество (обычно 10-12%) сульфата натрия [128]. Растворимость сульфата натрия имеет выраженную температурную зависимость: при температуре ниже 32,4 °C из раствора кристаллизуется безводная соль, а декагидрат $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (таблица 1.2). Вследствие этого содержание свободной воды в системе понижается, что приводит к усилению выделения осадка.

Пластификация цементных систем (в общем случае, минеральных суспензий) предполагает адсорбцию суперпластификатора на поверхности частиц твердой фазы, в частности, гидратных новообразований.

Таблица 1.2

Температурная зависимость растворимости сульфата натрия

Температура, °С	0	20	32,4
Растворимость, %	4,76	16,3	33,6

Наиболее быстро гидратирующей фазой клинкера является C_3A . Алюмосодержащие фазы обладают также наибольшей активностью по отношению к суперпластификатору. Гидратирующийся C_3A может взаимодействовать и с нафталиноформальдегидным суперпластификатором, и с сульфат-анионом, и эти процессы являются конкурирующими.

Высокая подвижность пластифицированной бетонной смеси может быть обеспечена только при наличии в жидкой фазе достаточного количества свободного суперпластификатора. Введение сульфата натрия совместно с нафталиноформальдегидным полимером приводит к увеличению кажущейся подвижности, и сохраняемости – более чем в 2 раза [128].

Если использовать цемент с недостаточным содержанием регулятора структурообразования (гипса), в начальный момент времени в жидкой фазе бетонной смеси будет статистически оптимальное количество суперпластификатора и недостаток сульфат – аниона. При слабой конкуренции сульфат-аниона на таком цементе будет связываться большее, чем обычно, количество суперпластификатора. В результате подвижность такой бетонной смеси может катастрофически быстро (за несколько минут) снижаться до неприемлемых значений [128].

Новые концепции бетоноведения позволили, в основном за счет применения ПАВ – суперпластификаторов четвертого поколения поликарбоксилатного или акрилатного типов и дисперсных минеральных добавок, получать высокоподвижные бетонные смеси с низким водо-, содержанием и воздухом содержанием, а также с очень высокими

показателями прочности, плотности, долговечности. Отказ от виброобработки – положительная особенность самоуплотняющихся бетонов [133].

Таким образом, в случае применения суперпластификаторов наиболее обсуждаемое противоречие – необходимость длительного сохранения удобоукладываемости смесей и обеспечения заданного темпа нарастания ранней прочности. Падение подвижности вызывается гидратацией, переходом воды из свободного в связанное состояние, а также ее испарением. Другое нежелательное явление – значительное воздухововлечение, часто пропорциональное продолжительности перемешивания в автобетоносмесителе. Оба примера – потенциальные причины непрогнозируемого снижения прочности бетона. В этом смысле эффективно поэтапное, запоздалое введение (delayed addition) пластификатора непосредственно перед укладкой бетонной смеси [134].

Исследования в области разработки методов снижения водопотребности при сохранении удобоукладываемости бетонных смесей в присутствии суперпластификаторов позволили реализовать идею повышения подвижности бетонных смесей с низким водоцементным отношением, за счет оптимизации трех показателей – вязкости цементного клея, зернового состава заполнителя и плотности бетонных смесей. Оптимальное сочетание этих показателей таково, что зерна заполнителя удерживаются во взвешенном состоянии, придавая текучесть бетонной смеси до затвердевания [126].

В начале 80-х годов в Японии был заявлен первый патент на группу поликарбоксилатных суперпластификаторов [130]. В Западной Европе они завоевали более половины объема рынка суперпластификаторов. Сначала их применяли на заводах железобетонных изделий, а затем для товарного бетона, где требовалось длительное сохранение консистенции – 90 мин и более. Поликарбоксилатные суперпластификаторы повышают уплотняемость бетона и позволяют снизить расход цемента. В главной цепи полимера –

группы молекул с отрицательным электрическим зарядом – карбоксилатные группы. Боковые цепи – полиэфир. Принцип действия поликарбоксилатных (PSE) суперпластификаторов – диспергирование вследствие стерического отталкивания. На адсорбционную способность суперпластификатора оказывает влияние количество карбоксилатных групп в главной цепи, фаза C_3A и содержание ионов сульфатов.

Введение микронаполнителя из осадочных карбонатных пород в данном случае повышает возможность регулирования вязкости цементного клея и позволяет оказывать влияние на сокращение индукционного периода [132, 134].

Исследования, посвященные изучению эффективности применения карбонатного щебня крупностью 5-10 мм и карбонатного наполнителя с удельной поверхностью $350 \text{ м}^2/\text{кг}$ в присутствии суперпластификатора Glenium® 51 на основе поликарбоксилатного эфира в составах самоуплотняющихся бетонных смесей, получаемых по безвибрационной технологии, позволили выявить закономерности формирования прочности при сжатии материала в зависимости от содержания вышеназванных переменных факторов [70]. Графический вид данных зависимостей представлен на рисунке 1.3.

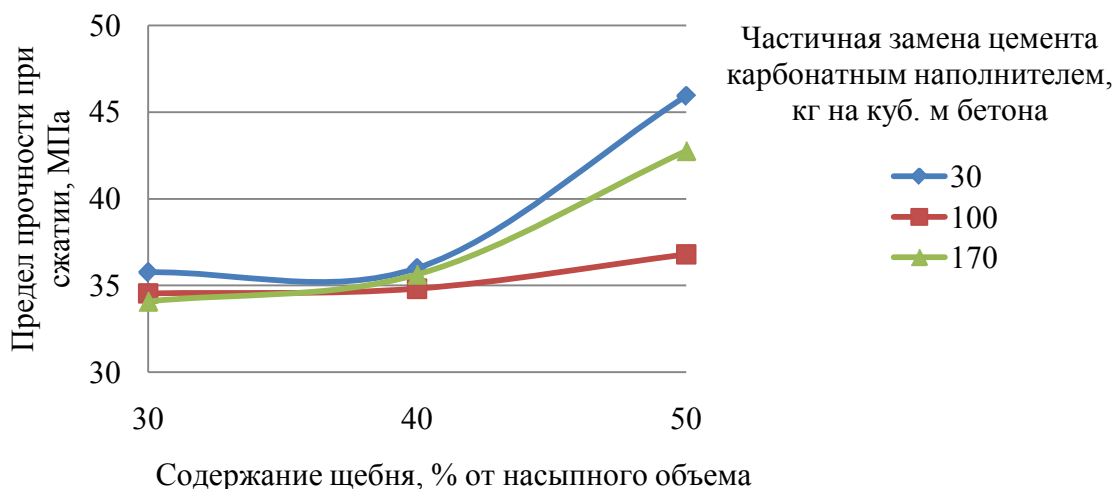


Рисунок 1.3. Влияние частичной замены цемента карбонатным наполнителем на прочность самоуплотняющегося бетона

Содержание карбонатного наполнителя принималось в диапазоне 30 – 170 кг на 1 м³ бетона. Общее содержание вяжущего и наполнителя в составах принималось постоянным и составляло 540 кг 1 м³ бетона, содержание щебня составляло от 30 до 50 % от насыпного объема. Количество вводимого в составы химический модификатор Glenium[®] 51 принималось постоянным и составляло 2 % от общей массы вяжущего и минерального наполнителя [70].

Представленная зависимость очевидно отражает, рациональность замены доли вяжущего минеральным компонентом (наполнителем) в составах с содержанием карбонатного щебня крупностью 5-10 мм в диапазоне 30-40 % [70].

В целом установлено, что введение в рецептуру бетонов, содержащих карбонатный наполнитель, и изготавливаемых по безвибрационной технологии, химического модификатора Glenium[®] 51 в количестве до 2 % от общей массы вяжущего и минерального наполнителя, позволяет получить материал с показателем прочности 34 – 46 МПа [70].

Достоинством технологии на основе самоуплотняющихся бетонных смесей является снижение энергозатрат на стадии укладки, повышение физико-механических характеристик, повышение долговечности. Однако, необходимо учитывать целесообразность применения технологии СУБ (самоуплотняющихся бетонов) для конкретных видов продукции.

Развитие технологии поликарбоксилатных пластификаторов позволяет сегодня реализовать преимущества, присущие технологии не только литых, но и жестких смесей, способствующих:

- сокращению времени строительства;
- экономичности использования оснастки;
- высокому уровню автоматизации производственных процессов;
- высокой прочностью сырца и высокой ранней прочностью бетона.

Разработаны поликарбоксилатные суперпластификаторы для жестких бетонных смесей: Rheo FIT 701, Rheo FIT 774 (LP) – для изготовления бетонных изделий методом полусухого прессования, улучшающие

уплотнение смесей. Их преимущества состоят в сокращении расхода цемента, в уменьшении времени отверждения, в сокращении потребности в уходе, в сокращении продолжительности цикла, в улучшении заполняемости форм, уменьшении износа оборудования, повышенной экструдированности, повышении качества поверхности, повышении эксплуатационных характеристик.

Большое количество исследований, касается вопросов создания вяжущих низкой водопотребности (ВНВ) [135, 136, 137, 138, 139]. ВНВ представляет собой смесь вяжущего, минерального наполнителя и суперпластификатора, произведенную посредством совместного помола компонентов в шаровой мельнице. Применение механоактивации в комплексе с использованием современных химических добавок в существенной степени определяет объективную возможность создания модифицированных вяжущих веществ, обеспечивающих получение высококонцентрированных и компактных структур с низкой вязкостью. Представляется возможным рассматривать отсеvy дробления карбонатных пород как сырьевой материал для создания аналогичных структур.

Изучена возможность применения карбонатных пород в производстве ячеистых композиций [140, 141, 142], а также при получении гипсового вяжущего [143] и изготовлении сухих строительных смесей [144].

Большое количество исследований, касается вопросов защиты бетонов материалами-композициями, включающими гидравлическое вяжущее специальные комплексные химические компоненты, а также способам защиты бетонных поверхностей путем нанесения вышеобозначенных материалов-композиций на подготовленную поверхность.

В частности, известна композиция, используемая для реставрации древних сооружений [145]. Основной компонент данной композиции - портландцементный клинкер (его содержание составляет 62-68 %). Кроме того, в состав входит – нитрат натрия (содержание в диапазоне 3-10 %), хромат калия (содержание в диапазоне 2-5 %) и вода. Основное достоинство

рассматриваемой композиции – высокие технико-эксплуатационные характеристики. В частности, морозостойкость данного материала, после нанесения его на обрабатываемую поверхность камня, составляет от 360 до 400 циклов [145].

Отрицательный момент использования данной композиции заключается в низкой скорости схватывания и твердения, которая составляет от 1 до 2 суток. Данный факт обуславливает возможность получения защитного покрытия с низким качеством при обработке рассматриваемой композицией бетонных конструкций. Показатели прочности защитного покрытия также снижаются вследствие существенной усадки композиции в процессе твердения. Данный процесс обусловлен отсутствием в составе материала минерального наполнителя [145].

Известна еще одна композиция, действие которой направлено на защиту бетонных поверхностей. Состав данной композиций включает комплексную неорганическую ионогенную добавку, содержащую гидроксид, карбид, хлорид кальция и сульфат, карбонат, нитрат натрия, а также портландцемент, песок, воду [146].

Основное преимущество использования рассматриваемой композиции состоит в получении защитного слоя с высокими техническими и эксплуатационными характеристиками. Однако существенным является тот факт, что эффективность применения данной композиции в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. В частности, при температуре от +20 °С до +30 °С образующийся защитный слой характеризуется хорошим сцеплением с обрабатываемой поверхностью, а также высокими показателями морозостойкости, прочности и водонепроницаемости, в то время как понижение температуры до 5 – 10 °С обуславливает замедление набора прочности и водонепроницаемости материала в ранние сроки твердения. [146].

Основной технологической особенностью реализации рассматриваемого способа защиты является необходимость выполнения на

поверхности бетона углублений, которые должны располагаться систематически с образованием ячеистой поверхности на глубину открытой поровой системы. При этом площадь ячеистой поверхности составляет от 1,15 до 1,36 защищаемой площади. [146].

Одним из недостатков, осложняющих эффективное применение рассматриваемого способа защиты бетонных поверхностей, является то, что в нем не учитывается зависимость площади подготовки бетона (размер ячеистой поверхности) от температуры окружающей среды. [146].

Недостатки, присущие двум вышеописанным составам для защиты бетонных поверхностей и соответствующим им способам защиты, учтены в композиции, состав которой включает: портландцемент в диапазоне от 36,0 до 38,0 масс. %, песок в диапазоне от 39,0 до 46,5 масс. %, гидроксид кальция в диапазоне от 0,8 до 1,0 масс. %, сульфат натрия в диапазоне от 2,5 до 3,0 масс. %, нитрат натрия в диапазоне от 0,9 до 1,7 масс. %, карбид кальция в диапазоне от 0,75 до 1,15 масс. %, карбонат натрия в диапазоне от 2,0 до 3,0 масс. %, хлорид кальция в диапазоне от 0,05 до 0,15 масс. %, рассол выщелачивания рапы в диапазоне от 2,0 до 3,0 масс. %, вода – остальное [147].

Технологической особенностью применения рассматриваемой композиции, по сравнению с предыдущим вариантом, является пропитывание водой выполненной ячеистой поверхности на протяжении 36 – 48 часов. Кроме того, важно отметить, что определение защищаемой площади производится с учетом температуры бетона, пропитанного водой. [147].

Основное преимущество рассматриваемого состава и способа защиты бетонных поверхностей состоит в увеличении показателя водонепроницаемости и ускорении формирования характеристик прочности на ранних сроках твердения при низких температурах [147].

Кроме того, известна композиция для защиты бетонных поверхностей Penetron [148], в состав которой входит комплекс химических реагентов,

включающий в себя алюминат, карбонат, гидроксид, сульфат, хлорид анионы (AlO^{-2} , CO^{2-}_3 , OH^- , SO^{2-}_4 , Cl^-) и катионы щелочно-земельных и щелочных металлов (Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+}), а также портландцемент и кварцевый песок [148].

Приготовление готовой защитной смеси состоит в смешивании рассматриваемой композиции с водой в соотношении 3 к 1 соответственно. Нанесение приготовленного водного раствора композиции на защищаемую поверхность приводит к направленной диффузии ионов, которые содержатся в растворе, в капиллярную систему бетона. В результате образования существенной разницы осмотического давления раствора в поверхностном слое и массе бетона, подвергаемого защите, обусловленной значительной концентрацией солей в составе рассматриваемой композиции, ионы солей движутся от поверхности защищаемого бетона в глубин, тогда как более пресная вода движется в обратном направлении. В результате протекающего химического взаимодействия происходит коагуляция порового пространства кристаллами малорастворимых солей гидрата сульфоалюмината и карбоната кальция, образование которых происходит с увеличением объема. Увеличение объема, наблюдаемое при образовании выше обозначенных кристаллов, приводит к более плотному заполнению капилляров последними. При этом важно отметить, что коагуляция может происходить на расстоянии до 1 м от устья пор. Химическое взаимодействие, протекающее в поровом пространстве, дополнительно приводит к связыванию капиллярной воды, что совместно с коагуляцией порового пространства обуславливает снижение водопроницаемости и водопоглощения обрабатываемого бетона. [148].

Еще одним вариантом применения линейки продукции Penetron при изготовлении строительных материалов является получение силикатной смеси включающей, мас. %: негашеную известь 16,8-19,2, немолотый кварцевый песок 52,6-56,2, добавку – Пенетрон Адмикс 0,1-0,4 и воду 24,2-30,6 [149]. Полученная смесь может быть использована для приготовления

строительных растворов для производства внутренних и наружных штукатурных работ. Технический результат – повышение пластифицирующих свойств, замедление сроков схватывания и придание грибостойкости [149].

Выводы по главе 1

1. Достоинством ОДКП РМЭ является их экологическая чистота, низкая стоимость и повсеместное распространение. Основной проблемой в применении ОДКП РМЭ является их низкие технические характеристики: пониженные прочность, плотность и низкая водостойкость.

2. Теоретические исследования показывают, что методом химической модификации, реализуемым посредством поверхностной обработки или введения в состав материала специальных химических добавок, возможно получение высококачественного, экологически чистого и конкурентоспособного искусственного каменного материала, изготавливаемого на основе низкокачественного сырья в виде слабого карбонатного щебня и отсевов его дробления.

3. Экономически оправданным является производство прессованного камня при ограниченном содержании цемента (10-20 %). При ограниченном количестве цемента необходимо обеспечивать повышение водостойкости композиционного материала. Сцепление отдельных зерен минералов можно обеспечить за счет цементации ионами различных примесей, особенно если они сами окружены гидратной оболочкой. В этих условиях представляется возможным повысить водостойкость прессованного камня:

- методами модификации составов за счет образования нерастворимых соединений на поверхности карбонатных частиц, в том числе кристаллогидратов;
- за счет уплотнения порового пространства прессованием;
- защитой порового пространства полимерными дисперсиями.

Приведенный анализ состояния вопроса позволил определить и сформулировать **рабочую гипотезу**, положенную в основу научных исследований в рамках настоящей диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук:

Водостойкий искусственный каменный материал на основе комплексного использования отсевов дробления низкопрочных карбонатных пород может быть получен на основании оптимального управления механизмом формирования водостойкой структуры и оценки влияния на нее зернового состава карбонатного заполнителя, химических модификаторов природного сырья, способов и режимов формования и твердения.

Цель исследования – разработка составов и технологии получения водостойкого искусственного каменного материала на основе отсевов дробления низкопрочных неводостойких карбонатных пород.

Задачи исследования:

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать свойства отсевов дробления карбонатных пород и обосновать возможность их комплексного использования для получения водостойкого искусственного каменного материала;

2. Изучить влияние методов и параметров формования на формирование физико-механических свойств искусственного каменного материала на основе низкопрочных ОДКП;

3. Исследовать закономерности изменения физико-механических свойств искусственного каменного материала на основе низкопрочных ОДКП под воздействием модифицирующих добавок;

4. Подобрать оптимальные составы водостойкого искусственного каменного материала с повышенными физико-механическими свойствами;

5. Разработать технологию изготовления искусственного каменного материала на основе низкопрочных ОДКП;

6. Выполнить оценку технико-экономической эффективности применения разработанного искусственного каменного материала с комплексным использованием низкопрочных и неводостойких карбонатных пород

ГЛАВА 2

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Применяемые материалы

Для проведения исследований применялись отсеvy дробления низкопрочных карбонатных пород (ОДКП) Коркатовского карьера республики Марий Эл (РМЭ), портландцемент из клинкера ЗАО «Ульяновскцемент», природный кварцевый песок Студенковского карьера РМЭ,

Портландцементный клинкер по минералогическому составу относится к среднеалюминатному. Силикатный модуль клинкера составляет 2,1. Глиноземистый модуль – 1,4. Коэффициент насыщения – 0,91. Минералогический и химический состав рассматриваемого клинкера представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Минералогический и химический состав портландцементного клинкера

Минералогический состав								
C ₃ S		β C ₂ S		C ₃ A		C ₄ AF		
59,0 %		16,0 %		8,0 %		13,0 %		
Химический состав								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	FeO
21,19 %	5,8 %	4,17 %	65,8 %	1,02 %	0,82 %	0,78 %	0,29 %	0,12 %

Цемент с удельной поверхностью 300 м²/кг приготавливался методом совместного помола клинкера и 4,5 % от массы цемента двуводного сульфата кальция.

Для приготовления искусственного каменного материала на основе отсеvов дробления карбонатных пород в качестве мелкого заполнителя применялся природный кварцевый песок Студенковского карьера РМЭ, а также ОДКП Коркатовского карьера РМЭ.

Гранулометрический состав природного кварцевого песка представлен в таблице 2.2 [150].

Таблица 2.2

**Гранулометрический состав кварцевого песка
Студенковского карьера РМЭ**

Наименование остатка	Остатки, % по массе, на ситах					Проход через сито с сеткой 0,16, % по массе
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Частный	2,05	6,6	24,25	35,35	27,4	4,35
Полный	2,05	8,65	32,9	68,25	95,65	-

Основные технические характеристики кварцевого песка представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

**Основные технические характеристики кварцевого песка
Студенковского карьера РМЭ**

№ п/п	Наименование показателей свойств кварцевого песка	Единица измерения	Значение показателя
1	Модуль крупности	ед.	2,08
2	Содержание пылевидных и глинистых частиц	% по массе	9,90
3	Истинная плотность	г/см ³	2,63
4	Насыпная плотность	кг/м ³	1580
5	Пустотность	%	39,8

Зерновой состав ОДКП Коркатовского карьера РМЭ приведен в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Зерновой состав ОДКП Коркатовского карьера

№ пробы	Содержание фракций (%) с размерами зерен, мм							
	1,0	0,5	0,315	0,2	0,16	0,063	0,05	<0,05
КМ №1	8,80	17,32	4,06	7,78	2,45	8,13	1,16	50,30

Минеральный и количественный химический составы рассматриваемых ОДКП представлены в таблице 2.5 и таблице 2.6 соответственно.

Таблица 2.5

Минеральный состав ОДКП Коркатовского карьера РМЭ

№ пробы	Фазовый состав, содержание, % масс.				
	Глинистые минералы	Кварц	Полевые шпаты	Кальцит	Доломит
КМ №1	6±1	4±1	3±1	6±1	81±6

Таблица 2.6

Количественный химический состав ОДКП Коркатовского карьера РМЭ

№ пробы	Содержание в % на абсолютно сухую навеску					
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO
КМ №1	7,26	0,07	1,50	1,29	0,02	34,25
	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ППП
КМ №1	13,87	0,22	0,19	0,02	0,11	41,19

Проведены радиологические исследования ОДКП. Исследования проводились специализированным оборудованием – УСК "Гамма-Плюс" (зав. № 9817-Ар-Б-Г). Результаты проведенного анализа представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Определение условной эффективной активности естественных радионуклидов

№ п/п	Наименование образца	Определяемые показатели	Результат исследования	Величина допустимого уровня	Единицы измерений	Нормативные документы на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
1	Отсевы дробления карбонатных пород	Активность калия-40	24,23 ± 9,96		Бк/кг	[151]; Методики измерения активности гамма излучающих радионуклидов в счетных образцах на гамма спектрометре с применением программного обеспечения "Прогресс"
		Активность радия-226	22,53 ± 2,31			
		Активность тория-232	0,41 ± 0,99			
		Удельная эффективная активность естественных радионуклидов (ЕРА)	25 ± 3	Менее 370		

По результатам проведенных исследований можно заключить, что отсеvy дробления карбонатных пород, используемые в качестве одного из основных компонентов при изготовлении искусственного каменного материала, по содержанию природных радионуклидов согласно п. 5.3.4 СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» соответствует 1 классу строительных материалов ($A_{эф}$ не превышает 370 Бк/кг). Таким образом, отсеvy дробления относятся к разряду экологически чистого сырья.

В качестве модификаторов применялись: метилгидроэтилцеллюлоза Tylose M 15000, стирол-акриловая дисперсия, СДО, водный 1...3%-ый раствор фтористоводородной кислоты, RheoFIT 774, Пенетрон-Адмикс. Используемые материалы удовлетворяют требованиям соответствующих ГОСТов и ТУ.

2.2. Оборудование

Для перемешивания сырьевых смесей, применяемых при изготовлении искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, использовался лабораторный вибрационный смеситель. Смесии приготавливались в смесителе по принципу виброперемешивания. Материалы подавались в смесительную камеру через загрузочный люк. Перемешивание смеси производилось в процессе вращения лопастей, закрепленных на горизонтально расположенном валу. Параллельно осуществлялась вибрация приготавливаемой смеси за счет вибрации резинового днища смесительной камеры.

Измельчение цементного клинкера производилось в лабораторной двухкамерной шаровой мельнице, с объемом загрузки каждой камеры в 5 кг сырьевого материала. Для соблюдения чистоты экспериментов пробы цементного клинкера массой 5 кг размалывались всегда в одной и той же камере мельницы, с использованием одного и того же набора стальных мелющих шаров, подобранного в соответствии с рекомендациями,

содержащимися в специализированной технической литературе [152] и представленного в таблице 2.8.

Таблица 2.8

Набор стальных мелющих шаров, применяемый для помола цементного клинкера

Количество шаров, шт.	Масса 1 шара, кг	Общая масса, кг
8	1250	10,100
13	700	8,800
7	570	3,990
36	400	14,400
48	250	12,000
31	130	4,030
13	90	1,170

Перед применением в составах искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, полученный в результате помола цемент, просеивался через сито № 0,2.

Для сушки исходных материалов и получаемых образцов искусственного каменного материала использовался лабораторный сушильный шкаф, оборудованный терморегулятором и вентиляционной установкой.

Гранулометрический состав природного кварцевого песка и отсевов дробления карбонатных пород, применяемых при изготовлении смесей, определялся при помощи стандартного набора сит с размером отверстий от 70 до 5 мм и от 5 до 0,05 мм.

Удельная поверхность цемента определялась с помощью прибора Т-3.

Для изготовления и испытания искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород использовалось оборудование, предназначенное для испытания бетонов в соответствии с требованиями нормативно-технической документации [153, 154, 155, 156].

Рентгенографический количественный фазовый анализ отсевов дробления карбонатных пород Коркатовского карьера РМЭ производился на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker.

Для определения количественного химического состава отсевов дробления карбонатных пород применялся спектрометр СРМ 25М.

Тепловлажностная обработка образцов искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород осуществлялась в лабораторной пропарочной камере, оснащенной терморегулятором.

Испытания искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, изготовленного по вибрационной технологии, на прочность при сжатии проводились на гидравлическом прессе П-125. Аналогичные испытания искусственного каменного материала, изготавливаемого методом прессования, осуществлялись на гидравлическом прессе ИПэ-100.

Испытания, направленные на определение предела прочности при изгибе искусственного каменного материала, изготовленного методом прессования, осуществлялись на образцах-балках сечением 20×20 мм длиной 60мм по схеме представленной на рисунке 2.1.

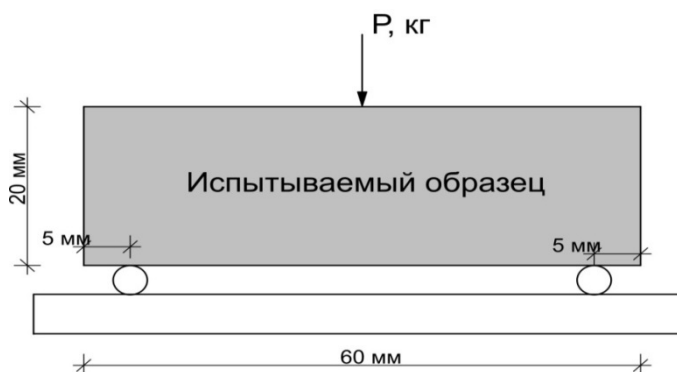


Рисунок 2.1. Схема испытания пресованного искусственного строительного камня на изгиб

Определение коэффициента теплопроводности искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, изготавливаемого по технологии прессования, осуществлялось при помощи прибора ИТС-1.

2.3. Методы исследования

2.3.1. Методы исследования свойств сырьевых материалов

Химический анализ портландцементного клинкера выполнялся в соответствии с нормативно-технической документацией [157].

Цемент, приготовленный помолом клинкера в лабораторной шаровой мельнице испытывался в соответствии с требованиями нормативно-технической документацией [158, 159, 160, 161]. Удельная поверхность цемента определялась на приборе Т-3.

Отсевы дробления карбонатных пород Коркатовского карьера РМЭ испытывалась в соответствии с требованиями [150]. Рентгенографический количественный фазовый анализ ОДКП производился по инструкции Научного совета по методам минералогических исследований (НСОММИ) № 29 на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker. Количественный химический состав ОДКП определялся по инструкции Научного совета по аналитическим методам (НСАМ) № 313-РС на спектрометре СРМ 25М.

Природный кварцевый песок Студенковского карьера РМЭ испытывался в соответствии с требованиями [150].

2.3.2. Методы исследования искусственного строительного камня на основе модифицированных карбонатных пород

Сопоставление и анализ свойств искусственных каменных материалов, изготавливаемых на основе отсевов дробления карбонатных пород, подвергаемых модифицированию посредством введения различных химических добавок, осуществлялись из условия равной удобоформуемости.

Процесс приготовления смеси осуществлялся в лабораторном смесителе. Используемые химические модификаторы по технологии их введения в состав исследуемой смеси можно подразделить на две категории. К первой категории относятся добавки, вводимые в состав вместе с водой

затворения в процессе перемешивания. Ко второй – добавки, используемые для модификации ОДКП на стадии предварительной обработки последних.

Проводимые исследования были направлены на выявление закономерностей формирования основных свойств прессованного искусственного каменного материала в зависимости от вида и количества вводимого химического модификатора.

Экспериментальные исследования выполнялись на составах с содержанием цемента 10-50 % от массы сухих материалов. По виду используемого мелкого заполнителя проведенные эксперименты можно разделить на две группы. В первую группу входят исследования, в которых 100 % мелкого заполнителя составляли отсеvy дробления карбонатных пород. Исследования, относимые ко второй группе, отличаются тем, что в них использовался комбинированный мелкий заполнитель (ОДКП + кварцевый песок). При этом содержание песка, в смеси заполнителей варьировалось от 10 % до 90 %.

Определение основных технических показателей и характеристик исследуемого материала, изготовленного по технологии виброуплотнения, осуществлялось на образцах-кубах с длинной ребра 100 мм после 28 суток твердения в нормальных условиях.. При выявлении основных свойств прессованного искусственного каменного материала использовались образцы-цилиндры диаметром 70 мм и высотой 70 мм, а также на образцы-балки сечением 20×20 мм длиной 60 мм после 28 суток твердения в нормальных условиях.

2.3.3. Методика математического моделирования свойств искусственного строительного камня, изготавливаемого на основе модифицированных карбонатных пород

Математическое моделирование свойств искусственного каменного материала на основе низкокачественных карбонатных пород республики Марий Эл, получаемого по технологии вибропрессования, предпринималась

в работе с целью оптимизации составов бетона по содержанию цемента и химических модификаторов.

Основным этапом исследования являлось планирование, проведение и анализ эксперимента. Данный этап строился по следующему принципу:

ступень А – анализ накопленной информации, направленный на выделение из системы факторов, гипотетически влияющих на выходы (Y_i), определенного ряда факторов X_i , роль которых в изменении Y_i наиболее ощутима.

При помощи операции центрирования осуществлялся перенос начала координат системы переменных факторов в центр эксперимента с координатами в натуральных переменных [162]:

$$X_{0i} = 0,5 \times (X_{i \max} + X_{i \min}) \quad (2.1)$$

При планировании эксперимента выявленные ранее факторы из натуральных переменных (X_i) переводились в кодированные (x_i) с ограничением $-1 \leq x_i \leq +1$. Таким образом, факторное пространство представляло собой K -мерный куб.

Ступень Б – эксперимент для описания поведения объекта и оптимизации его функционирования по нелинейным моделям.

Ступень Б состояла из последовательных шагов статистического анализа:

1. Оценка параметров распределения случайных величин Y_i ;
2. Корреляция между Y_i ;
3. Оценки коэффициентов и их ошибок;
4. Последовательный регрессионный анализ и проверка адекватности модели;
5. Поиск оптимальных условий работы объекта по каждому критерию качества Y_i ;
6. Поиск компромиссных решений по всем критериям Y_i ;
7. Построение графиков для оперативного управления объектом [162].

В конкретных экспериментальных исследованиях, представленные выше шаги могли выполняться лишь частично, в зависимости от преследуемых целей и задач.

Для анализа разрабатываемых систем в рамках проводимых экспериментальных исследований применялось локально-интегральное моделирование в виде полинома n-го порядка.

Основное достоинство полиномиальных моделей (за исключением однофакторных) состоит в наличии эффекта взаимодействия (b_{ij}), позволяющего учитывать степень влияния сочетания определенных факторов и, соответственно, более полно и четко описывать сложные системы. Кроме того, модели подобного рода позволяют учитывать нелинейный характер влияния каждого конкретного фактора. Рациональным, с точки зрения сочетания относительной простоты построения и расчета, а также эффективности поиска решения модели, максимально полно описывающего характер поведения исследуемой системы, является применение полинома второго порядка, имеющего следующий вид:

$$\hat{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \times x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} \times x_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ij} \times x_{ij} \quad (2.2)$$

где: \hat{Y} – оптимизируемый параметр;

k – число варьируемых факторов;

x_i – варьируемые факторы;

b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij} – расчетные коэффициенты модели.

Определение вектора представленной выше полиномиальной модели осуществляется по матрице переменных параметров и вектору экспериментальных значений оптимизируемого параметра, принятых согласно разработанному математическому плану эксперимента.

Схема организации эксперимента – эксперимент с сериями опытов в каждой точке [162]. При использовании подобной схемы проведения

экспериментального исследования в каждой из N точек K-мерного куба факторного пространства, обозначенного разработанным ранее планом эксперимента, производится $m = \text{const}$ дублирующих измерений параметра выхода. Критерии, примененные при построении и регрессионном анализе моделей, представленных в настоящей диссертационной работе, приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.9

Статистические критерии

№ п/п	Название критерия	Назначение	Расчетная формула
1	критерий Кохрена	Определение однородности дисперсии (проверка воспроизводимости результатов, то есть их повторяемость в определенных пределах измерений с заданной доверительной вероятностью)	$G_{\text{расч}} = \frac{S_{u \text{ max}}^2}{\sum_{u=1}^N S_{\{Y_u\}}^2};$ <p>где $S_{u \text{ max}}^2$ - максимальная дисперсия всех точек объекта исследования;</p> <p>$\sum_{u=1}^N S_{\{Y_u\}}^2$ - сумма дисперсий всех точек объекта исследования.</p> <p>Критическое значение критерия Кохрена $G_{\text{кр}}$. выбирают по таблице в зависимости от числа степеней свободы</p> $f_1 = m - 1$ $f_2 = N$ <p>и уровня значимости α. Оценки дисперсий признаются однородными, если по G-критерию нуль- гипотеза подтвердится: $G_{\text{кр.}} > G_{\text{расч.}}$</p>
2	критерий Стьюдента	Определение значимости коэффициентов регрессионной модели	Табличное значение коэффициента принималось при доверительной вероятности $\alpha = 0,05$ и при числе степеней свободы $f_{\text{св}} = N \times (m-1)$.

Окончание табл. 2.9

№	Название	Назначение	Расчетная формула
---	----------	------------	-------------------

п/п	критерия		
			<p>Средняя дисперсия измерения по всему проведенному исследованию:</p> $S_{\{Y\}}^2 = \frac{1}{Nm} \times \sum_{u=1}^N S_{\{Y_u\}}^2$ <p>где $S_{\{Y_u\}}^2$ - дисперсия измерения в соответствующей строке плана эксперимента.</p> <p>Оценка ошибки эксперимента:</p> $S_9 = \sqrt{S_{\{Y\}}^2}$
3	критерий Фишера (F-отношение)	Проверка адекватности модели	<p>Табличное значение коэффициента принималось при доверительной вероятности $\alpha = 0,05$ и при числе степеней свободы</p> $f_1 = N - l$ $f_2 = N \times (m - 1)$ <p>где l - число значимых коэффициентов.</p> $F = \frac{S_{na}^2}{S_{\{Y\}}^2}$ <p>где $S_{na}^2 = \frac{SS_{na}}{N - l}$</p> <p>где SS_{na} - приведенная сумма квадратов отклонений средних экспериментальных значений параметра оптимизации от значений предсказанных моделью.</p>

Анализ формирования набора основных характеристик искусственного каменного материала, изготавливаемого на основе модифицированных отсевов дробления карбонатных пород методом полусухого прессования, осуществлялся на основе изучения характера изменения величины конкретного показателя качества конечного материала в зависимости от рецептурных или технологических параметров. Выбор начальных точек подобных экспериментов основывался на базе накопленных ранее

теоретических и практических исследований. В процессе проведения комплекса экспериментальных исследований решения об определенных изменениях в рецептуре составов или технологических параметрах формовки образцов принимались на основании уровня качества результатов, достигнутых на предыдущем этапе эксперимента. Систематизация полученного ряда данных осуществлялась путем построения графических зависимостей величины того или иного показателя качества искусственного строительного камня от изменения конкретного рецептурного или технологического параметра.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И СОСТАВОВ ИСКУССТВЕННОГО КАМЕННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

3.1. Разработка технологии формования искусственного каменного материала на основе ОДКП

Многовековой опыт строительства и эксплуатации зданий и сооружений показывает, что наиболее долговечным строительным материалом является природный камень. В районах, где отсутствовали изверженные породы, строители возводили постройки из обыкновенного грунта, который набивался в опалубку методом трамбования. Полученный таким способом искусственный камень из природного сырья по долговечности мало уступал природному. До наших дней сохранились останки сооружений из грунта, построенных в Испании около двух тысяч лет тому назад. Даже в России с ее более суровым климатом при Павле I по землебитной технологии с применением грунта и извести возведен Приоратский дворец в Гатчине. Для многих регионов России наиболее распространенным природным камнем являются малопрочные карбонатные породы. Непостоянство минералогического состава по содержанию карбонатов кальция и карбонатов магния, большая доля пылевидных фракций осложняет применение отсевов дробления карбонатных пород в производстве извести, цемента и силикатных изделий. Отсевы их дробления больше напоминают каменную муку, так как более чем на 30 % по массе они состоят из частиц крупностью менее 0,16 мм. Сегодня, когда в строительстве на смену устаревших приходят новые технологии, существует ряд альтернативных подходов к технологии формования изделий из отсевов дробления горных пород: вибрирование из малоподвижных смесей, прессование, применение поверхностно-активных веществ и новейших химических модификаторов.

Проведены исследования свойств искусственного каменного материала, изготовленного по технологии виброуплотнения малопластичных смесей. В качестве вяжущего применялся рядовой портландцемент марки ПЦ 400 Д 20 Ульяновского цементного завода. В качестве заполнителя применялись ОДКП Коркатовского карьера РМЭ. В отсевах дробления доля частиц щебеночной фракции составляла 15 %. Зерновой состав отсевов дробления после отделения щебеночной фракции представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Зерновой состав ОДКП Коркатовского карьера РМЭ

Наименование остатков	Остатки на ситах с размером отверстий, мм:						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	<0,14
Частные, г	4,7	9,6	17,9	75,5	208,8	366,0	347,5
Частные, %	0,47	0,96	1,79	7,55	20,88	33,60	34,75
Полные, %	0,47	1,43	3,22	10,77	31,65	65,25	100,00

Методом виброуплотнения в течение 120 с изготавливались образцы кубы размером 100×100×100мм с содержанием цемента 10...30 % из смесей с диаметром расплыва 110...130 мм на встряхивающем столике типа ЛВС. Результаты испытания образцов с добавкой Лигнопан-Б2 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Предел прочности при сжатии искусственного камня на основе ОДКП

№ п/п	Расход материалов, % по массе				Диаметр расплыва смеси, мм	Предел проч-ности при сжатии $R_{сж}$, МПа	Дисперсия измерения, S^2
	Цемент	ОДКП	Лигнопан Б2, % Ц	В/Ц			
1	10	90	-	2,90	130	0,6	0,02
2	10	90	1,5	2,90	130	0,8	0,02
3	10	90	1,5	2,35	110	1,7	0,08
4	10	90	-	2,35	110	1,5	0,01
5	20	80	-	1,42	110	12,7	3,92
6	20	80	1,5	1,28	110	14,0	3,38
7	30	70	-	0,80	110	17,4	2,88
8	30	70	1,5	0,71	110	20,6	2,42

Анализ полученных результатов позволил выявить высокую водопотребность составов, при содержании цемента 10 % составляющую

$V/C = 2,9$. Полученный результат обусловлен высокой долей (около 30 %) тонкодисперсных фракций размером менее 0,16 мм, повышающих вязкость смесей. Водопотребность бетонных смесей за счет введения добавки Лигнопан-Б2 понизилась в среднем всего на 10...11 %. Применение добавки Лигнопан-Б2 в составах с постоянным расходом цемента способствовало приросту прочности вибрированных образцов в среднем на 17...18 %.

При использовании суперпластификатора С-3 в количестве до 1 % от массы цемента получена аналогичная зависимость. Таким образом, технология виброуплотнения малопластичных смесей не решает кардинально проблему высокой водопотребности искусственного камня на основе ОДКП.

Рассмотрена эффективность регулирования свойств исследуемых составов смеси при использовании двухкомпонентного заполнителя из ОДКП и природного кварцевого песка. В процессе выполнения двухфакторного математического плана эксперимента исследовано влияние содержания природного кварцевого песка в составе двухкомпонентного заполнителя и портландцемента на формирование прочности бетонов в присутствии добавки Лигнопан-Б2. Содержание добавки соответствовало максимальному из рекомендуемого диапазона, то есть принималось во всех составах равным 1,5 % от массы цемента. В качестве заполнителя в составах применялась двухкомпонентная смесь из ОДКП и природного кварцевого песка Студенковского карьера РМЭ с модулем крупности 1,9. Кварцевый песок в эксперименте частично, в диапазоне от 0 до 50 % заменялся ОДКП. В таблице 3.3 представлен зерновой состав природного кварцевого песка.

Таблица 3.3

Зерновой состав природного песка Студенковского карьера

Наименование остатков	Остатки на ситах с размером отверстий, мм:						
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	<0,14
Частные, г	1,0	5,0	10,0	171,0	520,0	270,0	23,0
Частные, %	0,1	0,5	1,0	17,1	52,0	27,0	2,3
Полные, %	0,1	0,6	1,6	18,7	70,7	97,7	100

Результаты эксперимента приведены в таблице 3.4.

**Влияние содержания ОДКП и кварцевого песка на прочность
при сжатии материала через 28 суток**

№ п/п	Расход материалов, % по массе				Диаметр распльва смеси, мм	Предел прочности при сжатии $R_{сж.}$, МПа	Дисперсия измерения, S^2
	Цемент, X_1	ОДКП, X_2	Кварцевый песок	Лигно- пан-Б2, % Ц			
1	30	35	35	1,5	110-130	31,2	1,02
2	30	0	70	1,5	110-130	40,2	2,56
3	10	45	45	То же	То же	5,2	1,72
4	10	0	90	--	--	4,9	2,71
5	30	17,5	52,5	--	--	38,2	4,00
6	10	22,5	67,5	--	--	5,8	2,92
7	20	40	40	--	--	21,0	0,48
8	20	0	80	--	--	27,0	2,47
9	20	20	60	--	--	26,8	2,73

Результаты эксперимента позволили построить математическую модель зависимости прочности при сжатии материала от содержания цемента X_1 (от 10 до 30 % от смеси сухих материалов) и содержания ОДКП X_2 (от 0 до 50 % от массы двухкомпонентной смеси заполнителей).

При доверительной вероятности 95 % она имеет вид:

$$Y_1 = 26,7 + 15,6X_1 - 2,5X_2 - 4,4X_1^2 - 2,4X_2^2 - 2,3X_1X_2. \quad (3.1)$$

Статистическая обработка результатов эксперимента и регрессионный анализ модели (3.1) приведены в приложении №1.

На рисунке 3.1 представлен геометрический образ модели Y_1 .

Анализ модели Y_1 показывает, что при частичной замене песка до 50% ОДКП в присутствии добавки Лигнопан-Б2 могут быть получены составы бетона с прочностью при сжатии 5-30 МПа. В присутствии 10...20 % цемента на двухкомпонентном заполнителе, содержащем до 50 % отсевов дробления карбонатных пород в присутствии добавки Лигнопан-Б2 получены составы, которые не уступают по прочности цементно-песчаным. Эти составы имеют прочность не более 10-20 МПа.

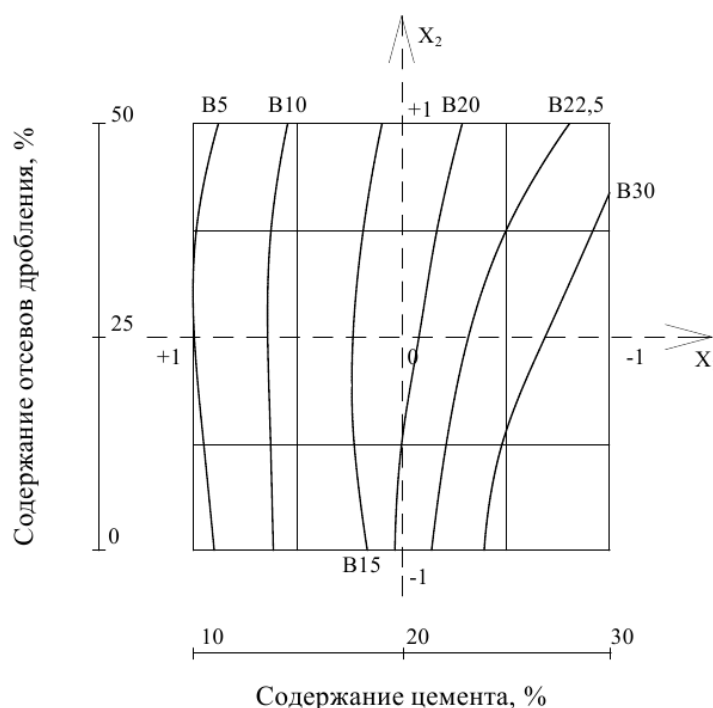


Рисунок 3.1. Диаграмма прочности при сжатии бетона в координатах:
 X_1 - содержание цемента/ X_2 –содержание ОДКП

Аналогичные исследования были повторно проведены в присутствии суперпластификатора С-3 в количестве 1 % от массы цемента, при этом получен аналогичный результат [163].

С точки зрения высокой водопотребности формуемых смесей (В/Ц больше 0,7) представляется проблематичным получение долговечного материала по технологии вибрирования малоподвижных смесей на основе ОДКП.

Рассмотрено формирование свойств искусственного каменного материала на основе ОДКП при использовании технологии прессования, которая позволяет формировать жесткие смеси. Оборудование, позволяющее получать мелкоштучные изделия методом прессования, вполне доступно.

Реализован двухфакторный план эксперимента, в котором исследовано влияние содержания цемента и прессующего давления на прочность бетонов, изготовленных методом прессования на основе отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП).

Исследования выполнены с применением портландцемента ПЦ400 Д20 производства ЗАО «Ульяновскцемент». Водосодержание смеси составляло

12 % от массы сухих материалов, что обеспечило ее удобоформуемость в рамках заданной технологии прессования. Из смеси цемента, ОДКП и воды формовались образцы-цилиндры ($h = 50$ мм и $\varnothing = 50$ мм), которые подвергались испытанию на прочность при сжатии после 28 суток твердения в нормальных условиях.

В качестве переменных факторов были выбраны: X_1 – содержание вяжущего (цемента) в интервале 10 – 30 % от массы сухих материалов; X_2 – величина прессующего давления в диапазоне 5 – 15 МПа. Реализован комплекс лабораторных исследований, направленный на выявление зависимости прочности прессованных мелкозернистых бетонов, изготовленных на основе ОДКП от выбранных переменных факторов.

На основании проведенных исследований построена математическая модель Y_2 , МПа зависимости прочности прессованного искусственного каменного материала от содержания цемента и прессующего давления. При доверительной вероятности 95 % данная модель имеет вид:

$$Y_2 = 9,4 + 7,6X_1 + 1,1X_2 - 3,0X_1^2. \quad (3.2)$$

Графический образ рассматриваемой модели представлен на рисунке 3.2.

Статистическая обработка результатов эксперимента и регрессионный анализ модели (3.2) приведены в приложении №2.

Анализ проведенного исследования позволил установить фактическую возможность получения прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород с прочностью от 5 до 25 МПа. Существенное влияние на формирование показателя прочности композиционного материала оказывает не только количество вводимого в состав цемента, но и величина прессующего давления. В частности, прочность состава с содержанием цемента 10 % от массы сухих материалов, заформованного при давлении 5 МПа, составила 3,5 МПа, тогда как прочность аналогичного состава, заформованного при давлении 15 МПа возросла до 6,5 МПа, т. е. на 85,7 %. В составах с расходом цемента 20 %

увеличение прессующего давления с 5 до 15 МПа способствовало повышению прочности на 20 % [163].

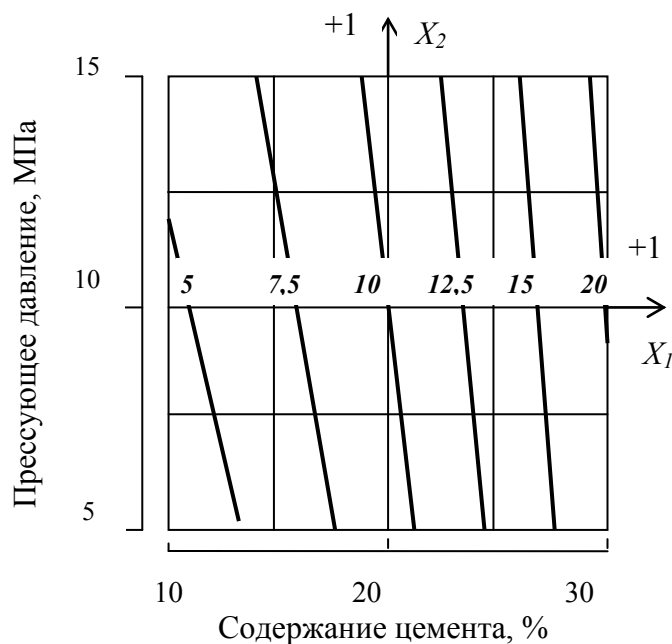


Рисунок 3.2. Формирование прочности при сжатии, МПа, искусственного каменного материала на основе ОДКП в координатах: X_1 – содержание цемента, % от массы твердых материалов/ X_2 – прессующее давление, МПа

Проведенные исследования показали, что для смесей из цемента и ОДКП целесообразно применять прессующее давление на уровне не ниже 15 МПа, что и было реализовано в дальнейших исследованиях. Установлено также, что коэффициент водостойкости материала не превышает 0,5 что ограничивает область его применения. Дальнейшие исследования были направлены на поиск путей повышения водостойкости искусственного каменного материала.

3.2. Исследование влияния комбинированного заполнителя на свойства прессованного искусственного строительного камня

3.2.1. Влияние величины прессующего давления на свойства прессованного камня с комбинированным наполнителем

Исследовано влияние увеличения значения прессующего давления в диапазоне 15-30 МПа при использовании комбинированного заполнителя на основе ОДКП и природного кварцевого песка.

В качестве объектов исследования были выбраны составы с различным содержанием ОДКП в составе комбинированного заполнителя, а также составы с однокомпонентными заполнителями. Содержание цемента в составах варьировалось от 20 до 50 % от массы сухих компонентов, влажность смесей составляла 13 %.

Результаты проведенного эксперимента, по оценке влияния величины прессующего давления на предел прочности при сжатии искусственного каменного материала в сухом состоянии, приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Влияние величины прессующего давления на предел прочности при сжатии искусственного камня в сухом состоянии

№	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при величине прессующего давления, МПа			
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		15	20	25	30
1	30	70	90	10	13	34,3	33,5	31,2	28,8
2	40	60	90	10	13	48,9	49,4	44,8	41,9
3	50	50	90	10	13	52,0	52,5	48,6	46,5
4	30	70	100	0	13	32,2	31,2	28,7	26,4
5	40	60	100	0	13	50,0	50,2	48,2	45,4
6	50	50	100	0	13	52,4	53,1	49,8	47,5
7	20	80	0	100	13	12,0	22,1	25,6	26,9

В таблице 3.5 представлены средние величины значения предела прочности при сжатии в сухом состоянии исследуемого материала. Развернутые результаты эксперимента представлены в таблице П. 3.1 приложения № 3.

Результаты исследования влияния величины прессующего давления на предел прочности при сжатии искусственного каменного материала в насыщенном водой состоянии приведены в таблице 3.6.

Зависимость коэффициента водостойкости материала, от величины прессующего давления, полученного для составов с содержанием ОДКП 10 % от массы комбинированного заполнителя, представлено на рисунке 3.3.

**Влияние величины прессующего давления на предел прочности
при сжатии искусственного камня в водонасыщенном состоянии**

№	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при величине прессующего давления, МПа			
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		15	20	25	30
1	30	70	90	10	13	21,3	20,8	18,4	16,1
2	40	60	90	10	13	31,8	32,6	27,8	24,3
3	50	50	90	10	13	40,6	41,5	36,0	32,1
4	30	70	100	0	13	20,9	20,0	17,8	15,8
5	40	60	100	0	13	33,5	33,6	31,3	28,6
6	50	50	100	0	13	43,0	43,0	38,8	35,6
7	20	80	0	100	13	4,7	8,6	10,2	10,8

В таблице 3.6 представлены средние величины значения исследуемого параметра. Развернутые результаты эксперимента представлены в таблице П. 3.2 приложения № 3.

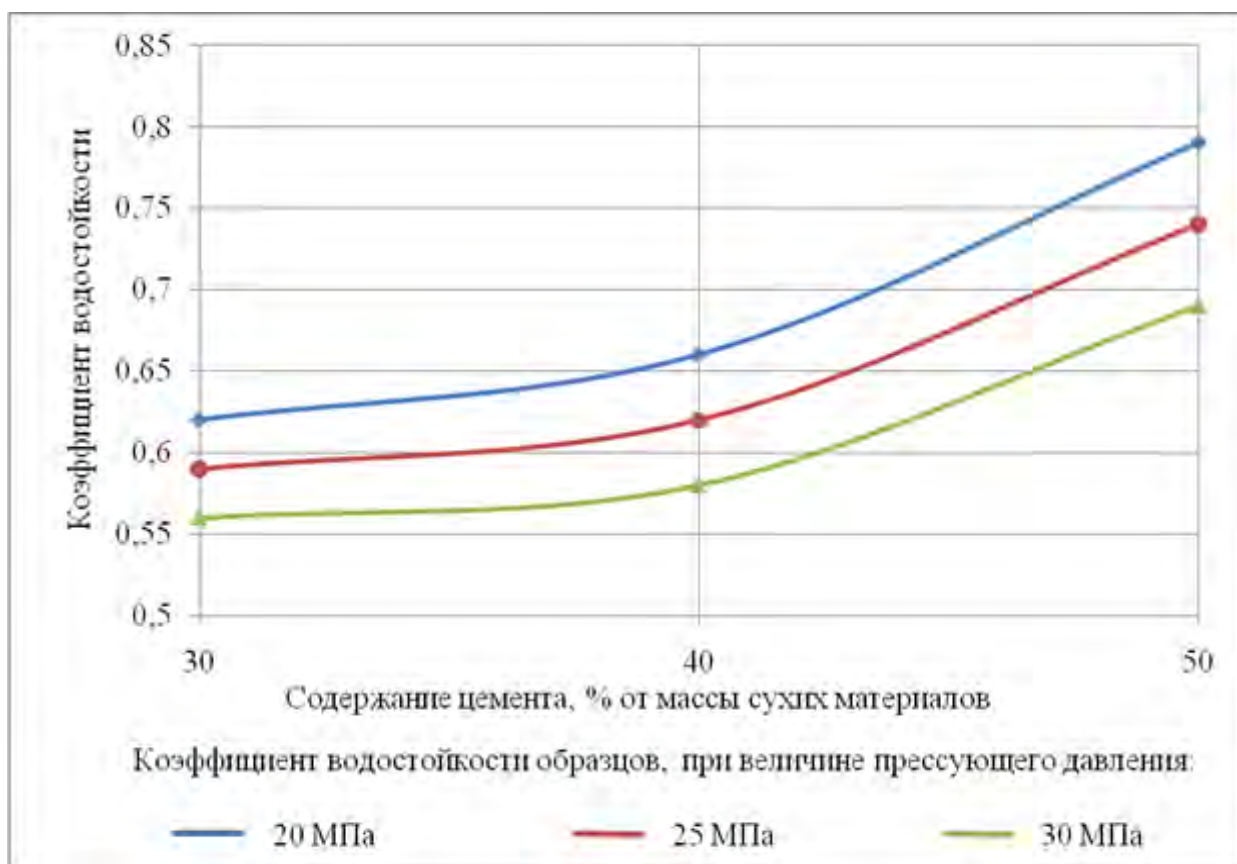


Рисунок 3.3. Зависимость коэффициента водостойкости искусственного камня от величины прессующего давления для составов на комбинированном заполнителе с содержанием ОДКП 10 %

Аналогичная зависимость для материала контрольного состава с однокомпонентным заполнителем из природного кварцевого песка, представлена на рисунке 3.4.

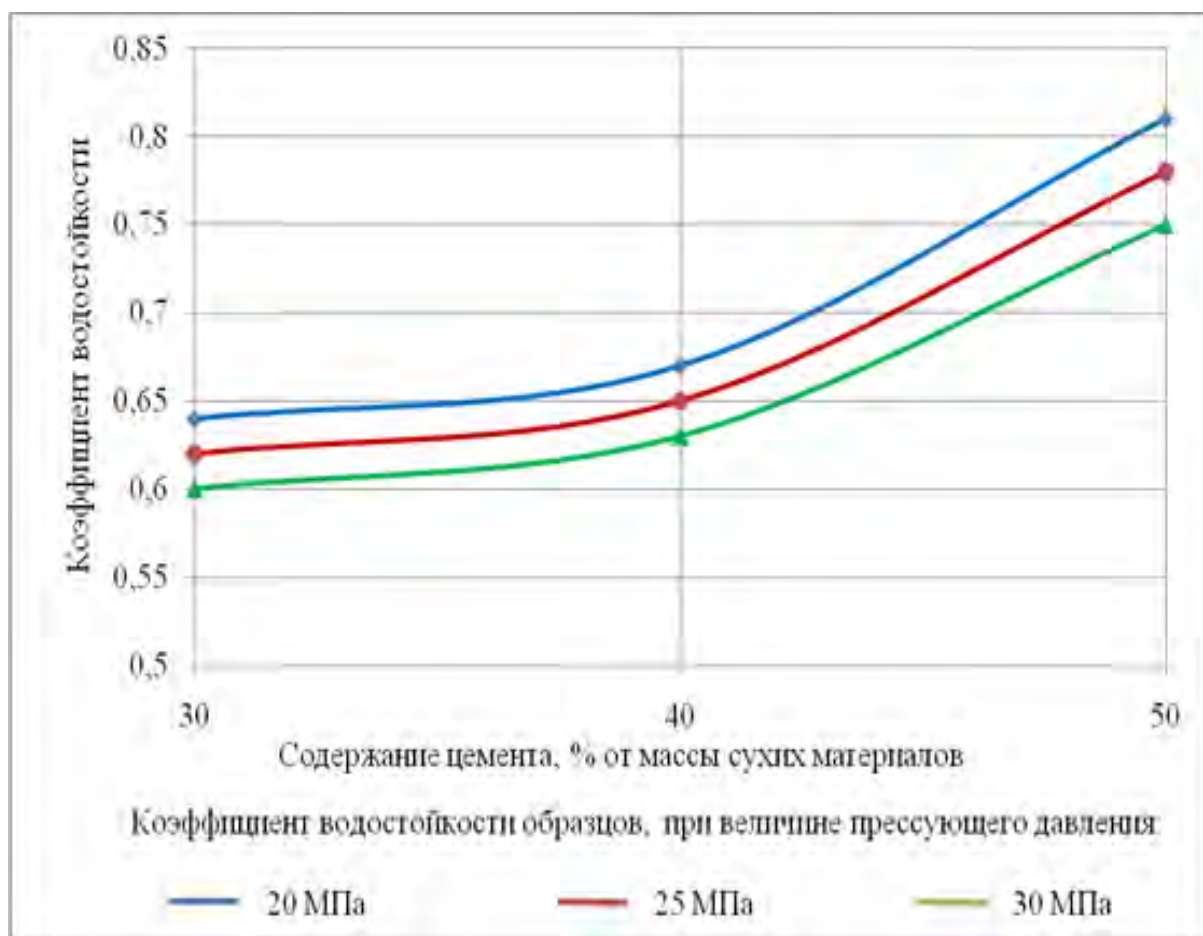


Рисунок 3.4. Зависимость коэффициента водостойкости искусственного камня от величины прессующего давления для контрольных составов с заполнителем из природного кварцевого песка

Из представленных графиков видно, что при содержании цемента в пределах 30-50 % увеличение значения формовочного давления приводит к некоторому снижению показателя водостойкости прессованного искусственного каменного материала, что может быть следствием заземления воздуха в переуплотненной смеси с образованием дефектов структуры. Так, увеличение значения прессующего давления с 20 до 30 МПа, приводит к снижению коэффициента водостойкости материала, полученного из составов с содержанием ОДКП 10 % от массы комбинированного наполнителя, в среднем на 10 %. Для составов с природным кварцевым

песком уровень снижения коэффициента водостойкости при увеличении удельного давления прессования менее выражен и не превысил 6 %.

Сопоставление полученных данных позволило рекомендовать в качестве рационального удельного давления при формировании искусственного строительного камня с комбинированным наполнителем диапазон 15-20 МПа.

3.2.2. Влияние частичной замены ОДКП природным кварцевым песком на свойства малоцементных составов прессованного искусственного каменного материала

В основу экспериментальных исследований было положено предположение о возможности повышения прочности и водостойкости малоцементных составов искусственного каменного материала на основе ОДКП с повышенным содержанием частиц пылевидной фракции за счет применения комбинированного заполнителя, состоящего из смеси ОДКП и природного кварцевого песка. Исследовано формирование прочности и водостойкости малоцементных составов прессованного каменного материала под влиянием частичной замены ОДКП природным кварцевым песком.

Выявлено, что среднее значение доли щебеночной фракции с размером частиц от 5 до 10 мм в ОДКП составляет 15 %. Данный факт объясняется использованием для отсева в производственных условиях сеток с квадратными ячейками. Присутствие слабых зерен в карбонатных породах Республики Марий Эл обуславливает наличие в ОДКП существенного количества пылевидной фракции, которое, как показывает мониторинг зерновых составов ОДКП, может изменяться в пределах от 35 до 60 %.

В таблице 3.7 приведен зерновой состав ОДКП после отделения щебеночной фракции.

Зерновой состав отсевов дробления карбонатных пород

Частные остатки, % на ситах с размером отверстий, мм:	Наименование пробы ОДКП	
	проба №1	проба №2
1,25	3,22	8,80
0,63	7,55	16,32
0,315	20,88	5,06
0,16	33,60	10,23
<0,16	34,75	59,59

По результатам проведения гранулометрического анализа установлено, что содержание частиц с размером <0,05 мм (тонкодисперсная фракция) в фракции ОДКП с размером зерен <0,16 мм составляет 85 %. Испытаниями установлена низкая водостойкость прессованного искусственного каменного материала на основе портландцемента и ОДКП, без применения химических добавок. При этом установлено, что при постоянном расходе цемента водостойкость искусственного каменного материала на основе ОДКП понижается при увеличении доли пылевидных фракций [164].

При реализации комплекса лабораторных исследований использовались отсевы дробления карбонатных пород пробы № 2, характеризующиеся содержанием пылевидной фракции в количестве 59,6 %. Состав рассматриваемой пробы отсевов дробления содержал 80 % доломита и 6 % глинистых минералов. Содержание бездобавочного портландцемента с удельной поверхностью 350 м²/кг в составах варьировалось от 10 до 30 %. В качестве материала, частично замещающего ОДКП, был принят кварцевый песок Студенковского карьера Республики Марий Эл. Значение модуля крупности песка составляло 2,08. Из исследуемых смесей прессованием формовались образцы цилиндрической формы (h = 70 мм; Ø 70 мм). Значение удельного давления являлось постоянным и принималось равным 15 МПа. В течение 28 суток образцы твердели в нормальных условиях, после чего определялась их прочность при сжатии в сухом и водонасыщенном состоянии [164].

Результаты исследования процесса формирования прочностных характеристик прессованного искусственного каменного материала в сухом и насыщенном состоянии приведены на рисунке 3.5 и в приложении № 4.

Прирост прочности образцов, изготовленных на однокомпонентном заполнителе (ОДКП), при повышении содержания цемента в смеси с 10 до 30 % от массы сухих материалов, составил: в сухом состоянии 8 МПа (с 10,2 до 18,2 МПа), в водонасыщенном состоянии 8,3 МПа (с 1,0 до 9,3 МПа). Соответственно увеличение содержания цемента в указанном интервале способствовало повышению коэффициента водостойкости с 0,1 до 0,51 [164].

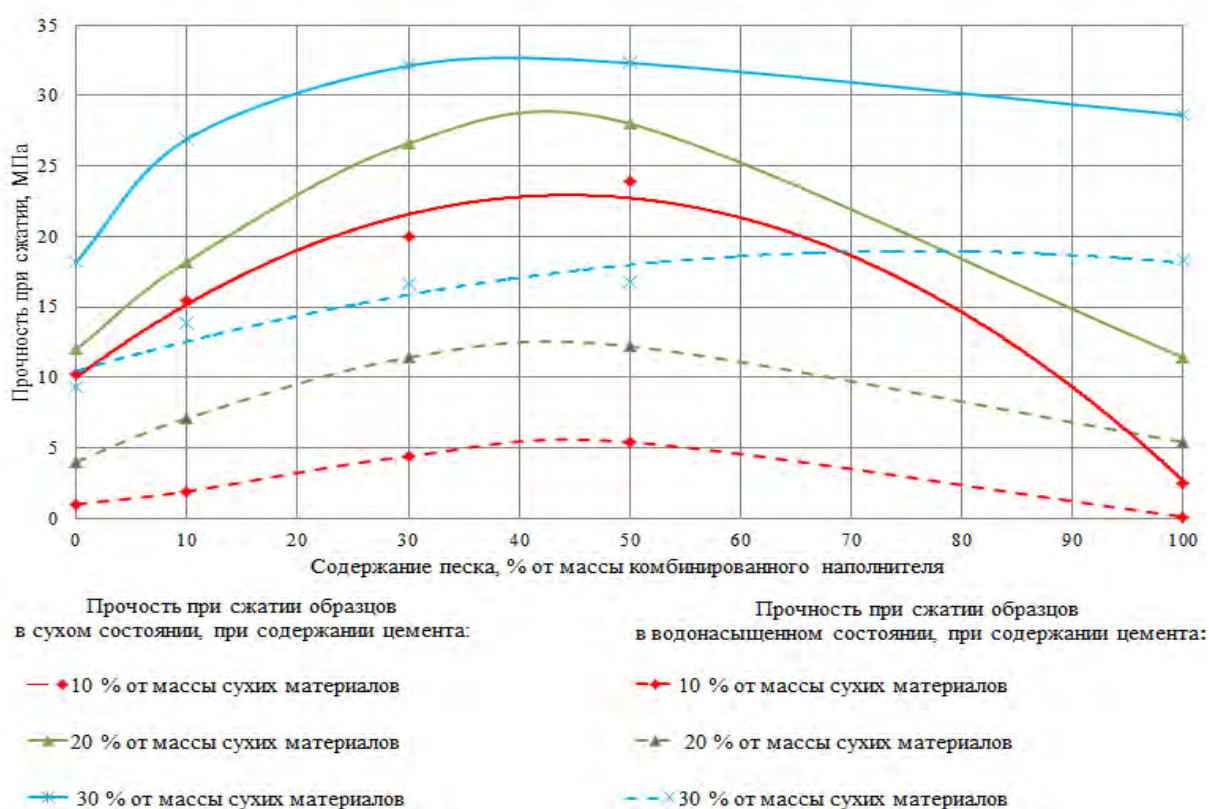


Рисунок 3.5. Формирование прочности в сухом и водонасыщенном состоянии прессованного искусственного каменного материала в зависимости от содержания кварцевого песка в составе комбинированного заполнителя

Анализ реализованного исследования, приведенный на рисунке 3.5, позволил установить возможность повышения прочностных характеристик прессованного искусственного каменного материала в сухом и водонасыщенном состоянии путем частичной замены отсевов дробления карбонатных пород кварцевым песком [164].

В частности, для составов с содержанием цемента 10 % и 20 % от массы сухих материалов наиболее рациональным, с точки зрения формирования исследуемых параметров, является использование комбинированного заполнителя с содержанием кварцевого песка в диапазоне от 30 до 50 %. Дальнейшее увеличение содержания кварцевого песка в рецептуре комбинированного заполнителя, для составов с расходом цемента 10 % от массы сухих материалов, приводит к снижению прочности образцов в сухом и водонасыщенном состоянии [164].

На рисунке 3.6 представлена зависимость коэффициента водостойкости исследуемых составов в зависимости от частичной замены ОДКП природным кварцевым песком.

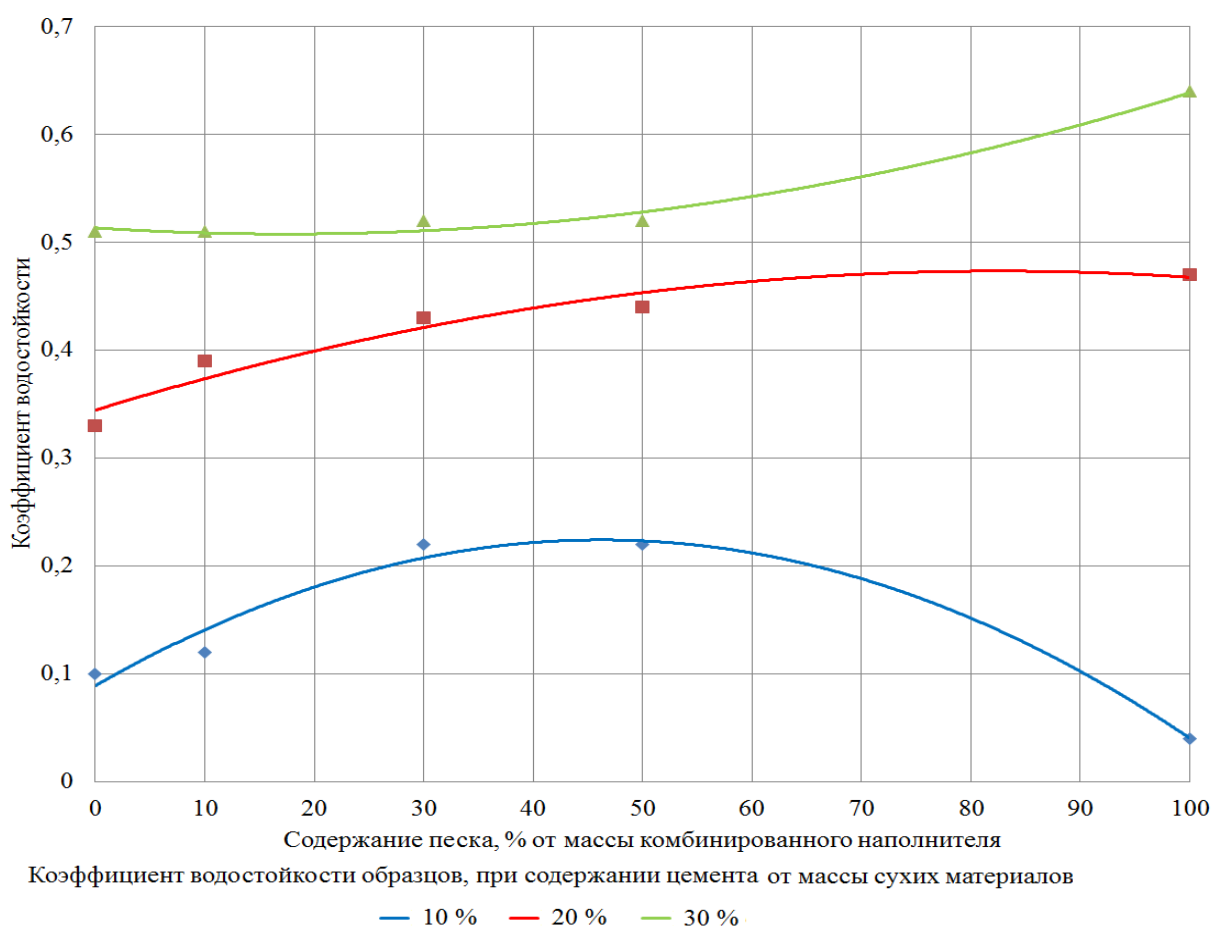


Рисунок 3.6. Зависимость коэффициента водостойкости образцов от содержания кварцевого песка в комбинированном заполнителе

На основании анализа зависимости коэффициента водостойкости прессованного искусственного каменного материала от содержания

природного кварцевого песка в комбинированном заполнителе, установлено, что с точки зрения формирования прочности в сухом и насыщенном водой состоянии, наиболее рациональным является введение кварцевого песка в количестве 30 % взамен ОДКП. При увеличении количества цемента в составах в исследуемом диапазоне, прочность образцов возросла на 12,1 МПа (с 20,0 до 32,1 МПа) и 12,3 МПа (с 4,4 до 16,7 МПа) в сухом и насыщенном водой состоянии соответственно. На основании полученных результатов исследований, установлено, что рост содержания цемента в исследуемых составах прессованного искусственного каменного материала, способствует формированию коэффициента водостойкости в диапазоне 0,22 – 0,52. Таким образом, коэффициент водостойкости не достигает значения 0,8, что позволяет констатировать низкую эффективность использования комбинированного заполнителя (песок + ОДКП) в исследуемых составах, с точки зрения получения водостойкого материала [164].

Использование в комбинированном заполнителе с ОДКП, характеризующимся повышенным содержанием тонкодисперсных фракций, кварцевого песка приводит к укрупнению зернового состава заполнителя, что способствует снижению водопотребности формовочных смесей и, как следствие, обосновывает повышение прочности материала [164].

3.2.3 Влияние состава и влажности формовочных смесей на свойства прессованного камня с комбинированным заполнителем

С точки зрения оптимизации показателей свойств прессованного искусственного каменного материала на основе комбинированного заполнителя представляется важным определение рациональной формовочной влажности составов.

Поиск рациональной формовочной влажности выполнен для формовочных смесей с содержанием цемента в пределах от 30 % до 50 % от массы сухих материалов. Содержание песка в комбинированном заполнителе варьировалось в пределах от 50 до 90 % по массе (Песок +

ОДКП=100 %). Влияние влажности формовочных смесей исследовано в пределах 5-15%. При величине прессующего давления 15 МПа из смесей формовались образцы-балочки с размерами 20×20×60 мм.

Результаты проведенных исследований представлены в таблицах 3.8-3.10.

В таблице 3.8-3.10 представлены средние величины исследуемых свойств искусственного каменного материала. Развернутые результаты эксперимента представлены в таблицах П.5.1-П. 5.3 приложения № 5.

Таблица 3.8

Влияние формовочной влажности на предел прочности при сжатии составов искусственного прессованного камня в сухом состоянии

№	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов							
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	5	7,5	10	11	12	13	14	15
1	50	50	90	10	19,8	26,8	40,5	42,3	45,2	52,0	47,4	47,3
2	50	50	50	50	18,3	32,6	47,7	51,0	59,4	63,9	61,2	60,0
3	30	70	90	10	11,2	18,5	22,8	25,4	29,4	34,3	33,5	31,0
4	30	70	50	50	12,0	19,7	24,5	29,1	31,9	33,1	32,6	32,0
5	50	50	70	30	22,8	31,2	50,0	64,6	67,2	74,0	70,7	66,1
6	30	70	70	30	12,5	20,1	23,8	28,4	31,0	32,8	31,0	30,5
7	40	60	90	10	13,9	24,6	34,2	39,4	41,5	48,9	47,5	48,7
8	40	60	50	50	13,6	21,2	31,3	35,4	44,3	47,9	46,1	45,3
9	40	60	70	30	14,6	23,9	30,9	40,2	48,5	55,1	53,1	52,4
10	30	70	100	0	7,4	21,0	26,3	27,4	29,3	32,2	30,5	29,1
11	40	60	100	0	18,6	33,5	43,6	45,0	47,3	50,0	49,5	48,4
12	50	50	100	0	21,6	35,6	48,6	50,1	51,5	52,4	51,0	50,5

Таблица 3.9

Влияние формовочной влажности на предел прочности при сжатии составов искусственного прессованного камня в водонасыщенном состоянии

№	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов							
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	5	7,5	10	11	12	13	14	15
1	50	50	90	10	13,5	18,5	29,2	31,7	34,8	40,6	36,0	35,9

№	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов							
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	5	7,5	10	11	12	13	14	15
2	50	50	50	50	10,2	18,6	28,6	31,1	37,4	41,5	39,2	37,8
3	30	70	90	10	5,5	9,8	12,5	14,5	17,6	21,3	19,8	18,3
4	30	70	50	50	4,9	8,7	11,3	13,7	16,6	17,5	16,6	16,3
5	50	50	70	30	14,4	20,3	33,0	43,9	47,0	53,3	50,2	45,6
6	30	70	70	30	5,4	9,2	11,7	14,8	16,7	18,4	17,1	16,5
7	40	60	90	10	7,7	14,0	20,2	24,0	26,1	31,8	29,5	29,7
8	40	60	50	50	6,3	10,2	15,0	17,7	23,0	25,4	23,5	22,7
9	40	60	70	30	7,3	12,7	17,3	23,3	28,6	33,6	31,9	30,9
10	30	70	100	0	3,8	11,1	15,0	16,4	18,8	20,9	19,2	17,8
11	40	60	100	0	11,0	20,8	27,1	28,8	31,2	33,5	32,2	31,0
12	50	50	100	0	15,3	26,0	36,9	39,6	41,7	43,0	40,8	39,9

Таблица 3.10

**Влияние формовочной влажности на коэффициент водостойкости
искусственного прессованного камня**

№	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Коэффициент водостойкости, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов							
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	5	7,5	10	11	12	13	14	15
1	50	50	90	10	0,68	0,69	0,72	0,75	0,77	0,78	0,76	0,76
2	50	50	50	50	0,56	0,57	0,60	0,61	0,63	0,65	0,64	0,63
3	30	70	90	10	0,49	0,53	0,55	0,57	0,60	0,62	0,59	0,59
4	30	70	50	50	0,41	0,44	0,46	0,47	0,52	0,53	0,51	0,51
5	50	50	70	30	0,63	0,65	0,66	0,68	0,70	0,72	0,71	0,69
6	30	70	70	30	0,43	0,46	0,49	0,52	0,54	0,56	0,55	0,54
7	40	60	90	10	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,62	0,61
8	40	60	50	50	0,46	0,48	0,48	0,50	0,52	0,53	0,51	0,50
9	40	60	70	30	0,50	0,53	0,56	0,58	0,59	0,61	0,60	0,59
10	30	70	100	0	0,51	0,53	0,57	0,60	0,64	0,65	0,63	0,61
11	40	60	100	0	0,59	0,62	0,62	0,64	0,66	0,67	0,65	0,64
12	50	50	100	0	0,71	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,80	0,79

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что с точки зрения формирования водостойкости и прочностных характеристик искусственного каменного материала, для всех исследуемых составов

значение рациональной формовочной влажности составляет 12-14 % от массы сухих материалов.

Увеличение содержания природного кварцевого песка в составе комбинированного заполнителя приводит к росту коэффициента водостойкости прессованного искусственного строительного камня. Однако, по результатам эксперимента, водостойкий материал ($K_w > 0,8$) может быть получен на основе состава с максимальным содержанием цемента (50 % от массы сухих материалов). Дальнейшее совершенствование технологии получения искусственного прессованного камня проводилось в направлении применения химических модификаторов.

3.3. Исследование влияния фторизации на формирование прочности искусственного камня

Для повышения атмосферостойкости материалов и изделий из горных пород их подвергают обработке различными химическими соединениями под общим названием флюаты. Действие флюатов основано на уплотнении поверхности камня за счет образования нерастворимых соединений, закрывающих поры на поверхности изделия. В более узком смысле слова к флюатам относят соли кремнефтористоводородной кислоты, при обработке которыми карбонатных пород (мрамора, известняков, доломита и др.) нерастворимые соединения фтористого кальция, магния, кремнекислоты, значительно уплотняют материалы в поверхностном слое, соответственно уменьшая их гигроскопичность, водопоглощение, паропроницаемость и повышая их атмосферостойкость, сопротивление истиранию и устойчивость против некоторых слабых химических разрушающих агентов. Раствор флюата концентрацией 12-20 % наносят на чистую сухую поверхность материала один, два или три раза, в зависимости от пористости камня. Расход флюата – 120-160 г на 1 м² изделия [19].

В рамках проводимых исследований, было реализовано химическое модифицирование ОДКП по объему, которое состояло в увлажнении данного

компонента 1 – 3 % водным раствором HF до влажности 12 %. Увлажнение осуществлялось до перемешивания компонентов формовочной смеси. После проведения процесса химического модифицирования ОДКП смешивались с портландцементом и водой. Общая влажность полученной формовочной смеси составляла 12 %. Исследование прочности при сжатии разработанных составов осуществлялось на образцах – цилиндрах ($h = 50$ мм; $\varnothing = 50$ мм), заформованных при давлении 15 МПа и твердевших в нормальных условиях в течение 28 суток [163].

Зависимость формирования прочности при сжатии образцов от концентрации водного раствора HF представлена на рисунке 3.7.

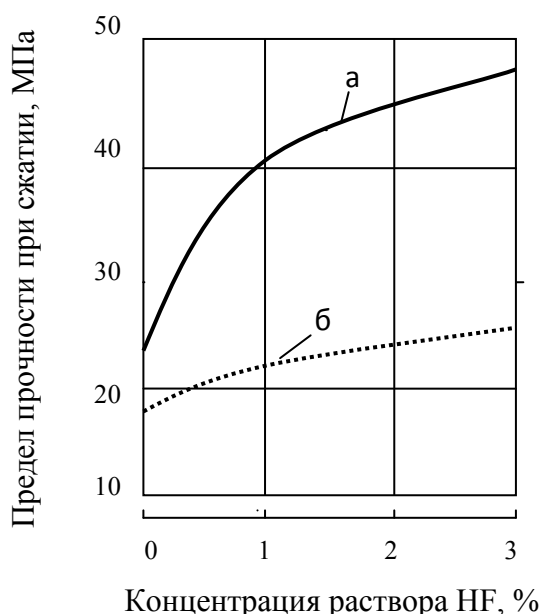


Рисунок 3.7. Формирование прочности при сжатии прессованного каменного материала на основе ОДКП, модифицированного раствором HF, при содержании цемента: а - 50 %, б - 20 %

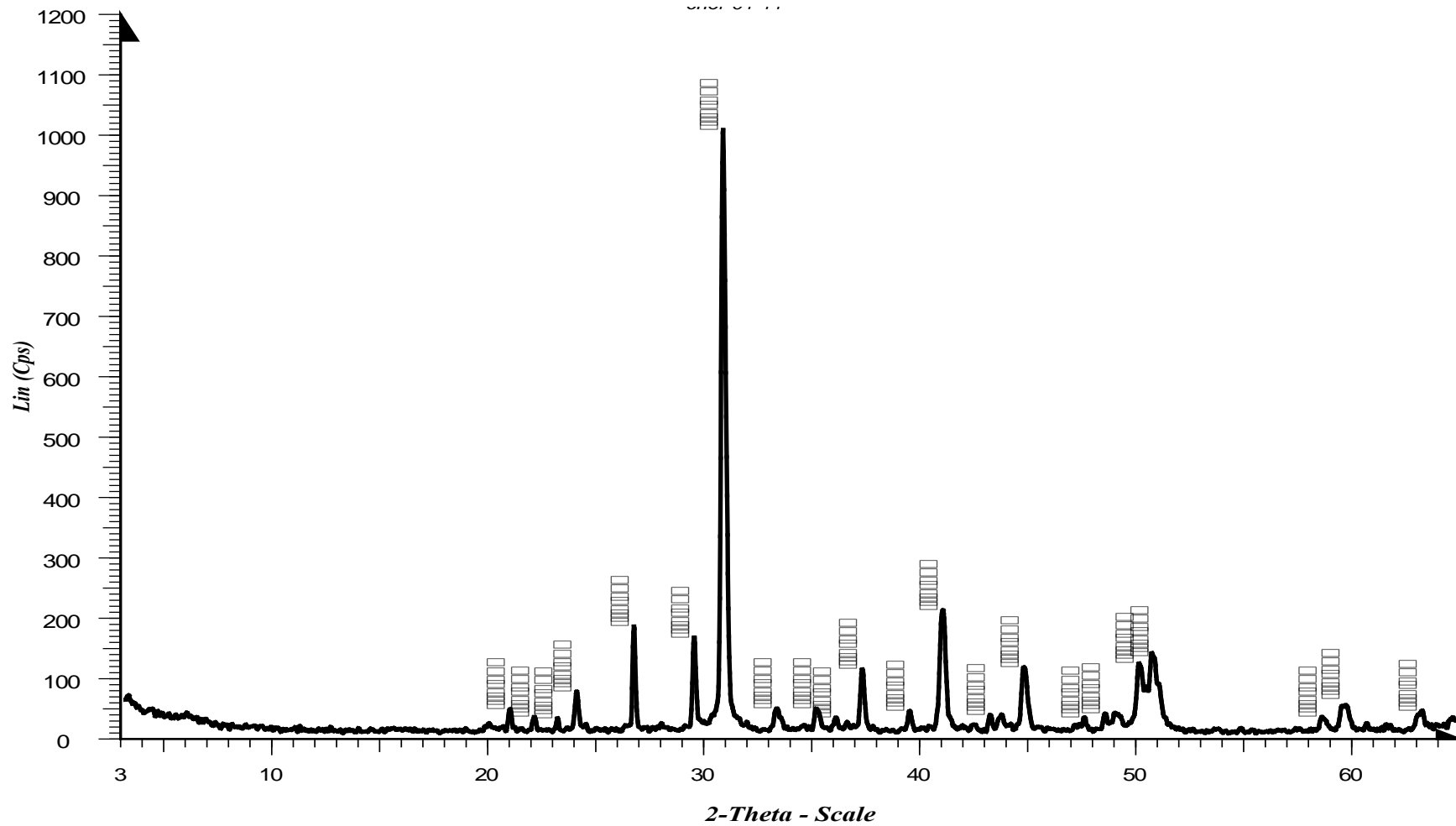
Прочность образцов, содержащих отсева дробления, модифицированные водным раствором HF с концентрацией 3 %, при содержании гидравлического вяжущего в исследуемом диапазоне, возросла на 36 – 104 % по сравнению с аналогичными составами, изготовленными без применения модификатора. В частности, в составах с содержанием цемента 20 % от массы твердых материалов введение модификатора способствовало

повышению прочности до 25 МПа. При увеличении содержания цемента до 50 % прочность при сжатии материала возросла на 24,9 МПа (с 23,9 до 48,8 МПа) [163].

Модификация ОДКП обеспечивает химическое взаимодействие модификатора с карбонатным наполнителем с образованием фторидов, обеспечивая уплотнение поверхности частиц, а также оказывает влияние на формирование структуры прессованного материала на стадии твердения цемента на границе раздела фаз [165].

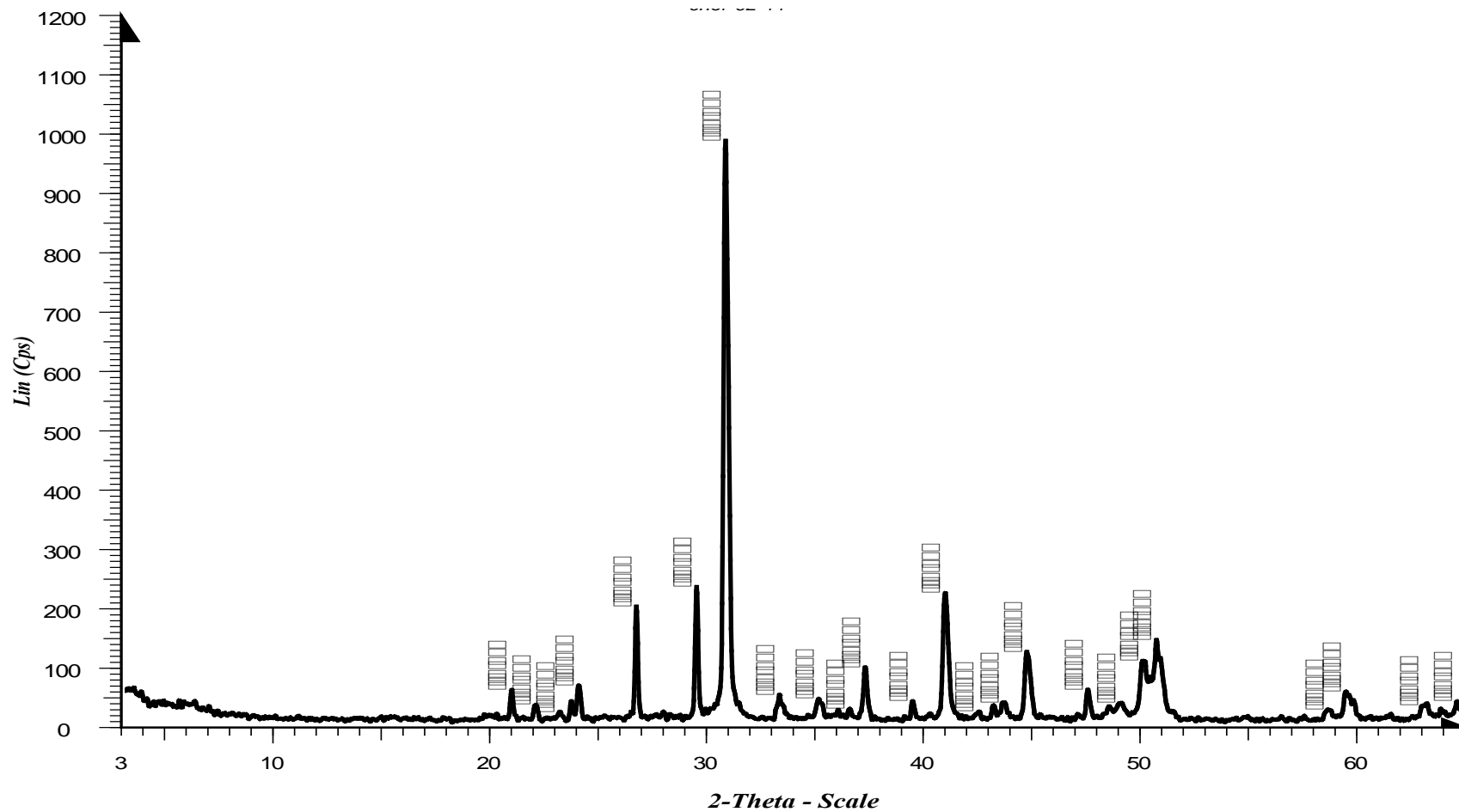
В результате проведения рентгенографического фазового анализа ОДКП, модифицированных 3 %-ым водным раствором фтористоводородной кислоты было обнаружено понижение доли исходных минералов доломита вследствие их взаимодействия с модификатором с образованием фторидов (рисунки 3.8-3.9).

Химическое взаимодействие водного раствора HF с отсевами дробления приводит к образованию соединений MgF_2 и CaF_2 , характеризующихся высокой прочностью и водостойкостью. Структура прессованного каменного материала уплотняется и упрочняется под действием модификатора. В частности водопоглощение исследуемого материала снизилось на 2 % (с 16 % до 14 %) и на 2,9 % (с 8,0 % до 5,1 %) при введении химического модификатора в составы с содержанием цемента 20 % и 50 % соответственно. Анализ графиков, представленных на рисунке 3.7, позволил установить, что рациональной, с точки зрения интенсификации набора прочности модифицированного прессованного каменного материала и экономичности, является концентрация раствора HF равная 1 % [163].



Наименование материала	Содержание минералов, % масс.
Немодифицированные ОДКП	Доломит – 87%, кварц – 6%, кальцит – 7%

Рисунок 3.8. Результаты рентгенографического фазового анализа карбонатных пород



Наименование материала	Содержание минералов, % масс.
ОДКП, модифицированные 3 %-ным водным раствором HF (с выдержкой в течение 3 суток)	Доломит – 86%, кварц – 7%, кальцит – 7%

Рисунок 3.9. Результаты рентгенографического фазового анализа карбонатных пород, модифицированных 3-%-ым водным раствором HF

3.4. Исследование влияния метилгидроэтилцеллюлозы TyloseM 15000 на свойства модифицированного искусственного каменного материала на основе ОДКП

Одной из основных добавок, применяемых для производства цементных композиционных материалов во всем мире, остаются на сегодняшний день сложные эфиры целлюлозы. Введением сложных эфиров целлюлозы – гидроксиэтил- и гидроксипропил-метилцеллюлозы – в количестве 0,05-0,5 % от массы смеси регулируются такие свойства цементных композиционных материалов, как водоудерживающая способность, пластичность, кинетика твердения. Обладая сильными водоудерживающими свойствами, эфиры целлюлозы препятствуют преждевременному уходу воды затворения из растворных смесей в атмосферу и основание и способствуют тем самым более полной гидратации минерального вяжущего [166]. Выдвинуто предположение об улучшении условий формования и твердения цемента в прессованном искусственном каменном материале на основе ОДКП введением добавок метилцеллюлозы. В связи с тем, что метилцеллюлоза проявляет себя как загуститель, в план эксперимента в качестве дополнительного переменного фактора включена формовочная влажность. Экспериментально установлены составы малоцементных смесей, для которых химическое модифицирование метилгидроэтилцеллюлозой TyloseM 15000 оказывает положительное влияние на формирование структуры, обеспечивая рост прочности при постоянном расходе цемента.

Исследовано влияние модификации ОДКП добавкой метилгидроэтилцеллюлозы Tylose M 15000. Влияние содержания метилцеллюлозы и формовочной влажности на свойства прессованного композиционного материала на основе ОДКП, предварительно модифицированных 1 %-ым раствором HF, исследовано при варьировании расхода среднеалюминатного цемента ЗАО «Ульяновскцемент» с удельной

поверхностью 350 м²/кг от 10 до 50 %. Формовка образцов выполнялась при давлении 15 МПа. Исследование прочности искусственного каменного материала выполнялось на образцах цилиндрической формы (h = 50 мм; Ø = 50 мм). После формования, в течение 18 часов образцы подвергались мягкому режиму тепловлажностной обработки (при t = 40°C), затем высушивались при t = 105°C и через 24 часа подвергались испытанию на прочность при сжатии [163].

В рамках исследования использован трехфакторный близкий к D-оптимальному математический план эксперимента на кубе типа В₃. Переменными факторами выступали – содержание в составах цемента в диапазоне 10 – 50 % от массы твердых материалов (Т) (X₁); влажность формовочной смеси в диапазоне 11 – 13 % (X₂); содержание метилгидроэтилцеллюлозы TyloseM 15000 в диапазоне 0,04 – 0,5 % (X₃). При уровне значимости 0,05 полученная на основании результатов эксперимента регрессионная модель зависимости прочности материала Y₃, МПа, от переменных факторов имеет вид [163]:

$$Y_3 = 25,0 + 12,6X_1 + 1,2X_2 - 1,2X_3 - 1,3X_1^2 - 2,3X_1X_3. \quad (3.3)$$

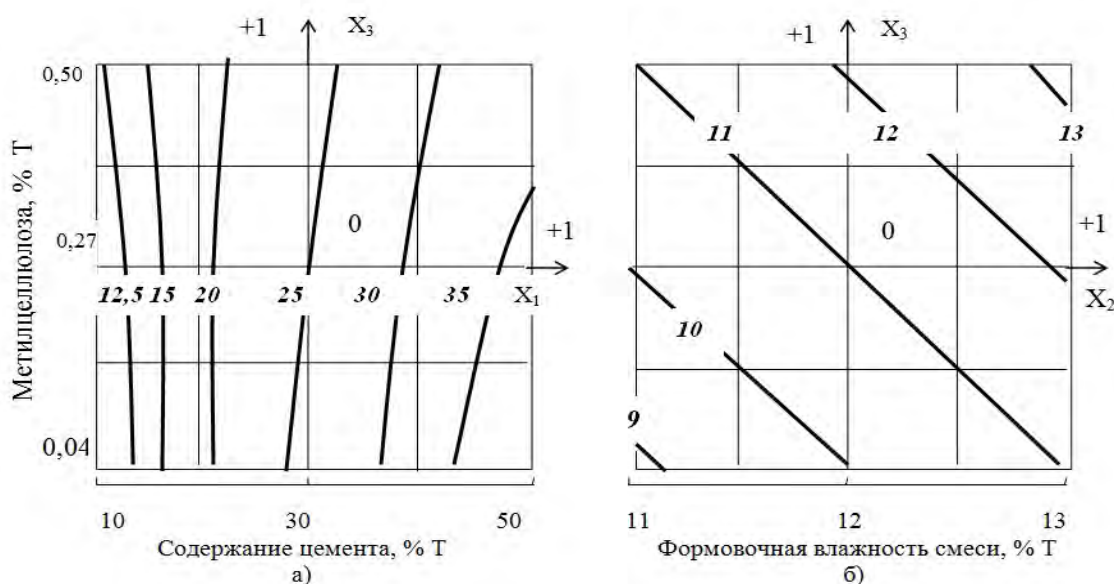


Рисунок 3.10. Зависимость прочности прессованного каменного материала на основе ОДКП, модифицированных 1 %-ым водным раствором HF в координатах: а) Содержание цемента, % / содержание метилцеллюлозы, % от массы твердых компонентов (Т); б) Формовочная влажность смеси, % Т / содержание метилцеллюлозы

Статистическая обработка результатов проведенного комплекса экспериментов и регрессионный анализ полученной математической модели (3.3) приведены в приложении № 6. Анализ представленной модели позволяет констатировать, что все факторы, выбранные в качестве переменных, являются значимыми [163].

Максимальное влияние на процесс формирования прочности прессованного искусственного каменного материала оказывает содержание цемента, что объясняется значительным интервалом его варьирования. Увеличение влажности формовочных смесей в исследуемом диапазоне при выбранной величине прессующего давления способствует улучшению формуемости смеси. Следствием этого является линейность влияния данного фактора на формирование прочности при сжатии исследуемого материала. Влияние количества вводимого в состав формуемой смеси химического модификатора зависит от содержания цемента [163].

На рисунке 3.10 (а) представлено графическое отображение зависимости прочности при сжатии прессованного искусственного каменного материала от содержания цемента и метилгидроэтилцеллюлозы TyloseM 15000. Формовочная влажность исследуемых смесей составляла 12 %. Анализ рисунка 3.10 (а) позволил выявить, что в составах с содержанием цемента 50 % и 30 % от массы Т увеличение количества вводимого модификатора с 0,05 до 0,5 % от массы Т приводит к снижению показателя прочности материала на 18 % и 10 % соответственно. В составах с расходом цемента 10 % введение модификатора способствует повышению прочности при сжатии прессованного искусственного каменного материала [163].

На рисунке 3.10 (б) представлено графическое отображение зависимости прочности при сжатии составов прессованного каменного материала с содержанием цемента 10 % от количества вводимой метилгидроэтилцеллюлозы TyloseM 15000 и значения формовочной влажности смеси. Анализ диаграммы выявил возможность увеличения прочности при сжатии прессованного каменного материала на 50 % при

рациональном сочетании влажности формовочной смеси и содержания метилгидроэтилцеллюлозы TyloseM 15000. Введение в рецептуру малоцементных составов рассматриваемого модификатора, при величине влажности формовочных смесей 13 %, привело к росту показателя прочности на 20 % [163].

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что величина рациональной формовочной влажности составов на основе ОДКП, модифицированных добавкой метилгидроэтилцеллюлозы TyloseM 15000, с точки зрения формирования прочности при сжатии прессованных образцов, изготавливаемых при давлении 15 МПа, составляет 13 % от массы сухих материалов [163]. При расходе воды 11 % от массы сухих материалов при сохранении общих зависимостей получены менее стабильные по однородности результаты. Положительный эффект (прирост прочности в 20 %) от введения в рецептуру прессованного материала на основе ОДКП рассматриваемого модификатора выявлен для составов с содержанием цемента 10 %. [163].

3.5. Исследование влияние стирол-акриловой дисперсии на формирование свойств прессованного искусственного каменного материала

Одним из ведущих направлений в области получения цементных композиционных материалов является применение полимерных релаксированных модификаторов. Результатом их действия во многих случаях является снижение величины капиллярного водопоглощения из-за снижения общей капиллярной пористости, а коагуляция крупных пор полимерной смолы приводит к снижению водопроницаемости. При введении релаксированных сополимерных порошков в составы растворных смесей наблюдается также уменьшение паропроницаемости затвердевших растворных смесей, особенно заметное для систем с относительно высоким значением П/Ц. Релаксированные порошки производятся методом

распылительной сушки водных синтетических дисперсий на базе сополимеров винилацетата, этилена, акрилатов и версататов. Они содержат антикоагулянты и средства против слеживания [167].

Самым распространенным продуктом на отечественном рынке выступают стирол-акриловые дисперсии, получаемые в процессе сополимеризации эфиров акриловой кислоты со стиролом. Данный материал образует покрытия с частицами малых размеров (0,05-0,15 мкм), характеризующиеся высокой стойкостью к атмосферным воздействиям, эластичностью, паропроницаемостью, и высокой адгезией. Благодаря своим положительным свойствам стирол-акриловые дисперсии широко применяются в составах сухих штукатурок [167].

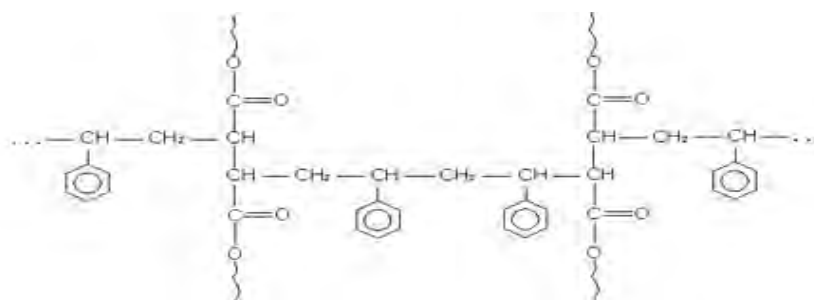


Рис. 3.11. Стирол-акриловый сополимер

Исследовано влияние содержания стирол-акриловой дисперсии ТУ 2318-0802955826-01 на формирование свойств прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород.

Уровни варьирования переменных факторов приведены в таблице эксперимента представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11

Уровни варьирования переменных факторов

X_i	-1	0	+1
X_1 – содержание цемента, %	10	30	50
X_2 – содержание стирол-акриловой дисперсии в пересчете на сухое вещество, масс. % от (Ц+ОДКП)	0	1,17	2,34

Стирол-акриловой дисперсией сначала обрабатывались отсеvy дробления карбонатных пород. Формовочная смесь составлялась из отдельно затворенного цемента и отсевов дробления карбонатных пород,

модифицированных стирол-акриловой дисперсией. Влажность формовочной смеси составляла 13 %. Формовка образцов-цилиндров диаметром 50 мм и высотой 50 мм выполнялась при давлении 15 МПа. Заформованные образцы подвергались тепловлажностной обработке в течении 12 часов при температуре 40 °С, после чего они хранились в воздушно-сухих условиях при 20±2°С. В возрасте 28 суток контролировались их прочность. На основании проведенных исследований построена регрессионная модель при уровне значимости 0,05 адекватно отражающая зависимость прочности при сжатии прессованного каменного материала \hat{Y} (МПа) от содержания цемента и концентрации акриловой дисперсии:

$$\hat{Y}_4 = 17,05 + 9,09 \times X_1 - 2,55 \times X_2 + 3,57 \times X_2^2 - 4,69 \times X_1 \times X_2 \quad (3.4)$$

Статистическая обработка результатов эксперимента и регрессионный анализ модели (3.4) приведены в приложении №7. На рисунке 3.12 представлен геометрический образ модели.

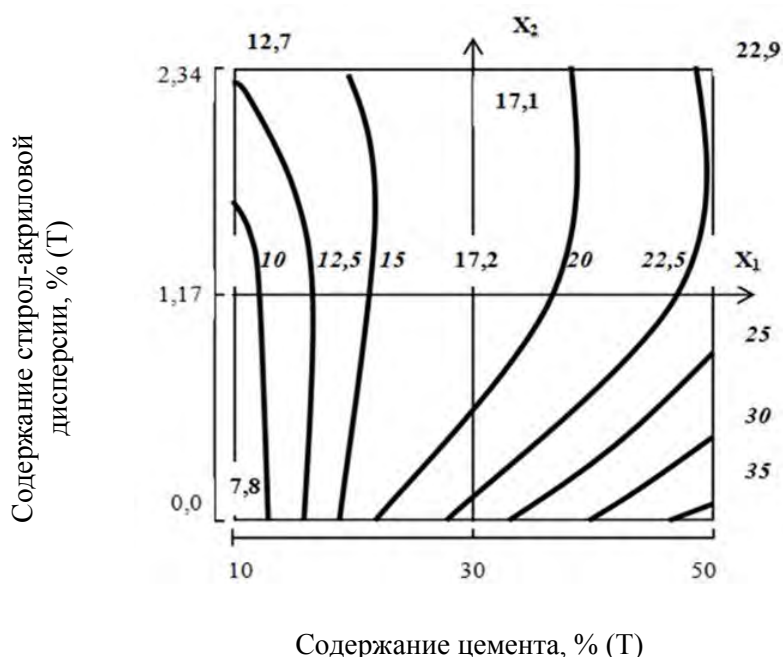


Рисунок 3.12. Диаграмма предела прочности при сжатии, МПа прессованного искусственного каменного материала с добавкой стирол-акриловой дисперсии в координатах: X_1 – содержание цемента, % от массы твердых компонентов (Т) / X_2 – содержание стирол-акриловой дисперсии, % от массы твердых компонентов (Т)

Анализ модели (3.4) позволил выявить область составов, для которых введение стирол-акриловой дисперсии способствует приросту прочности

композиционного материала при сжатии. При расходе цемента 10 % увеличение содержания стирол-акриловой дисперсии от 0 до 2,34 % позволило повысить прочность с 7,8 до 12,7 МПа, то есть практически на 60%. Прочность образцов при изгибе, в присутствии добавки, возросла на 11-16% [168].

При более высоких расходах цемента присутствие стирол-акриловой дисперсии приводит к снижению прочности цементных материалов.

Исследования показали, что модификация ОДКП стирол-акриловой дисперсией не повышает водостойкости искусственного прессованного камня.

3.6. Влияние СДО на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП

Смола древесная омыленная (СДО) ТУ 2453-001-00279870-04 применяется в качестве полифункциональной пластифицирующей, воздухововлекающей, повышающей морозостойкость добавки для приготовления бетонов различного назначения.

Исследовано влияние СДО на формирование прочности при сжатии, прочности при изгибе и водостойкости прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород.

Количество воды затворения определялось в ходе эксперимента исходя из удобоформуемости получаемой смеси. Контрольные составы с формовочной влажностью 13 % не содержали СДО.

Исследования выполнены на составах с содержанием цемента 15-30 %. СДО вводилась в количестве 0,03-0,06 % от массы цемента.

Результаты испытания образцов размером 20×20×60 мм приведены в приложении № 8.

В процессе проведения экспериментальных исследований было определено, что введение добавки СДО в количестве 0,03-0,06 % от массы цемента приводит к снижению водопотребности прессованных образцов в

среднем на 5-6 %. Зависимость прочности при сжатии образцов в сухом и водонасыщенном состоянии при содержании цемента 15-30 % и количества вводимой добавки СДО приведено на рис. 3.13.

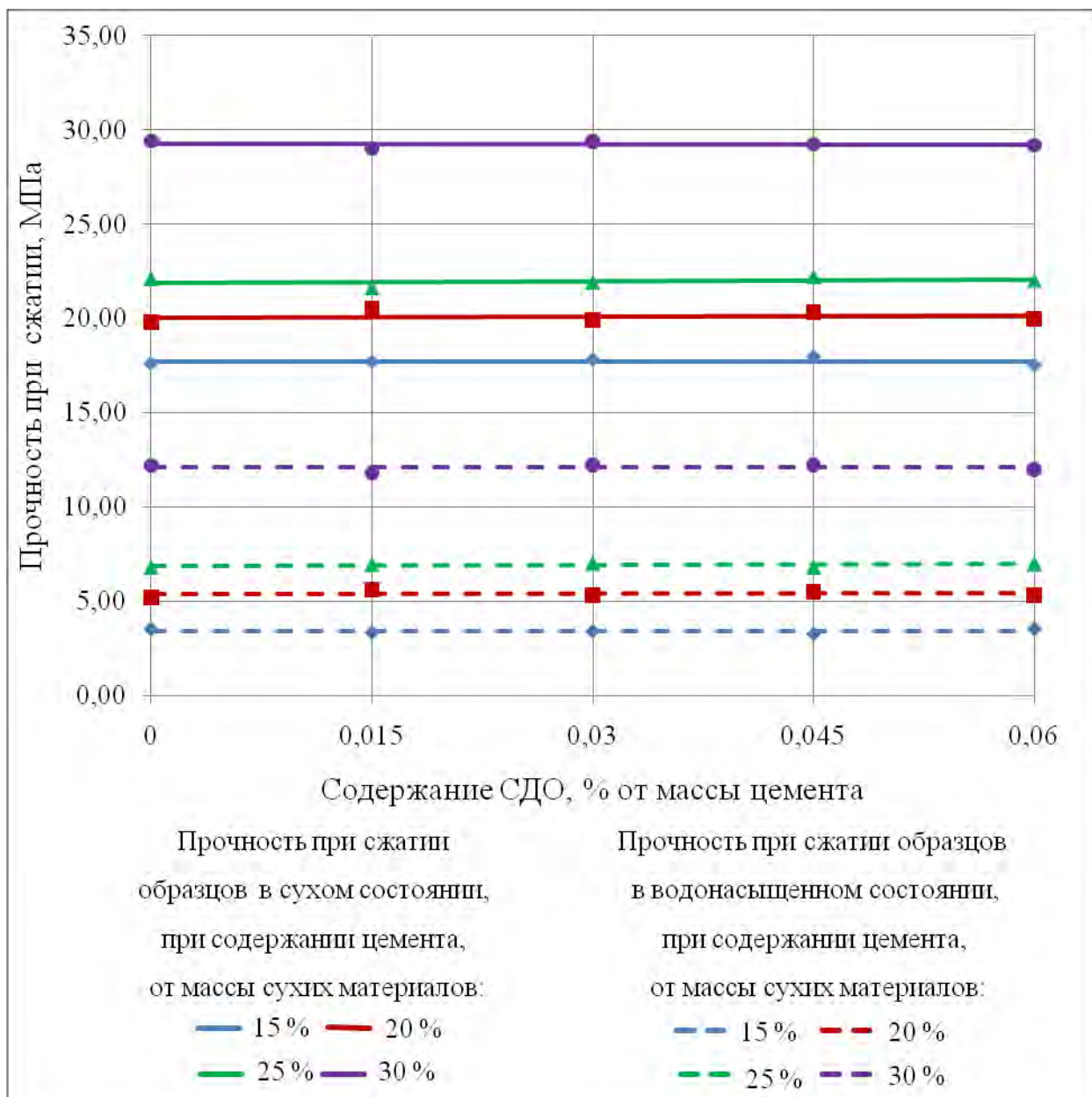


Рисунок 3.13. Влияние добавки СДО на предел прочности при сжатии прессованного каменного материала на основе ОДКП

Исследованиями установлено, что при содержании цемента в составах от 15 % до 30 % введение химического модификатора – смолы древесной омыленной не оказывает заметного влияния на формирование прочностных характеристик исследуемого материала. На рисунке 3.14 приведены

результаты влияния добавки СДО на формирование прочности искусственного каменного материала при изгибе. Прочность при изгибе определялась на сухих образцах балочках размером 20×20×60 мм при расстоянии между опорами 40 мм воздействием нагрузки в середине пролета.

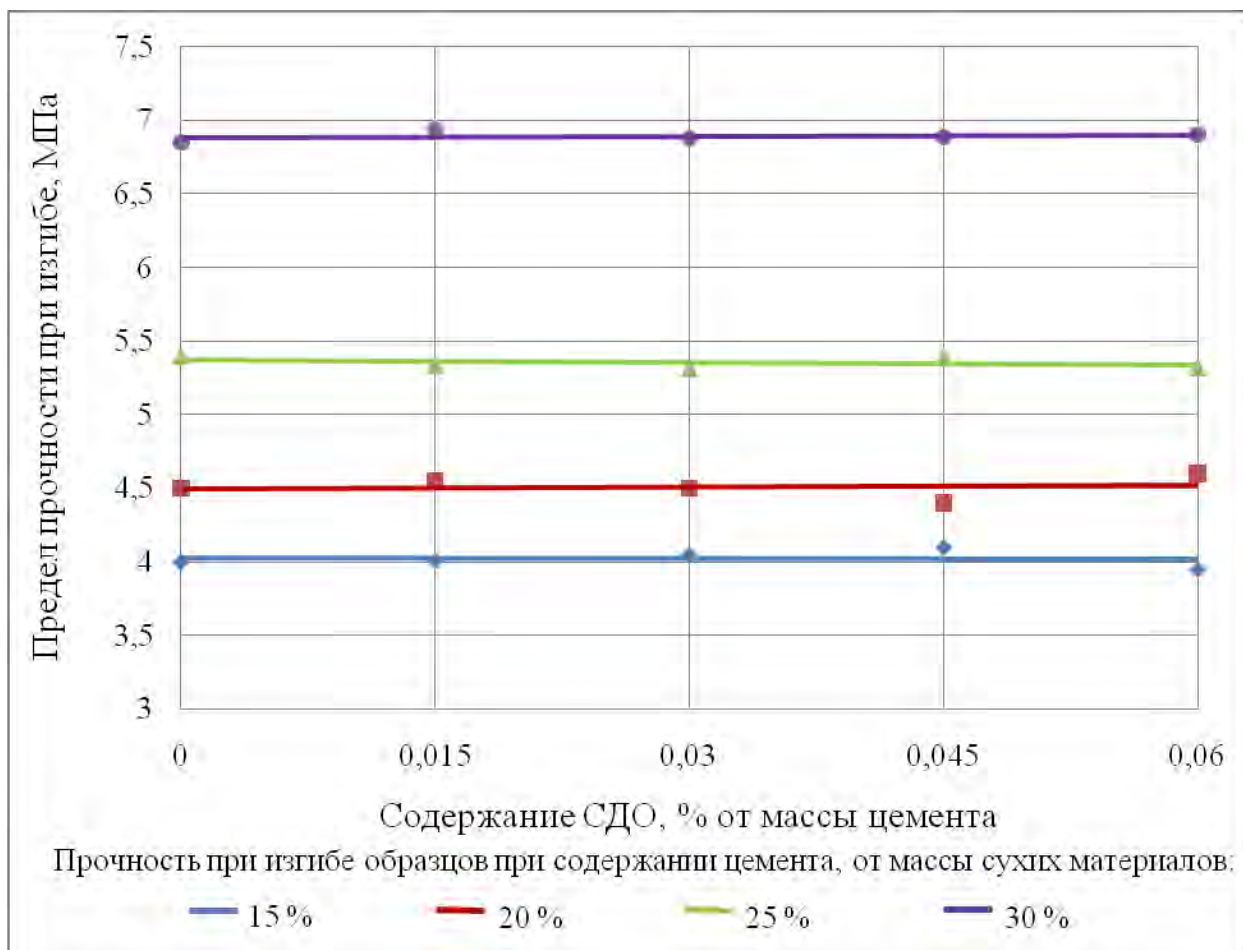


Рисунок 3.14. Влияние добавки СДО на предел прочности при изгибе прессованного каменного материала на основе ОДКП

Исследования показали, что применение добавки СДО в количестве 0,03-0,06 % от массы цемента практически не влияет на предел прочности при изгибе.

На основании проведенного эксперимента построена также зависимость водостойкости прессованного искусственного каменного материала от процентного содержания цемента и поверхностно-активной добавки СДО, которая приведена на рисунке 3.15. Низкие значения водостойкости обусловлены использованием малых образцов 20×20×60 мм.

Тем не менее, они позволяют сделать качественный вывод о сравнительной водостойкости составов при различном содержании СДО и цемента.

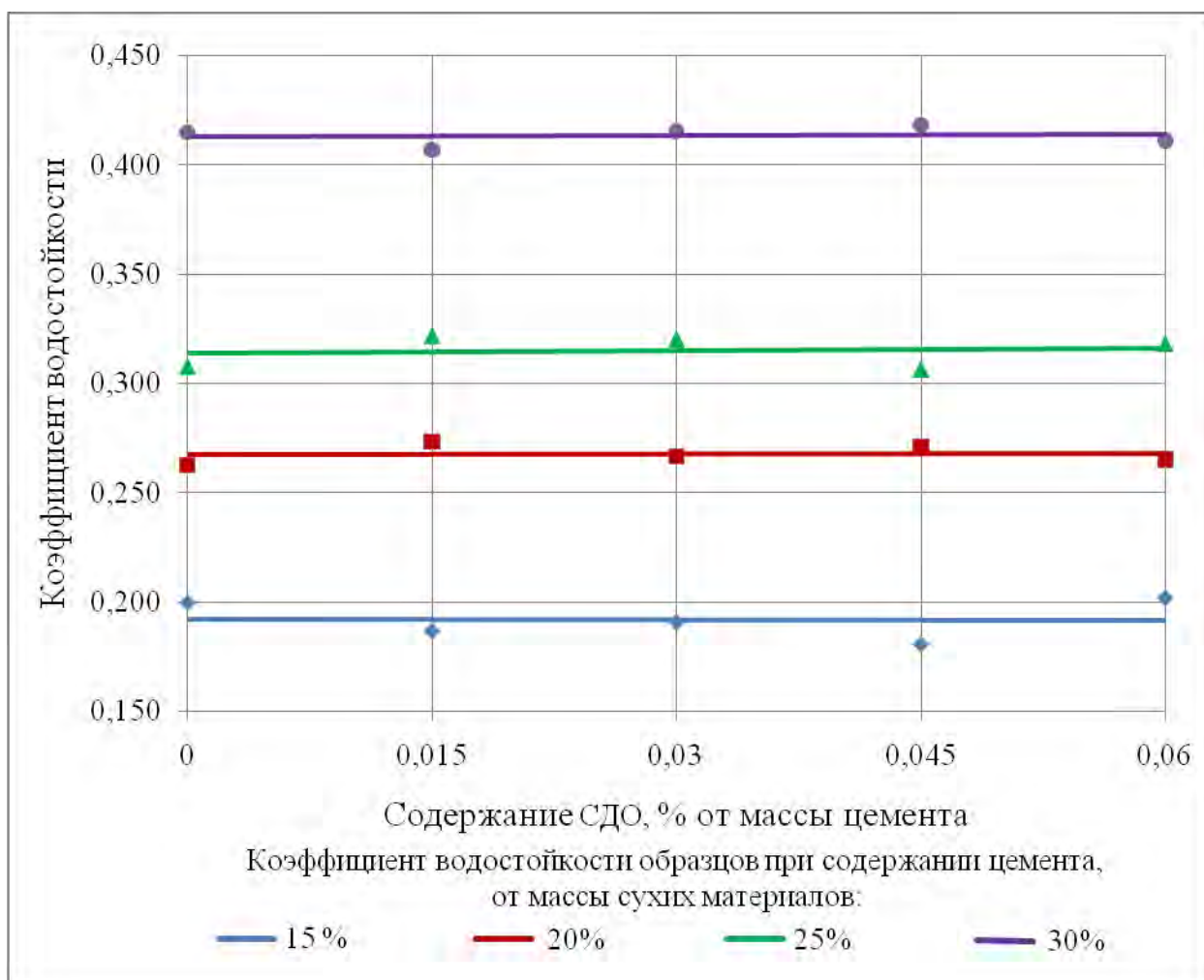


Рисунок 3.15. Зависимость коэффициента водостойкости прессованного каменного материала от содержания цемента и СДО

По комплексу полученных результатов можно заключить, что применение СДО в исследуемых составах не приводит к повышению водостойкости, что может быть обусловлено наличием в ОДКП большого объема тонкодисперсных фракций.

3.7. Исследование влияния добавки RheoFIT 774 на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП

Исследовано влияние модификатора RheoFIT 774 производства немецкого химического концерна BASF на свойства прессованного

искусственного каменного материала на основе ОДКП. Во всех составах количество вводимого модификатора принималось близким к минимальному из рекомендуемого диапазона и составляло 0,2 л на 100 кг цемента.

Из смеси цемента и ОДКП прессовались образцы-цилиндры диаметром и высотой 70 мм. Величина формовочного давления составляла 15 МПа. Составы смесей и их свойства представлены в приложении № 9.

Сопоставление результатов испытания контрольных и основных образцов влажностью 13 % демонстрирует положительный эффект введения модификатора RheoFIT на формирование прочностных характеристик и водостойкости материала. В составах с минимальным содержанием цемента - 10 % введение модификатора способствовало приросту прочности в сухом состоянии с 21,4 МПа до 24,2 МПа, а в водонасыщенном состоянии - с 13,3 МПа до 19,8 МПа, что соответствует росту коэффициента водостойкости материала с 0,62 до 0,82, т.е. на 32 %. В составах с содержанием цемента 20 % и 30 % от массы сухих компонентов рост коэффициента водостойкости в результате применения добавки составил в среднем 8 %.

Характер снижения эффективности введения модификатора, при увеличении содержания цемента в составе смеси, объясняется необходимостью учета водоредуцирующего действия добавки при подборе рациональной влажности в составах с повышенным содержанием вяжущего.

Особенность введения модификатора RheoFIT 774 в исследуемые составы состоит в том, что проявление по времени пластифицирующего эффекта носит неравномерный характер – несущественное при введении и начальных этапах перемешивания и одномоментное при длительном перемешивании смеси. Это существенно осложняет процесс подбора рациональной влажности с точки зрения удобоформуемости смеси.

Исходя из полученных результатов, для составов с содержанием цемента 20 % и 30 % от массы сухих компонентов были изготовлены дополнительные серии образцов с пониженной влажностью 11 %, подобранной с учетом водоредуцирующего действия модификатора.

Графическое отображение полученных результатов приведено на рисунке 3.16.

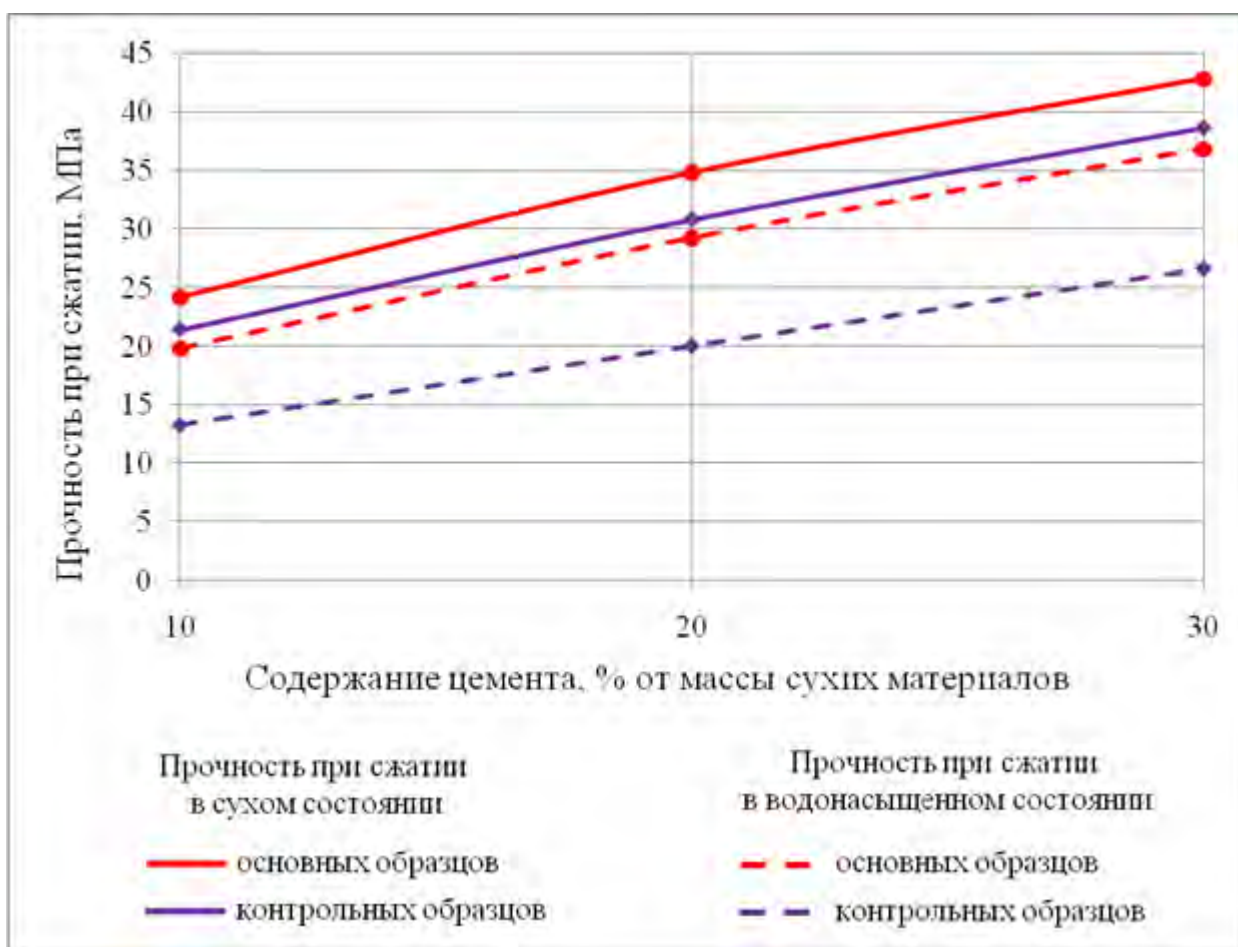


Рисунок 3.16. Влияние добавки RheoFIT 774 на прочность при сжатии прессованного каменного материала в сухом и водонасыщенном состоянии

В результате проведенных испытаний установлено, что химический модификатор RheoFIT 774, обладая водоредуцирующим действием, способствует повышению прочностных характеристик и водостойкости прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП. Так, в составах с содержанием цемента 10 % и 20 % при введении модификатора прочность в сухом состоянии возросла на 13 % и составила 24,2 МПа и 34,8 МПа соответственно, а в водонасыщенном состоянии – в среднем на 47 % и составила соответственно 19,8 МПа и 29,2 МПа. Для составов с содержанием цемента 30 % аналогичное повышение составило для прочности в сухом состоянии 11 %, что соответствует значению 42,8 МПа и 38 % – в водонасыщенном, при значении прочности 36,8 МПа.

Формирование коэффициента водостойкости прессованного каменного материала, в присутствии химического модификатора RheoFIT 774, графически представлено на рисунке 3.17.

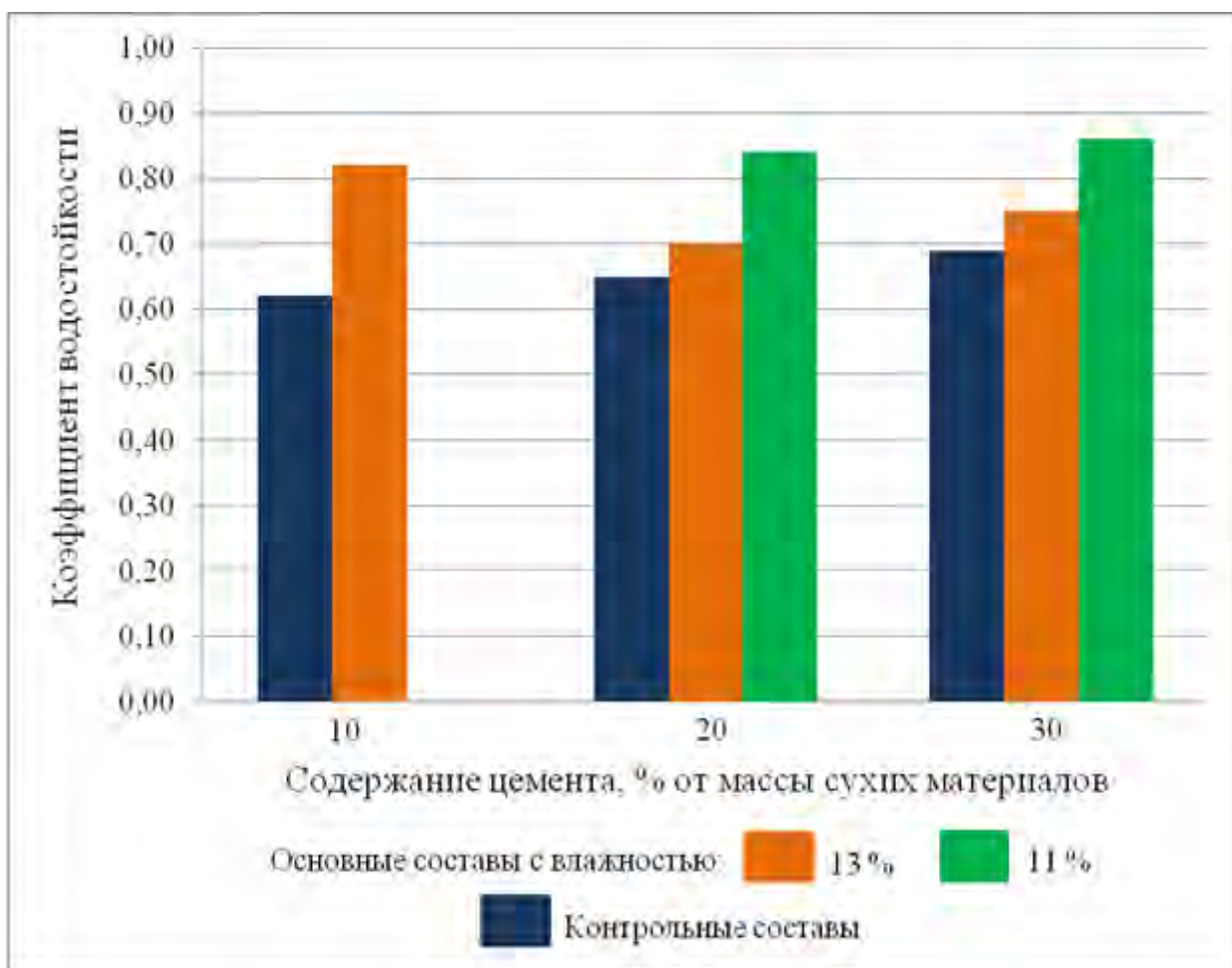


Рисунок 3.17. Влияние добавки RheoFIT 774 на коэффициент водостойкости прессованного каменного материала на основе ОДКП

Анализ полученных результатов показывает, что во всем диапазоне варьирования содержания цемента введение добавки RheoFIT 774 в количестве 0,2 литра на 100 кг способствует повышению водостойкости исследуемого материала на 25-32 %. Результаты исследования позволяют заключить, что водостойкий прессованный каменный материал, с пределом прочности при сжатии 20 МПа, может быть получен из составов с содержанием цемента 10 % при величине формовочной влажности смеси 13 % и введении химического модификатора RheoFIT 774 в количестве 0,2 л на 100 кг цемента.

3.8. Исследование влияния добавки Пенетрон Адмикс на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП

Исследовано влияние модификатора Пенетрон Адмикс ТУ 5745-001-77921756-2006 на свойства прессованного искусственного каменного материала. Во всех составах количество вводимого модификатора принималось минимальным из рекомендуемого диапазона и составляло 1 % от массы цемента.

Из смесей цемента и ОДКП при удельном давлении 15 МПа прессовались образцы-цилиндры диаметром и высотой 70 мм. Состав смесей и результаты проведенного исследования представлены в приложении № 10.

Графическое отображение результатов испытания на прочность при сжатии контрольных образцов и образцов, изготовленных с применением химического модификатора Пенетрон Адмикс, твердевших в нормальных условиях, представлено на рисунке 3.18.

Анализ рисунка 3.18 показывает, что при твердении материала в течение 28 суток в нормальных условиях увеличение содержания цемента с 10 % до 50 % от массы сухих материалов приводит к росту прочности при сжатии как основных, так и контрольных образцов в водонасыщенном состоянии в 3 раза, в сухом состоянии – в 2,3 раза. Для составов с низким содержанием цемента (10 % и 20 % от массы сухих материалов) значение прочности при сжатии образцов в водонасыщенном состоянии значительно ниже данного параметра материала в сухом состоянии, что определяет низкий показатель водостойкости малоцементного прессованного каменного материала.

Обеспечить существенный прирост прочности при сжатии образцов малоцементных составов в водонасыщенном состоянии удалось вследствие использования технологии твердения материала, предусматривающей погружение образцов в водную среду через 72 часа после формовки.

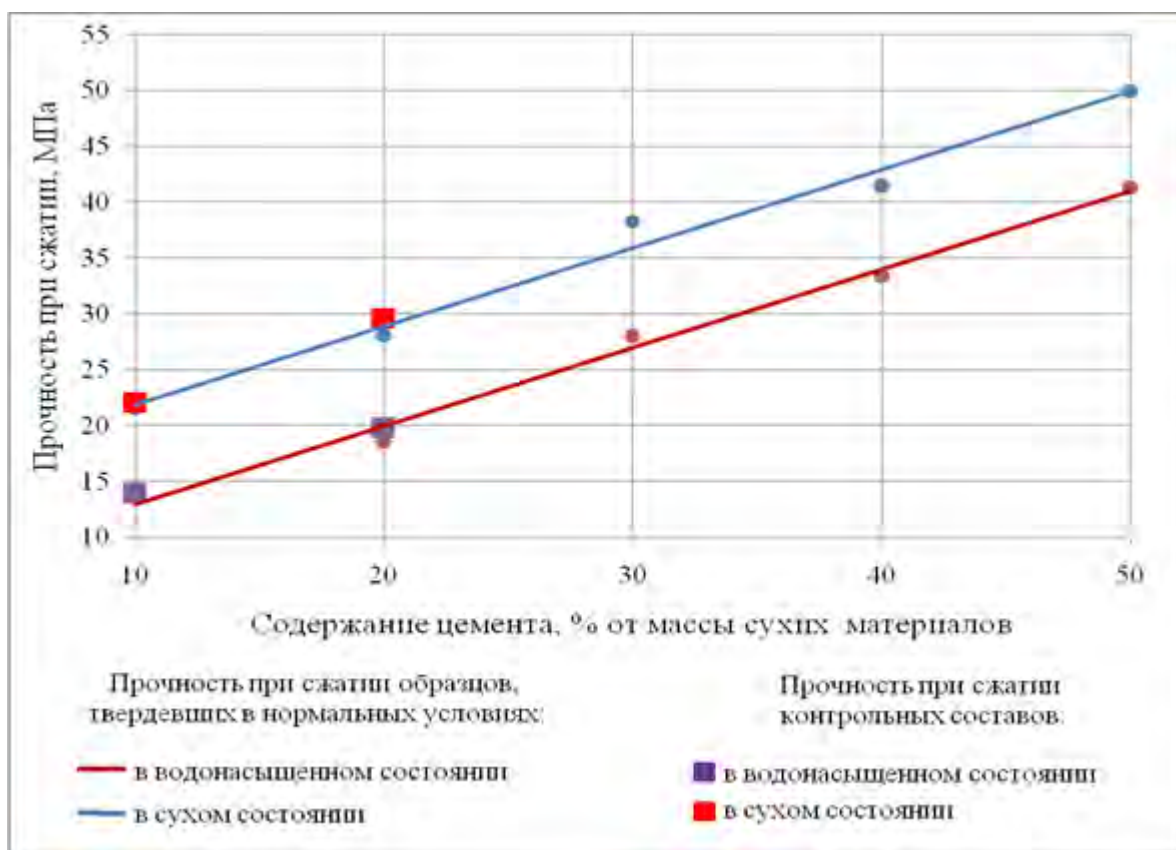


Рисунок 3.18. Прочность при сжатии искусственного строительного камня в сухом и водонасыщенном состоянии с модификатором Пенетрон Адмикс и контрольных составов без модификатора в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях

Выдерживание образцов на воздухе до погружения в водную среду необходимо для обеспечения начального набора прочности материала, достаточного для сохранения целостности образца при погружении в водную среду.

Сопоставление значений прочностных характеристик образцов малоцементных составов с добавкой модификатора Пенетрон Адмикс твердевших в нормальных условиях и в водной среде представлено на рисунке 3.19.

На основании данных, представленных на рисунке 3.19, можно заключить, что для составов с содержанием цемента 10 % прочность в водонасыщенном состоянии образцов, твердевших в водной среде, возросла на 56,6 % по сравнению с образцами, твердевшими в нормальных условиях. Прирост прочности в сухом состоянии аналогичных образцов, твердевших в

водной среде, по сравнению с образцами, набравшими прочность в нормальных условиях, составляет 17 %.

Аналогично, у составов с содержанием цемента 20 % от массы сухих материалов содержащих модификатор Пенетрон Адмикс прочность образцов в водонасыщенном состоянии возросла на 54,3 %, в сухом состоянии – на 5,3 %.

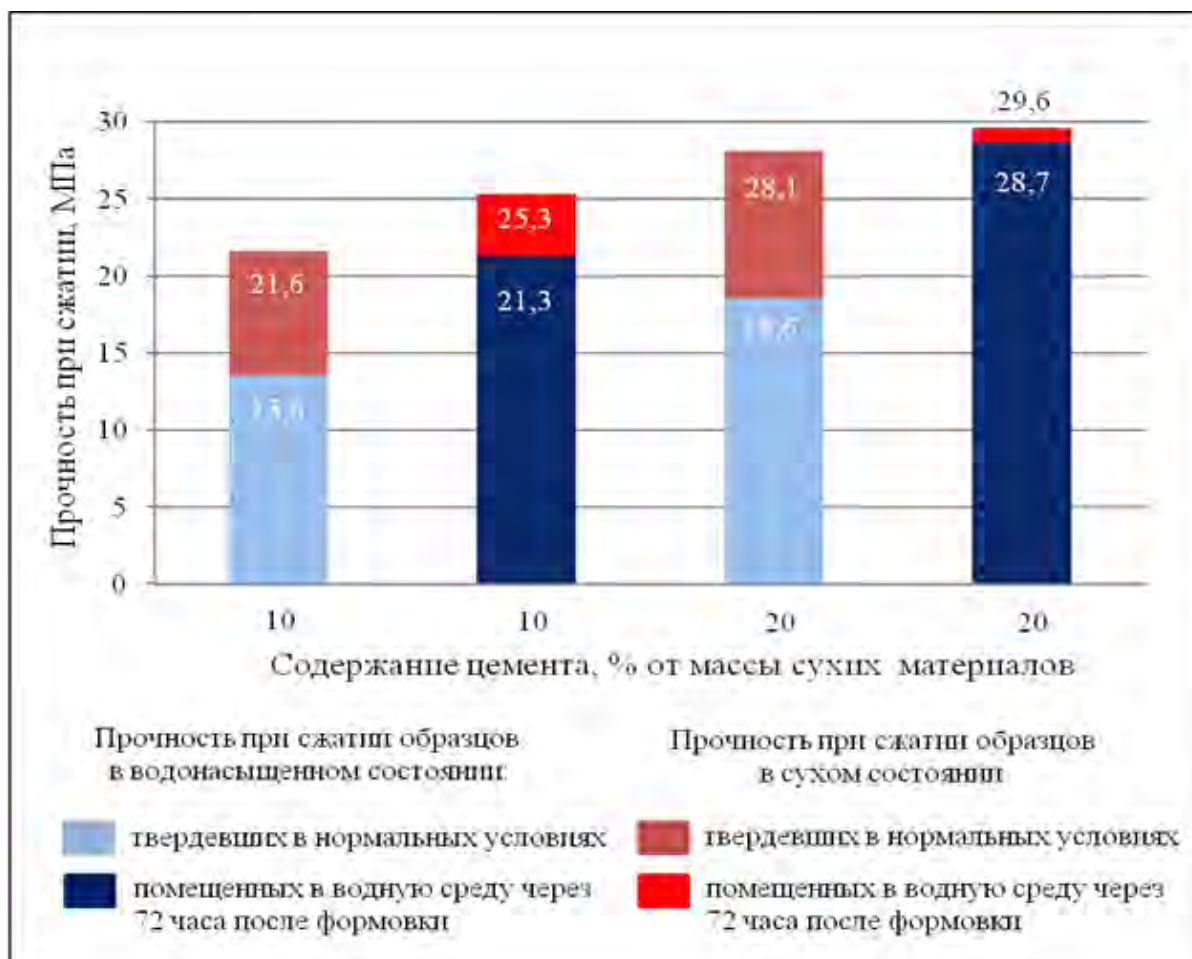


Рисунок 3.19. Сравнение прочностных характеристик малоцементных составов с добавкой Пенетрон Адмикс, твердевших в нормальных условиях и в водной среде

Наиболее важным, для повышения водостойкости малоцементных прессованных композиций на основе ОДКП с добавкой Пенетрон Адмикс, является переход к технологии, предусматривающей твердение материала в водной среде, куда он должен быть помещен через 72 часа после формовки. Коэффициент водостойкости искусственного каменного материала в рациональных условиях твердения при содержании цемента 10-20 % возрастает с 0,63-0,66 до 0,84-0,97 [164].

Изменение коэффициента водостойкости прессованного искусственного строительного камня на основе ОДКП, под влиянием модификатора Пенетрон Адмикс и условий твердения, представлено на рисунке 3.20.

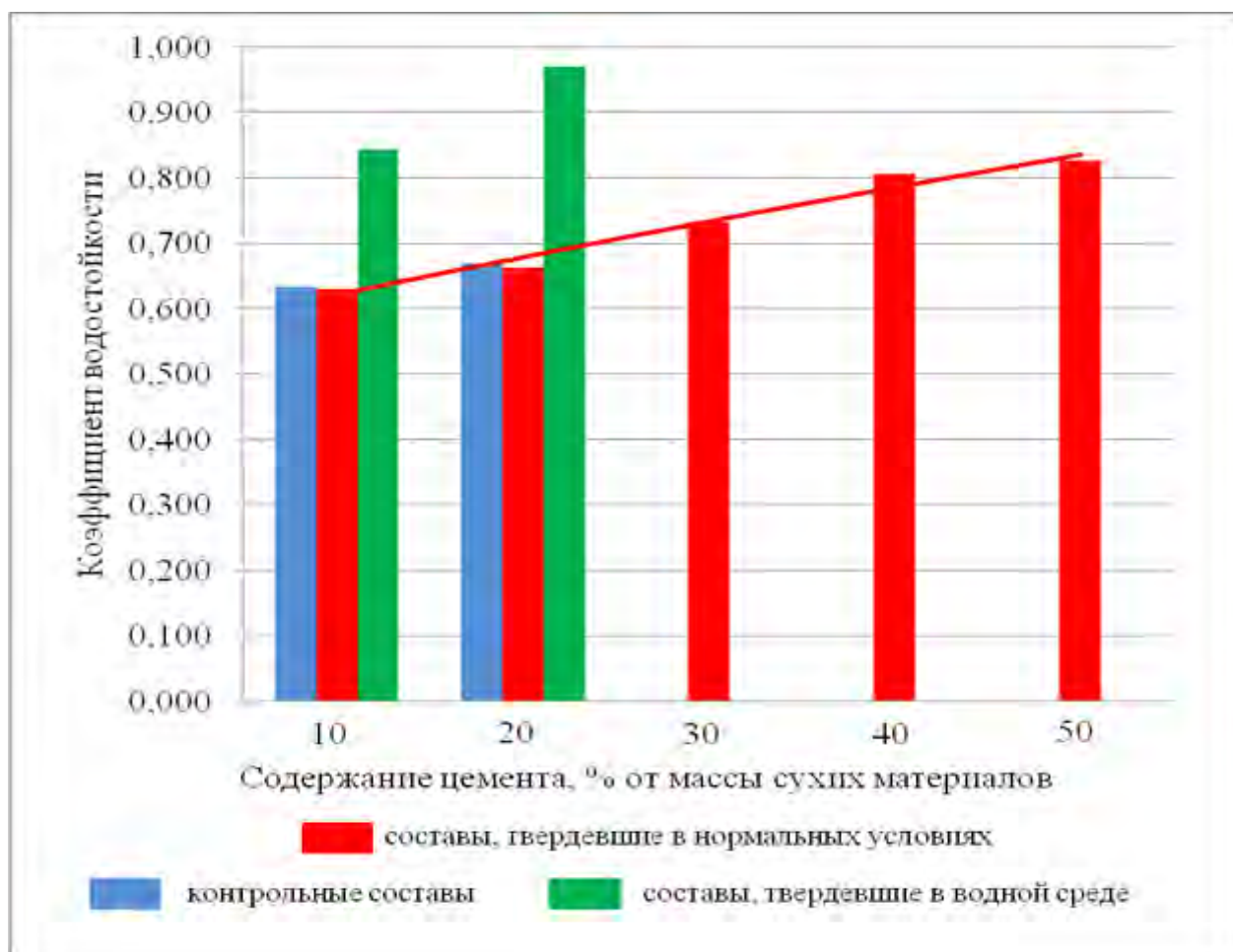


Рисунок 3.20. Изменение коэффициента водостойкости прессованного искусственного строительного камня под влиянием добавки Пенетрон Адмикс и условий твердения

Анализ рисунка 3.20 показывает рост коэффициента водостойкости, от количества цемента, вводимого в состав смеси. Установлено, что при увеличении количества цемента с 10 % до 50 % в составе смеси, численное значение коэффициента водостойкости возрастает на 31 %.

Исходя из полученных данных, можно заключить, что водостойкий искусственный каменный материал с прочностью при сжатии 35,0-45,0 МПа может быть получен из композиций с содержанием цемента 40-50 %. Однако, промышленное использование таких составов для получения искусственного каменного материала нецелесообразно ввиду большого расхода цемента.

Наиболее перспективными для последующего внедрения в производство являются составы с содержанием цемента в сырьевой формовочной смеси 10-20 масс. %.

Проведенные исследования, направленные на установление рационального содержания добавки Пенетрон Адмикс в формовочной смеси, подтвердили целесообразность использования данного модификатора в количестве 1 % от массы цемента. Результаты исследований показали, что коэффициент водостойкости составов, твердевших по технологии, предусматривающей погружение образцов в водную среду через 72 часа после формовки, с содержанием цемента 10 масс. %, при введении добавки Пенетрон Адмикс в количестве 0,5 и 1,5 % от массы цемента составил 0,70 и 0,85 соответственно. Коэффициент водостойкости составов с содержанием цемента 20 масс. %, при введении модификатора в аналогичном количестве, составил 0,76 и 0,98 соответственно.

Таким образом, результаты испытания контрольных образцов малоцементных составов позволили сделать вывод о том, что применение добавки Пенетрон Адмикс при использовании технологии, предусматривающей твердение образцов в нормальных условиях, не эффективно.

Результаты реализованных исследований позволяют констатировать эффективность применения модификатора Пенетрон Адмикс, в количестве 1 % от массы цемента, с точки зрения получения водостойкого искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород с высокими прочностными характеристиками (25 – 35 МПа), при содержании цемента в составе формовочной смеси 10 – 20 %, на основе технологии, предусматривающей помещение материала в водную среду через 72 часа после формовки [173].

При этом значение коэффициента водостойкости материала с расходом цемента 10-20 % по сравнению с образцами таких же составов, твердевших в нормальных условиях, возрастает на 34-47 % соответственно.

Выводы по главе 3

1. Установлены закономерности формирования свойств искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, изготавливаемого по технологии вибрирования и прессования.

2. Выявлена высокая водопотребность вибрированных составов на основе отсевов дробления карбонатных пород, которая обусловлена значительной долей (35-60 %) тонкодисперсных фракций размером менее 0,16 мм, повышающих вязкость смесей. Применение суперпластификаторов (Лигнопан-Б2, С-3) понижает водопотребность смесей в среднем на 10-11 %, но не решает в целом проблему высокой водопотребности искусственного каменного материала на основе ОДКП.

3. Лабораторные исследования показывают, что методом прессования смесей на основе немодифицированных ОДКП при содержании цемента 10-30 % от массы сухих материалов может быть получен неводостойкий композиционный материал с пределом прочности при сжатии 5...25 МПа, со средней плотностью не более 2000 кг/м³. Установлено, что для прессования смесей на основе цемента и ОДКП целесообразно применять прессующее давление на уровне не ниже 15 МПа.

4. Установлено, что прочностными свойствами прессованного каменного материала на основе ОДКП с повышенным содержанием тонкодисперсных фракций можно управлять применением двухкомпонентного заполнителя, с введением в него взамен ОДКП природного кварцевого песка в количестве 30-50 %. Установлено, что данное решение не позволяет существенно повысить водостойкость составов с низким содержанием цемента.

5. Установлено, что использование 1 %-ого водного раствора фтористоводородной кислоты в качестве химического модификатора ОДКП способствует 28 %-му приросту прочности составов искусственного каменного материала с содержанием цемента 20 %, изготовленных при давлении 15 МПа. Химическое взаимодействие водного раствора HF с

отсевами дробления приводит к образованию соединений MgF_2 и CaF_2 , характеризующихся высокой прочностью и водостойкостью. Структура прессованного каменного материала уплотняется и упрочняется под действием модификатора. В частности водопоглощение исследуемого материала снизилось на 2 % (с 16 % до 14 %) и на 2,9 % (с 8,0 % до 5,1 %) при введении химического модификатора в составы с содержанием цемента 20 % и 50 % соответственно.

6. Положительное влияние добавки метилгидроэтилцеллюлы TyloseM 15000 и стирол-акриловой дисперсии на формирование прочности прессованных композиционных материалов на основе ОДКП установлено только для малоцементных составов с содержанием цемента 10 %. Не выявлено положительного влияния добавки СДО на прочность и водостойкость искусственного каменного материала на основе ОДКП.

7. Установлено, что повышению водостойкости исследуемого материала способствует введение добавки RheoFIT 774 в количестве 0,2 л на 100 кг цемента. Водостойкий прессованный каменный материал при использовании добавки RheoFIT 774 с прочностью 20 МПа был получен на составах с содержанием цемента 10 % при влажности 13 % и величине формовочного давления 15 МПа. Установлена высокая чувствительность модификатора RheoFIT 774 к содержанию воды в формовочной смеси, что затрудняет практическое внедрение этого модификатора в технологию формования.

8. Выявлена высокая эффективность применения модификатора Пенетрон Адмикс, с точки зрения получения водостойкого искусственного каменного материала на основе отсеков дробления карбонатных пород с высокими прочностными характеристиками (25 – 35 МПа), при содержании цемента в составе формовочной смеси 10 – 20 %, на основе технологии, предусматривающей помещение материала в водную среду через 72 часа после формовки.

ГЛАВА 4

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МОДИФИЦИРОВАННОГО ИСКУССТВЕННОГО КАМЕННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОТСЕВОВ ДРОБЛЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД

Исследовано влияние модифицирования искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород добавкой Пенетрон Адмикс. Существенное значение при формировании основных технико-эксплуатационных свойств материала имеют параметры его поровой структуры: средняя плотность, общая пористость, радиус и замкнутость пор.

Проведенные исследования средней плотности прессованного искусственного каменного материала, подтверждают факт уплотнения его структуры при введении модификатора Пенетрон Адмикс [173]. Результаты исследований, реализованных в соответствии с ГОСТ 12730.1-78 представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Влияние модификатора на среднюю плотность искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород

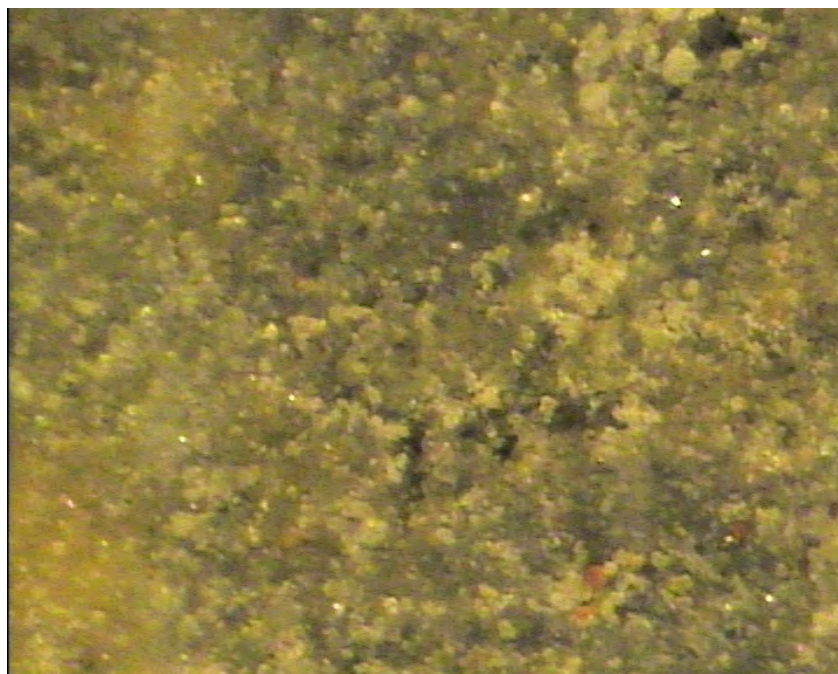
Наличие модификатора	Средняя плотность в сухом состоянии, кг/м ³ , при содержании цемента, % от массы сухих материалов	
	10	20
Без модификатора	1800 - 1900	1900 - 2000
Пенетрон Адмикс, 1 %	2000 - 2100	2100 - 2200

Анализ полученных результатов выявил увеличение средней плотности исследуемого материала на 5 % при введении в его состав модификатора. [173]. На рисунке 4.1 представлены микрофотографии структуры материалов, полученных из состава с содержанием цемента 20 % от массы сухих материалов, в присутствии химического модификатора Пенетрон Адмикс.

Из представленных микрофотографий видно, что введение в рецептуру прессованного искусственного каменного материала рассматриваемого химического модификатора, способствует уплотнению структуры образца.



а.



б.

Рисунок 4.1. Микроструктура материала: а) контрольного образца; б) образца с химическим модификатором Пенетрон Адмикс (400-кратное увеличение)

Анализ зарубежной и отечественной информации позволяет отнести данную добавку к группе расширяющих алюминатно-сульфатных. Расширение цементов, содержащих алюминатно-сульфатные добавки, происходит в результате взаимодействия алюмо- и сульфосодержащих фаз с образованием кристаллогидратов, включая этtringит ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot31\text{H}_2\text{O}$). За счет уплотнения пор гидратными новообразованиями значительно повысилась водостойкость искусственного камня. Расширяющие добавки за счет размещения новообразований в поровом пространстве способны уплотнить структуру прессованного материала, не только увеличить водостойкость, но и придать материалу более высокие эксплуатационные свойства: прочность и морозостойкость [169].

Минералогический состав химической добавки Пенетрон Адмикс представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2

**Результаты исследования минералогического состава добавки
Пенетрон Адмикс**

№ п/п	Минералогический состав	Содержание, %
1	клинкерные минералы:	
1.1	C3S (Ca_3SiO_5)	54
1.2	C2S (Ca_2SiO_4)	19
1.3	C3A ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$)	4
1.4	C4AF ($\text{Ca}_2\text{AlFeO}_2$)	10
2	Гидроксиды (портландит, брусит)	3
3	Сульфаты Ca (ангидрит с примесью бассанита)	7,3
4	Карбонаты (Na_2CO_3 , CaCO_3)	2,5
5	Кварц	прочее

Экспериментально установлено, что водостойкость исследуемого материала при модификации добавкой Пенетрон Адмикс в значительной степени определяется условиями твердения образцов, в частности, важно обеспечить достаточное поступление воды из окружающей среды. С целью изучения механизма формирования структуры исследуемого материала выполнен рентгенофазовый анализ цементного камня при различном содержании добавки Пенетрон Адмикс. Рентгенограммы приведены в приложении № 11. Сопоставлены фазовые составы немодифицированного

цементного камня и цементного камня, содержащего 1...3 % добавки Пенетрон Адмикс в разных условиях твердения, включая твердение при влажности воздуха $95\pm 5^\circ\text{C}$ (НУ) и твердение в водной среде (В.С.) – то есть при 100 % влажности и температуре $20\pm 2^\circ\text{C}$. Результаты исследования приведены в таблице 4.3.

Анализ фазового состава, представленный графически на рисунке 4.2 наглядно демонстрирует повышение степени гидратации минерала C_3S и минерала C_3A в присутствии модификатора, особенно при влажности среды 100 %.

Исследования подтверждают необходимость обеспечения при твердении притока воды в прессованном материале.

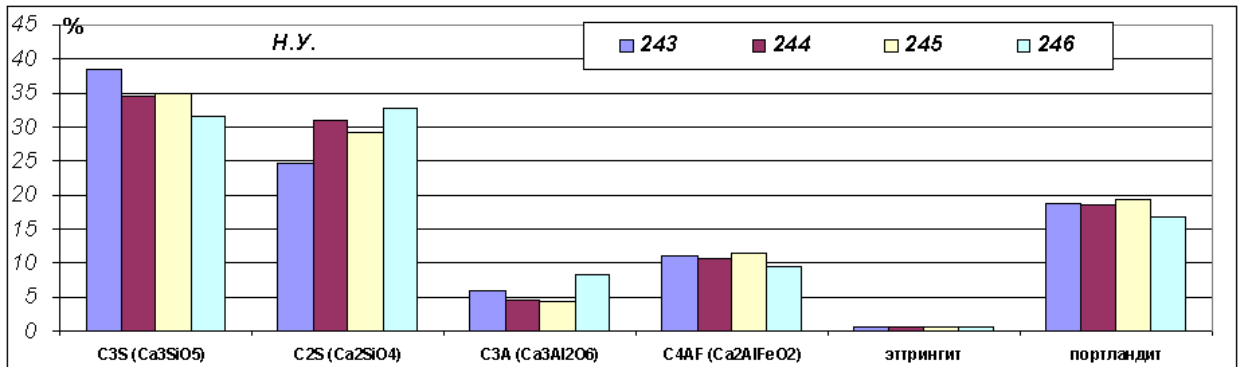
Таблица 4.3

Результаты рентгенографического фазового анализа цементного камня с добавкой Пенетрон Адмикс

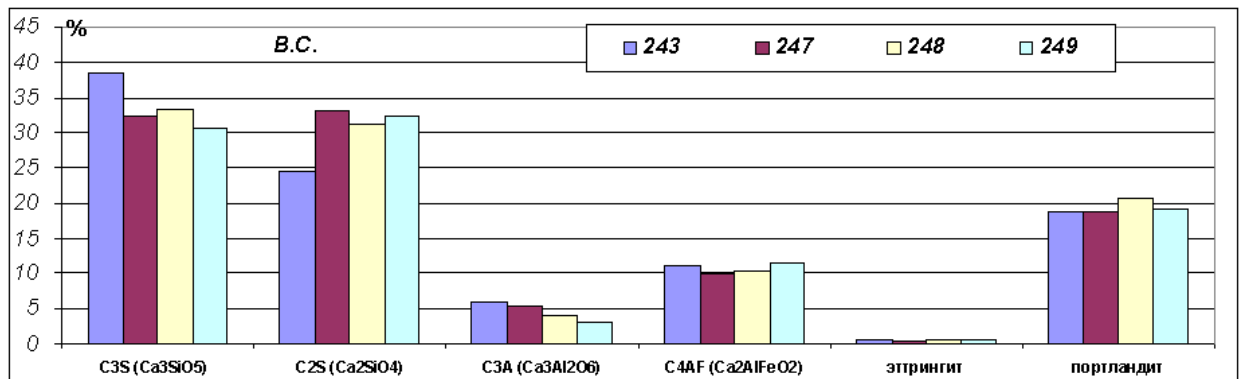
Минеральный состав	Содержание минералов в цементном камне, в возрасте 28 суток, масс. %, в присутствии модификатора Пенетрон Адмикс в количестве, масс. % (№ пробы)						
	0 (243)	1 (244)	2 (245)	3 (246)	1 (247)	2 (248)	3 (249)
	Влажность среды $95\pm 5^\circ\text{C}$				Влажность среды 100 %		
C_3S	38,6	34,6	35,0	31,7	32,3	33,2	30,7
$\beta\text{C}_2\text{S}$	24,7	31,0	29,2	32,8	33,0	31,2	32,2
C_3A	6,1	4,5	4,3	8,4	5,5	4,0	3,0
C_4AF	11,1	10,6	11,4	9,6	10,0	10,3	11,5
кристаллогидраты, включая этtringит	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,6	0,7
портландит	18,8	18,6	19,4	16,8	18,8	20,7	19,2
рентгеноаморфная фаза	33,0	42,3	17,8	32,3	45,9	30,1	41,5

Приток воды из окружающей среды увеличивает стабильность образующихся на начальном этапе твердения кристаллогидратов, предотвращает их разрушение и перекристаллизацию, которые неизбежно происходят при недостатке воды. Приток влаги снижает величину поверхностного натяжения воды, приводит к снижению максимального размера кристаллов. В результате образуется большое число тонкодисперсных кристаллогидратов. Постепенное накопление стабильно

существующих тонкодисперсных кристаллов кристаллогидратов обеспечивает их срастание и увеличивает плотность структуры. При влажности 100 % часть кристаллогидратов на начальной стадии пребывает в гелевом состоянии, что отражают результаты анализа, приведенные в табл. 4.3. Наибольшее количество рентгеноаморфной фазы отмечено для состава, твердевшего в среде с влажностью 100 % в присутствии 1 % модификатора Пенетрон Адмикс (проба 243 на рисунке 4.3).



а



б

Рисунок 4.2. Сравнительное содержание кристаллических фаз в цементном камне, модифицированном добавкой Пенетрон Адмикс, в зависимости от условий твердения: а) при влажности 95±5°с; б) при влажности 100 %

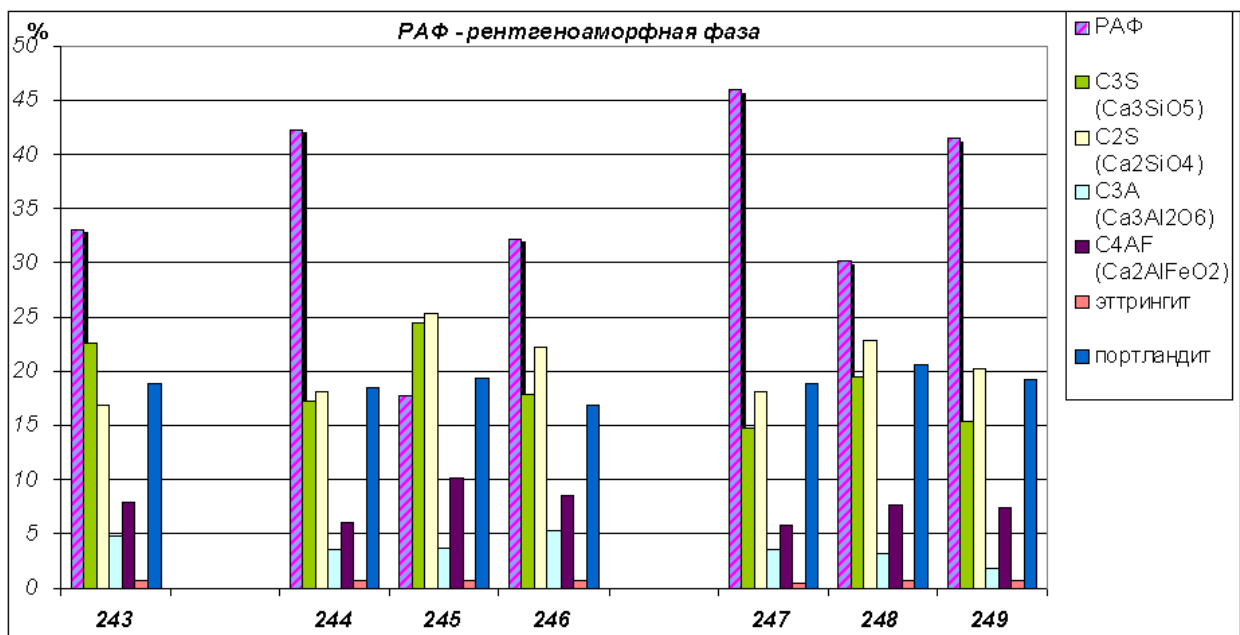


Рисунок 4.3. Содержание рентгеноаморфной и кристаллических фаз в цементном камне

На рисунке 4.4 приведены обобщенные результаты исследования водостойкости искусственного каменного материала, изготавливаемого на основе отсевов дробления карбонатных пород с добавкой Пенетрон Адмикс при твердении в условиях 100 %-ой влажности.

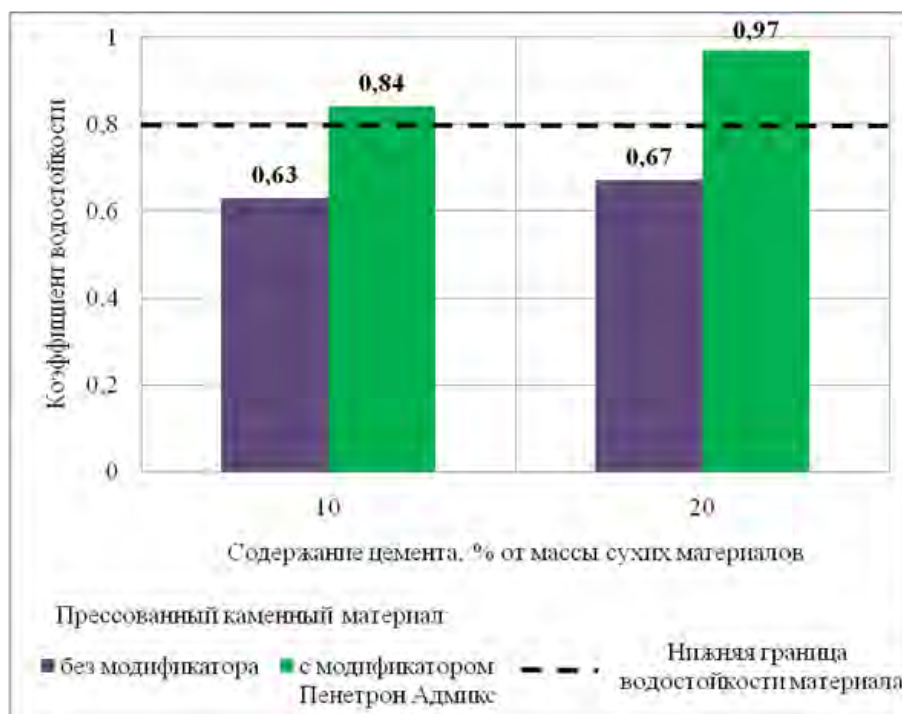


Рисунок 4.4. Водостойкость прессованного каменного материала на основе ОДКП

Проведенные исследования показали, что введение химического модификатора Пенетрон Адмикс в состав прессованного искусственного

каменного материала, в количестве 1 % от массы цемента, способствует увеличению коэффициента водостойкости изделий в 1,3 раза при содержании цемента 10 % от массы сухих материалов и практически в 1,5 раза при содержании цемента 20 %. Полученные значения позволяют утверждать, что прессованный искусственный каменный материал на основе ОДКП, изготавливаемый с применением химической добавки Пенетрон Адмикс, обладает повышенным показателем водостойкости по сравнению с силикатным кирпичом, широко применяемым сегодня в строительной практике для возведения несущих и ограждающих конструкций. Полученный материал водостоек и может применяться для возведения конструкций и элементов конструкций, подвергающихся атмосферным воздействиям.

Исследована прочность при сжатии прессованного каменного материала, с модификатором и без модификатора Пенетрон Адмикс и силикатного кирпича марки М150 производства ОАО «Марийский завод силикатного кирпича» РМЭ.

Результаты проведенного исследования представлены на рисунке 4.5.

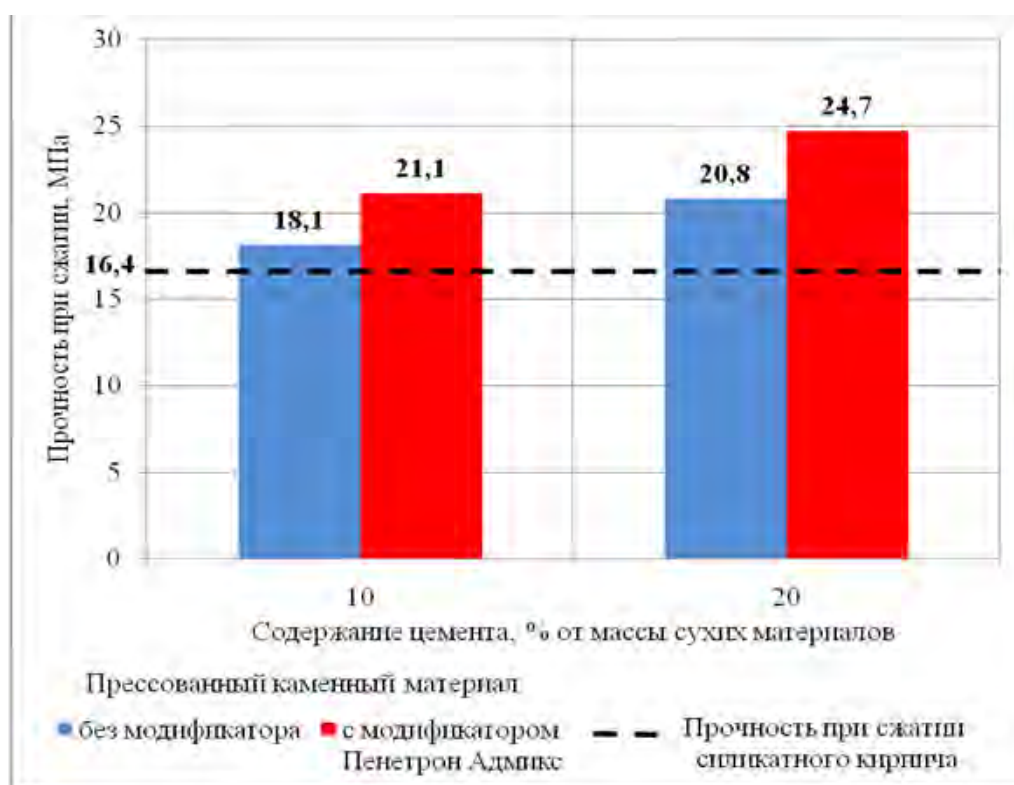


Рисунок 4.5. Влияние модификатора Пенетрон Адмикс на предел прочности при сжатии, МПа, прессованного каменного материала на основе ОДКП

Проведенные исследования позволили установить, что прочность составов модифицированных добавкой Пенетрон Адмикс с содержанием цемента 10 % и 20 % от массы сухих компонентов возросла по сравнению с аналогичными немодифицированными составами на 16,5 % и на 18,8 % соответственно [173].

Прочность при сжатии модифицированного прессованного каменного материала с содержанием цемента 10 % от массы сухих компонентов превышает аналогичный показатель рядового силикатного кирпича марки М150 производства ОАО «Марийский завод силикатного кирпича» на 28,7 %. Аналогичное превышение для модифицированного каменного материала с содержанием цемента 20 % составляет 50,6 %.

Выполнены исследования кинетики набора прочности при сжатии прессованного каменного материала на основе ОДКП с модификатором Пенетрон Адмикс. С целью выявления степени эффективности процесса тепловлажностной обработки на формирование прочности готовых изделий, образцы исследуемых составов подразделялись на две группы. Образцы первой группы непосредственно после завершения процесса формования помещались в пропарочную камеру, где подвергались тепло-влажностной обработке при температуре 40 °С в течение 48 часов, после чего помещались в водную среду. Образцы второй группы в течение 72 часов твердели в естественных условиях, после чего помещались в водную среду. Выдерживание образцов на воздухе до погружения в воду требовалось для обеспечения начального набора прочности материала, достаточного для сохранения целостности образца при погружении в воду.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 4.4.

Анализ представленных данных позволяет заключить, что прочность образцов в возрасте 3 суток, подвергнутых тепло-влажностной обработке в течение 48 часов, выше прочности образцов аналогичных составов в среднем на 22 %.

В возрасте 6 суток превышение прочности пропаренных образцов по сравнению с образцами погруженными в воду составляет в среднем 9 %.

Таблица 4.4

Кинетика набора прочности прессованного каменного материала на основе ОДКП, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс

№ п/п	Состав смеси, масс. %		Содержание модификатора, % от массы цемента	Условия твердения	Предел прочности при сжатии образцов кирпичей, МПа, в возрасте, сут.				
	Цемент	ОДКП			3	6	14	22	28
1	10	90	1	ТВО+	10,9	13,5	18,4	19,7	21,0
				ТВО-	8,7	12,2	18,4	19,7	21,0
2	20	80	1	ТВО+	16,3	17,7	21,5	23,1	24,7
				ТВО-	13,6	16,6	21,5	22,9	24,7

Условия твердения: «ТВО+» – тепловлажностная обработка образцов в течение первых 48 часов при +40°С, дальнейшее твердение в водной среде; «ТВО-» – твердение в течение первых 72 ч с момента формования в естественных условиях при T=+18±4°С, после чего твердение в водной среде.

Анализируя кинетику набора прочности исследуемого материала, можно заключить, что эффект ускорения набора прочности вследствие применения ТВО полностью сглаживается только в возрасте 14 суток.

Установлено, что в возрасте 6 суток образцы материала набирают в среднем 65 % конечной прочности, в возрасте 14 суток – 87 %, в возрасте 22 суток – 93 %.

Выполнены сравнительные исследования морозостойкости прессованного каменного материала, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс, контрольного состава, изготовленного без применения метода химического модифицирования и рядового силикатного кирпича марки М150, производства ОАО «Марийский завод силикатного кирпича» (ОАО «МЗСК»).

Результаты проведенного исследования представлены на рисунке 4.6.

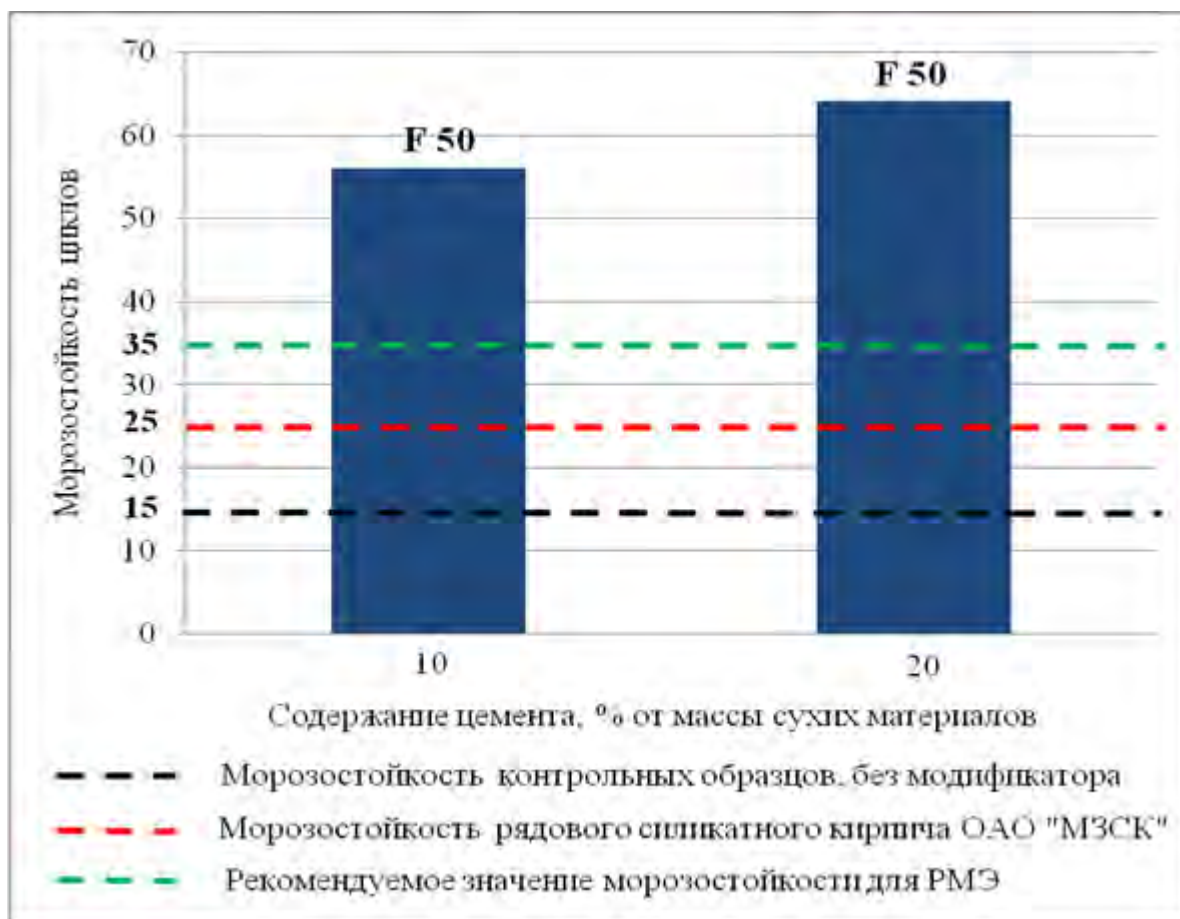


Рисунок 4.6. Сравнительные значения морозостойкости модифицированного прессованного каменного материала на основе ОДКП, контрольных составов и рядового силикатного кирпича

Морозостойкость всех исследуемых составов прессованного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород определялась по базовому методу, в соответствии с ГОСТ 10060.1-95 «Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости».

Полученные результаты показывают, что применение химического модификатора Пенетрон Адмикс в составе прессованного каменного материала на основе ОДКП, позволяют повысить показатель морозостойкости последнего с марки F15 до марки F50 по сравнению с контрольными образцами, изготовленными без модификации.

Полученные значения морозостойкости исследуемого модифицированного каменного материала превышают аналогичный показатель силикатного кирпича марки М200 по прочности, который составляет F 25.

В соответствии с ГОСТ 12730.4-78 «Бетоны. Методы определения показателей пористости» было установлено значение полного объема пор прессованного искусственного каменного материала на основе отсеков дробления карбонатных пород. Плотность сухого материала определялась в соответствии с ГОСТ 12730.1-78. Плотность измельченного в порошок материала определялась при помощи пикнометра по методике ГОСТ 8269.0. Полученное значение полного объема пор прессованного каменного материала на основе ОДКП при содержании цемента 10 % от массы сухих материалов составляет 23 %, при содержании цемента 20 % – 20 %.

Исследован объем открытых капиллярных пор материала с использованием показателей водопоглощения. Результаты исследования представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5

**Водопоглощение по массе прессованного каменного материала
на основе ОДКП модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс**

№ п/п	Состав смеси, масс. %		Содержание добавки Пенетрон Адмикс, % от массы цемента	Водопоглощение, %	
	Цемент	ОДКП		по массе	по объему
1	10	90	1,0	6,54	13,33
2	20	80	1,0	6,21	13,35

На основании полученных данных установлено, что объем открытых капиллярных пор материала исследуемых составов находится в пределах 13,33-13,35 %.

Проведены радиологические исследования прессованного каменного материала на основе отсеков дробления карбонатных пород. Исследования проводились специализированным оборудованием – УСК «Гамма-Плюс» (зав. № 9817-Ар-Б-Г).

Исследования удельной эффективной активности естественных радионуклидов цемента, применяемого при изготовлении прессованного

каменного материала, показали, что данный компонент соответствует 1 классу строительных материалов, согласно п. 5.3.4 СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» ($A_{эфф.}$ не превышает 370 Бк/кг).

Результаты исследования удельной эффективной активности естественных радионуклидов отсевов дробления карбонатных пород, применяемых в качестве основного по содержанию компонента прессованного каменного материала, представленные в таблице 4.6, позволяют сделать вывод о том, что данный материал относится к разряду экологически чистого сырья и соответствует 1 классу строительных материалов, согласно п. 5.3.4 СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности" ($A_{эфф.}$ не превышает 370 Бк/кг).

Таблица 4.6

Определение условной эффективной активности естественных радионуклидов

№ п/п	Наименование образца	Определяемые показатели	Результат исследования	Величина допустимого уровня	Единицы измерений	Нормативные документы на методы исследования
1	2	3	4	5	6	7
1	Отсевы дробления карбонатных пород	Активность калия-40	24,23 ± 9,96		Бк/кг	[151]; Методики измерения активности гамма излучающих радионуклидов в счетных образцах на гамма спектрометре с применением программного обеспечения "Прогресс"
		Активность радия-226	22,53 ± 2,31			
		Активность тория-232	0,41 ± 0,99			
		Удельная эффективная активность естественных радионуклидов (ЕРН)	25 ± 3	Менее 370		

По результатам проведенных исследований можно заключить, что прессованный каменный материал на основе отсевов дробления карбонатных пород, относится к категории экологически чистых материалов.

На образцах плитках размером 150×150×30 мм по методике ГОСТ 7076-99 при стационарном тепловом режиме выполнены сравнительные испытания теплопроводности модифицированного каменного материала и

рядового силикатного кирпича марки М150, производства ОАО "МЗСК".
Результаты испытания приведены на рисунке 4.7.

Установлено, что теплопроводность модифицированного строительного камня ниже соответствующего показателя силикатного кирпича.

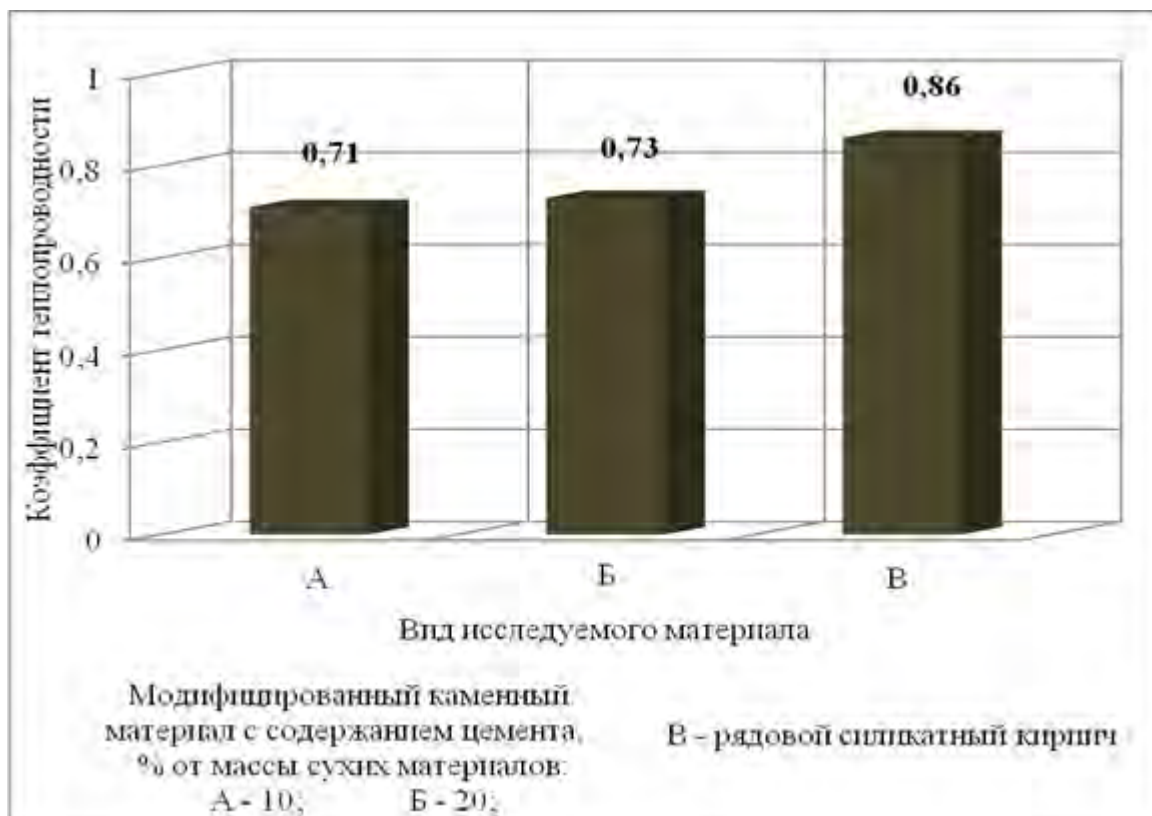


Рисунок 4.7. Теплопроводность модифицированного прессованного каменного материала на основе ОДКП и рядового силикатного кирпича

В частности, значение коэффициента теплопроводности прессованного каменного материала на основе ОДКП с содержанием цемента 10 % и 20 % от массы сухих материалов, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс, вводимой в состав в количестве 1 % от массы цемента, ниже аналогичного параметра рядового силикатного кирпича на 17 % и 15 % соответственно.

На основании проведенного комплекса исследований определены основные технико-эксплуатационные характеристики прессованного каменного материала на основе ОДКП, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс, представленные в таблице 4.7.

**Сводная таблица физико-технических характеристик модифицированного
прессованного каменного материала на основе ОДКП**

№ п/п	Наименование характеристики	Ед. измерения	Модифицированный прессованный каменный материал на основе ОДКП, с содержанием цемента, % от массы сухих компонентов:	
			10	20
1	Прочность при сжатии	МПа	21	25
2	Коэффициент водостойкости	-	0,84	0,97
3	Морозостойкость	циклов	56	64
4	Средняя плотность	кг/м ³	2000 - 2100	2100 - 2200
5	Полный объем пор	%	23	20
	Объем открытых капиллярных пор	%	13,33	13,35
6	Водопоглощение по массе	%	6,54	6,21
7	Коэффициент теплопроводности	-	0,71	0,73
8	Удельная эффективная активность естественных радионуклидов	Бк/кг	менее 370 (1 класс строительных материалов)	менее 370 (1 класс строительных материалов)

На основании полученных данных, можно утверждать, что разработанный прессованный искусственный каменный материал на основе ОДКП, модифицированный добавкой Пенетрон Адмикс, по комплексу технико-эксплуатационных характеристик превосходит рядовой силикатный кирпич и может применяться как конструкционный материал.

По итогам комплекса проведенных исследований, разработаны технические условия для изготовления модифицированного прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, представленные в приложении № 12.

Выводы по главе 4

1. Структура прессованного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород под влиянием примененного метода модификации добавкой Пенетрон Адмикс, вводимой в количестве 1 % от массы цемента, имеет среднюю плотность на 5 % выше по сравнению с немодифицированными образцами, что подтверждается значениями средней плотности сухого материала. Постепенное накопление тонкодисперсных стабильно существующих кристаллов кристаллогидратов, улучшает структуру и повышает долговечность исследуемого материала. Выявлено, что введение химического модификатора Пенетрон Адмикс повышает коэффициент водостойкости изделий в 1,3 и 1,5 раза при содержании цемента 10 % и 20 % от массы сухих материалов соответственно. и превышает показатель водостойкости силикатного кирпича. Полученный материал водостоек и может применяться для возведения конструкций и элементов конструкций, подвергающихся атмосферному воздействию.

2. Установлено, что под влияние модификатора Пенетрон Адмикс прочность при сжатии изготавливаемых изделий на основе ОДКП повышается на 16,5 % при содержании цемента 10 % от массы сухих материалов и на 18,8 % при содержании цемента 20 %, что позволяет выпускать стеновой материал с марками по прочности 150 и 200. Исследована кинетика набора прочности прессованного каменного материала на основе ОДКП, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс во влажной среде, в воде и под влиянием ТВО. Установлено, что при 100 %-ной влажности окружающей среды формируется искусственный камень повышенной водостойкости и морозостойкости. Выявлено, что применение химического модификатора Пенетрон Адмикс позволяют повысить показатель морозостойкости исследуемого материала сравнению с контрольными образцами с марки F15 до марки F50.

3. Установлено, что значение полного объема пор прессованного каменного материала на основе ОДКП при содержании цемента 10 % от

массы сухих материалов составляет 23 %, при содержании цемента 20 % - 20 %. При этом объем открытых капиллярных пор находится в пределах 13,33-13,35 %. Установлено, что улучшение структурных параметров искусственного каменного материала на основе ОДКП, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс, при твердении в условиях 100 %-ной влажности сопровождается формированием кристаллогидратов тонкокристаллической структуры, обеспечивающей повышение водостойкости и морозостойкости материала. Значение коэффициента теплопроводности прессованного каменного материала на основе ОДКП с содержанием цемента 10 % и 20 % от массы сухих материалов, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс, ниже аналогичного параметра рядового силикатного кирпича М150.

4. На основании проведенных радиологических исследований установлено, что прессованный каменный материал на основе ОДКП по содержанию природных радионуклидов относится к числу экологически чистых материалов.

5. На основании проведенных исследований, доказана возможность получения высококачественного долговечного искусственного прессованного каменного материала за счет комплексного использования отсевов дробления карбонатных пород на основе принципов модифицирования его структуры.

ГЛАВА 5

ОПЫТ ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

5.1. Опыт внедрения модифицированного прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород

5.1.1. Оборудование, составы и сырьевые материалы

С целью апробации результатов научных исследований в реальных производственных условиях выполнены опытно-производственные испытания по изготовлению прессованного камня на основе модифицированных отсевов карбонатных пород методом полусухого прессования.

Опытно-производственные испытания проводились на технологической базе фирмы ООО «Корвет» Республики Марий Эл. Основное технологическое оборудование было представлено бетоносмесителем БП-375/250 и установкой для формования АВ 6430, основные технические характеристики которых приведены в таблицах 5.1 и 5.2 соответственно.

Таблица 5.1

Технические характеристики принудительного бетоносмесителя БП-375/250

Вид технической характеристики	Единица измерения	Значение технической характеристики
Объем по загрузке	л	375
Объем готового замеса бетона	л	250
Объем готового замеса раствора	л	300
Объем емкости скипа	л	350
Потребляемая мощность	кВт	7,5
Время перемешивания	сек	90
Частота вращения ротора	мин. ⁻¹	32
Привод скипа; 2,2 кВт	-	механический-тросовый
Вид разгрузки	-	через донный затвор
Габаритные размеры (дл.× шир. × выс.)	мм	4950×1700×2300
Масса	кг	1630

Технические характеристики установки формования АВ 6430

Наименование показателя	Значение показателя	Наименование показателя	Значение показателя
1. Максимальная производительность, шт. одинарного кирпича/час: полуторного в пересчете на одинарный	400 550	6. Объем бункера, м ³ .	0,75
2. Количество одновременно формуемых кирпичей, шт.	2 (на пласт)	7. Цикл формования, с	19
3. Удельное давление на кирпич, МПа	20	8. Габаритные размеры (с гидроагрегатом), мм: - длина - ширина - высота (с бункером)	1510 1440 2830
4. Точность изготавливаемого кирпича по высоте, мм.	1,0	9. Масса (без гидроагрегата), кг.	4300
5. Установленная мощность, кВт.	18,75	10. Размер изготавливаемых кирпичей в одной формооснастке, мм: - длина - ширина - высота	250 120 65; 76; 88

Основываясь на комплексе проведенных лабораторных исследований, в качестве наиболее перспективных для внедрения в производство с технико-экономической точки зрения были выбраны составы, в которых применялись химические модификаторы – Пенетрон Адмикс и RheoFIT 774.

Для опытно-производственных испытаний были выбраны малоцементные составы, представленные в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Составы искусственного камня для опытно-производственных испытаний

Составы с химическим модификатором Пенетрон Адмикс						
Код	Цемент, %	Песок + ОДКП, %	Песок	ОДКП	Пенетрон Адмикс, % от массы цемента	Вода, %
			% от (Песок + ОДКП)			
О1	10	90	0	100	1	13
О2	20	80	0	100	1	13

Составы с химическим модификатором RheoFIT 774						
Код	Цемент, %	Песок + ОДКП, %	Песок	ОДКП	Содержание RheoFIT 774, л на 100 кг Ц	Вода, %
			% от (Песок + ОДКП)			
О3	10	90	0	100	0,2	13
О4	20	80	0	100	0,2	13

В качестве основных материалов в опытно-производственных испытаниях применялись:

1 – портландцемент – ЦЕМ I 42,5Б производства ЗАО «Ульяновскцемент»

2 – отсеы дробления карбонатных пород (ОДКП) Новоторьяльского карьера Республики Марий Эл (фракция 0-5 мм, с включением фракции 5-10 мм до 15 % и содержанием глинистых примесей до 6 %).

3 – природный песок Студенковского карьера с модулем крупности 2,08.

5.1.2. Технологический процесс проведения опытно-производственных испытаний

Схема технологического процесса приведена на рис. 5.1.

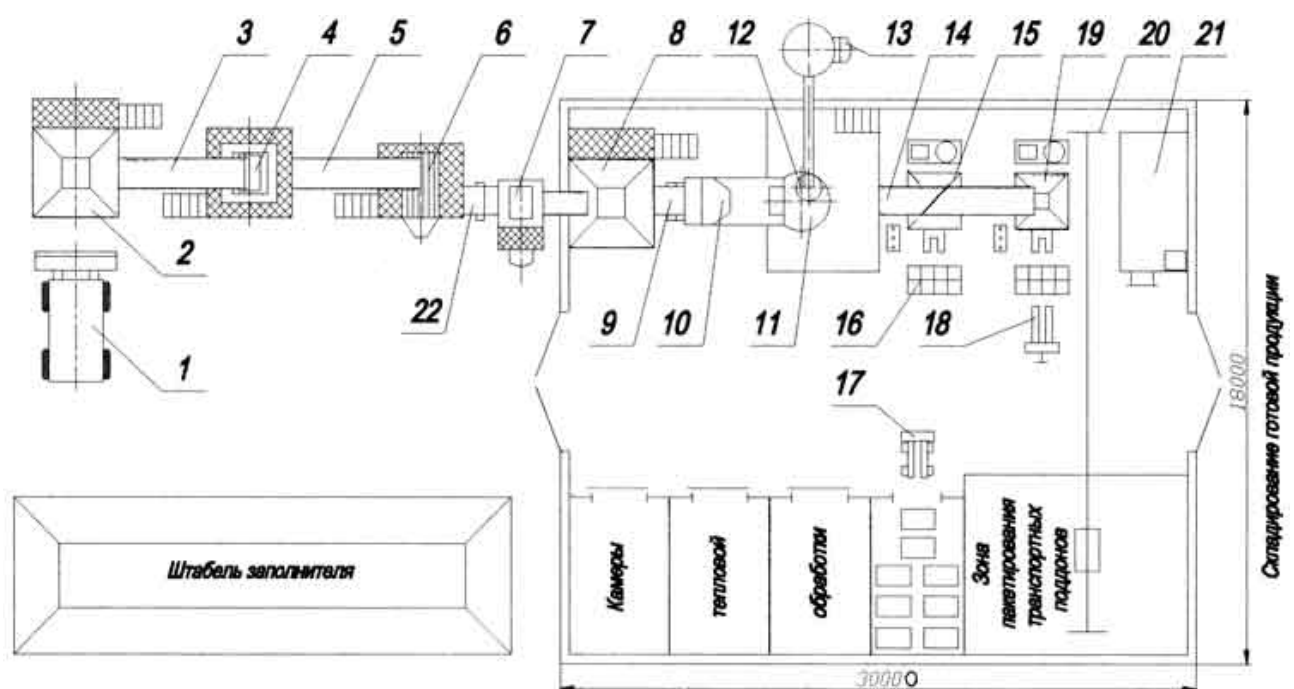


Рисунок 5.1. Принципиальная технологическая схема производства искусственного камня

В состав технологической линии входит оборудование, представленное в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Спецификация оборудования

№ поз.	Наименование оборудования	№ поз.	Наименование оборудования	№ поз.	Наименование оборудования
1	Погрузчик ковшовый	9	Конвейер ленточный, L=5м	17	Штабелер
2	Бункер приемный	10	Дозатор заполнителя	18	Тележка ручная
3	Конвейер ленточный, L=12м	11	Бетоносмеситель	19	Установка формования: - пресс; -гидроагрегат; -шкаф управления
4	Дробилка молотковая	12	Дозатор цемента		
5	Конвейер ленточный, L=9м	13	Склад цемента		
6	Грохот	14	Конвейер ленточный, L=10м	20	Кран мостовой
7	Элеватор ленточный	15	Сбрасыватель плужковый	21	Бак для воды
8	Бункер расходный	16	Поддон технологический	22	Конвейер ленточный, L=4м

Этап № 1. Отсевы дробления поступают в приемный бункер (рисунок 5.2). При необходимости, при нехватке ОДКП, в качестве сырья применяется щебень после его дробления в молотковой дробилке.

Щебень из карбонатных пород из базового приемного бункера по ленточному конвейеру поступает в молотковую дробилку (рисунок 5.3). Отсевы дробления применялись в состоянии естественной влажности (в рассматриваемом случае – 15 %). При этом проводился контроль влажности для корректирования количества воды для затворения смеси.

Этап № 2. Транспортировка отсевов дробления из приемного бункера по ленточному конвейеру в расходный бункер, представленный на рисунке 5.4, с последующей их подачей в смеситель при помощи нории (рисунок 5.5).

Этап № 3. Загрузка цемента. Расчетное количество цемента дозируют по массе и загружают в смеситель.



Рисунок 5.2. Приемный бункер для ОДКП



Рисунок 5.3. Молотковая дробилка для измельчения щебня при нехватке ОДКП



Рисунок 5.4. Транспортировка измельченных ОДКП в расходный бункер



Рисунок 5.5. Подача ОДКП в смеситель при помощи нории

Этап № 4. Приготовление сырьевой смеси осуществлялось в смесителе БС-375/250 (рисунок 5.6, 5.7). Вода затворения дозировалась при помощи внутренней автоматической системы подачи воды непосредственно в емкость смесителя. Требуемое количество воды затворения корректировалось с учетом влажности отсевов дробления карбонатных пород. Химические модификаторы вводились в смесь вместе с водой затворения. Длительность перемешивания смеси составляла 1,5 минуты.



Рисунок 5.6. Процесс перемешивания сырьевых компонентов материала



Рисунок 5.7. Приготовление сырьевой смеси в смесителе БС-750/500

Этап № 5. Формовка готового изделия.

Подача готовой сырьевой смеси на формовочную установку АВ 6430, общий вид которой представлен на рисунке 5.8, осуществляется при помощи ленточного конвейера (рисунок 5.9, 5.10). Формовочная установка обеспечивает одновременное изготовление 2 изделий размерами 250×120×88 мм (утолщенный кирпич) (рисунок 5.11). При этом значение формовочного давления составляло 18,0 МПа. Цикл прессования – 19 с.

В ходе проведения опытно-производственных испытаний было заформовано 4 серии искусственного камня размерами 250×120×88 мм, соответствующих 4 составам, представленным в таблице 5.2.



Рисунок 5.8. Установка формования АВ 6430



Рисунок 5.9 .Транспортировка смеси из бетоносмесителя в формовочную установку по ленточному конвейеру



Рисунок 5.10. Подача сырьевой смеси в установку формования АВ 6430



Рисунок 5.11 Формовка изделий



Рисунок 5.12. Складирование образцов на поддонах

5.1.3. Сравнительные испытания составов искусственного камня

В результате проведения опытно-производственных испытаний были установлены значения основных физико-технических характеристик прессованного искусственного каменного материала, модифицированного химическими добавками Пенетрон Адмикс и RheoFIT 774, изготавливаемого методом полусухого прессования. Проведенные опытно-производственные испытания подтвердили возможность изготовления мелкоштучных изделий на основе модифицированных отсевов дробления карбонатных пород с физико-техническими характеристиками, установленными в ходе лабораторных исследований.

Свойства модифицированного прессованного искусственного камня, твердевшего с применением ТВО, представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Свойства прессованного искусственного каменного материала на основе модифицированных отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП)

№ состава	Состав сырьевой смеси				Результаты испытания		
	Соотношение Цемент: ОДКП, масс. %	Вода, % от массы сухих материалов	Модификатор		Предел прочности при сжатии, $R_{сж}$ МПа,	Кэф-фициент водостойкости, K_v	Марка по морозостойкость, циклов
			Тип	% от массы цемента			
О1	10:90	13	Пенетрон Адмикс	1,0	21,1	0,84	F50
О2	20:80	13			24,7	0,97	F50
О3	10:90	13	RheoFIT 774, л	0,2 (л/100 кг)	18,4	0,83	F50
О4	20:80	13			21,2	0,71	F35

Полученные значения технических характеристик основных составов подтверждают возможность получения водостойкого прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород при химической модификации последних. В частности, состав О1 с содержанием цемента 10 % от массы сухих компонентов и химическим модификатором – Пенетрон Адмикс, вводимым в состав смеси в количестве 1 % от массы цемента, позволяет получить водостойкий ($K_{водост.}$

0,84) прессованный искусственный каменный материал с пределом прочности при сжатии 21,1 МПа и маркой по морозостойкости F50. При расходе цемента 20 % коэффициент водостойкости составил $K_B=0,97$, предел прочности при сжатии повысился до 24,7 МПа при сохранении морозостойкости на уровне марки F50. В климатических условиях республики Марий Эл полученный искусственный каменный материал может применяться для возведения несущих и ограждающих конструкций.

Акт опытно-производственных испытаний представлен в приложении № 13.

Акты о внедрении результатов работы представлены в приложении № 14.

5.2. Оценка экономической эффективности производства модифицированного прессованного каменного материала на основе отсево́в дробления карбонатных пород

Рассмотрена экономическая эффективность изготовления стенового искусственного каменного материала в виде мелкоштучных изделий, получаемых методом полусухого прессования на базе малого инновационного предприятия. Рабочее название создаваемого предприятия, применяемое в расчетах – ООО «Инновационные строительный материал» (ООО «ИСМ»).

Анализ инвестиционной привлекательности проекта и экономического эффекта внедрения результатов исследований при организации производства модифицированного прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП представлен в приложении № 15.

Технологическая линия, необходимая для производства модифицированного прессованного каменного материала на основе ОДКП в расчетах принимается установленной в арендуемом производственном цехе, располагающемся в Звениговском районе РМЭ, в 10 км от Коркатовского

карьера. Место расположения планируемого производства обосновано близостью карьера, являющегося поставщиком основного сырья - отсеков дробления карбонатных пород, наличия дорог и рабочей силы.

Финансовые вложения, для покупки оборудования, представленные в таблице 5.6, составят 6 386 503,00 тыс. руб. Поскольку поставщик оборудования самостоятельно обеспечивает доставку и сборку, то дополнительных финансовых затрат не потребуется.

Таблица 5.6

**Перечень основного оборудования для организации производства
модифицированного прессованного каменного материала на основе ОДКП**

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Балансовая стоимость, руб.
1	Установка формования АВ6430 с давлением прессования 18 МПа в составе: пресс, бункер, гидростанция, автоматический пульт управления, ЗИП)	1 комп.	2 120 588,00
2	Бетоносмеситель- БП-375/250 со скипом	1 шт.	299 226,00
3	Дозатор цемента на 300 кг с терминалом, контроллером «ДОЗ-4» для автоматического взвешивания	1 шт.	280 211,00
4	Платформенные весы под СКИП с терминалом и весовым контроллером «ДОЗ-4» для автоматического взвешивания заполнителя	1 комп.	207 125,00
5	Склад цемента- на 24 т	1 шт.	427 456,00
6	Конвейеры ленточные В = 650 мм	40 п.м	2 005 520,00
7	Шнек подачи цемента дл. = 6 м	1 шт.	156 625,00
8	Грохот	1 шт.	339 752,00
9	Дробилка	1 шт.	550 000,00
ВСЕГО			6 386 503,00

В предполагаемую территориально – географическую зону реализации производимого строительного материала входят следующие субъекты Российской Федерации, располагающиеся на незначительном удалении от предприятия-изготовителя: республика Марий Эл (РМЭ), республика Татарстан, республика Башкортостан, республика Чувашия, Кировская область, Нижегородская область, Ульяновская область.

Анализ рынка стеновых строительных материалов показал, что в исследуемой территориальной зоне отсутствуют производственные предприятия, специализирующиеся на изготовлении прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород.

Значительная концентрация прямых конкурентов, производящих схожую продукцию, расположена на территории Тульской области, располагающей большим числом разрабатываемых месторождений карбонатных пород и как следствие – отсевами их дробления.

На территории Тульской области имеется промышленное предприятие, производящее специализированное оборудование для изготовления искусственного каменного материала методом полусухого прессования.

В ряде перечисленных выше регионов имеется несколько частных фирм, выпускающих в ограниченном количестве аналогичную продукцию. Основными недостатками прямых конкурентов, производящих прессованный каменный материал на основе ОДКП являются:

1. Частичное использование отсевов дробления карбонатных пород по техническим параметрам обеспечивающих получение качественного прессованного материала ;

2. Отсутствию гарантии по стабильности эксплуатационных свойств - водостойкости и морозостойкости продукции в случае комплексного использования ОДКП.

Таким образом, анализ деятельности конкурентов выпускающих схожую продукцию, позволил их выявить в Тульской области, в частности, в городе Ясногорск.

В таблице 5.7 приведен сравнительный анализ продукции, производимой на ООО «ИСМ» с основными конкурентами. Для сравнения были выбраны 3 предприятия: компания КЛИНКЕРПРО, производящая кирпич «WAND ZIEGEL» г. Тула, ООО «Гиперпресс» с одноименной

продукцией г. Ясногорск Тульская области, а также ОАО «Марийский завод силикатного кирпича», располагающийся в п. Силикатный республики Марий Эл. Последнее предприятие было выбрано в качестве прямого конкурента в связи с тем, что оно как и ООО «ИСМ» располагается в Республике Марий Эл и является крупным поставщиком стенового материала на строительный рынок региона.

Таблица 5.7

Сравнительная характеристика продуктов

Изготовитель	ООО «ИСМ»	компания «КЛИНКЕРПРО»	ООО «Гиперпресс»	ОАО «МЗСК»
Характеристика				
Марка	М-200	М-200	М-200	М-150
	10 баллов	10 баллов	10 баллов	7 баллов
Морозостойкость	F-50	F-50	F-50	F-25
	10 баллов	10 баллов	10 баллов	5 баллов
Цена	18,60 руб.	19,00 руб.	18,00 руб.	9,63 руб.
	5,18 балла	5,07 балла	5,35 баллов	10 баллов
Удаленность (см. ниже)	10 баллов	2,1 балла	2,2 балла	10 баллов
Сумма баллов	35,18	27,17	27,55	32

Для оценки параметра «Удаленность» с целью определения привлекательности продукции, производимой ООО «ИСМ», для конечных потребителей в обозначенной ранее территориальной зоне, с точки зрения затрат на транспортировку, был проведен сравнительный анализ расстояния от места расположения заводов-изготовителей прессованного и силикатного кирпича (г. Тула, г. Ясногорск, пос. Силикатный РМЭ и д. Коркатово РМЭ) до столиц соответствующих субъектов Российской Федерации, представленный в таблице 5.8.

Сравнительный анализ удаленности производителей искусственного каменного материала от конечных потребителей продукции

№ п/п	Отправная точка	Расстояние до пункта назначения, км							
		г. Киров	г. Нижний Новгород	г. Ульяновск	г. Йошкар-Ола	г. Чебоксары	г. Казань	г. Уфа	г. Саранск
1	Республика Марий Эл, Звениговский район, д. Коркатово	345	352	302	91,8	112	133	598	411
2	г. Тула	1300	600	1000	940	840	990	1500	690
3	Тульская область, г. Ясногорск	1145	575	835	897	808	955	1434	633
4	Республика Марий Эл, Медведевский район, п. Силикатный	400	380	300	37	140	120	650	450
Отношение п.2 к п.1		3,77	1,70	3,31	10,24	7,50	7,44	2,51	1,68
Отношение п.3 к п.1		3,32	1,63	2,76	9,77	7,21	7,18	2,40	1,54
Отношение п.4 к п.1		1,16	1,08	0,99	0,40	1,25	0,90	1,09	1,09

На рисунке 5.13 представлен многогранник конкурентоспособности ООО «ИСМ» и предприятий – конкурентов, построенный на основании рассчитанных балльных оценок, представленных в таблице 5.5.

Показатель уровня конкурентоспособности ООО «ИСМ» относительно предприятий-конкурентов определен как отношение площадей «многогранника конкурентоспособности» данной фирмы к площади «многогранника конкурентоспособности» предприятия-конкурента, составляет:

Показатели конкурентоспособности ООО «ИСМ» выше единицы, что свидетельствует о более выгодном положении предприятия среди конкурентов. Основным преимуществом является географическая близость к

потенциальным потребителям и, как следствие, существенное снижение транспортных издержек и сроков поставки.

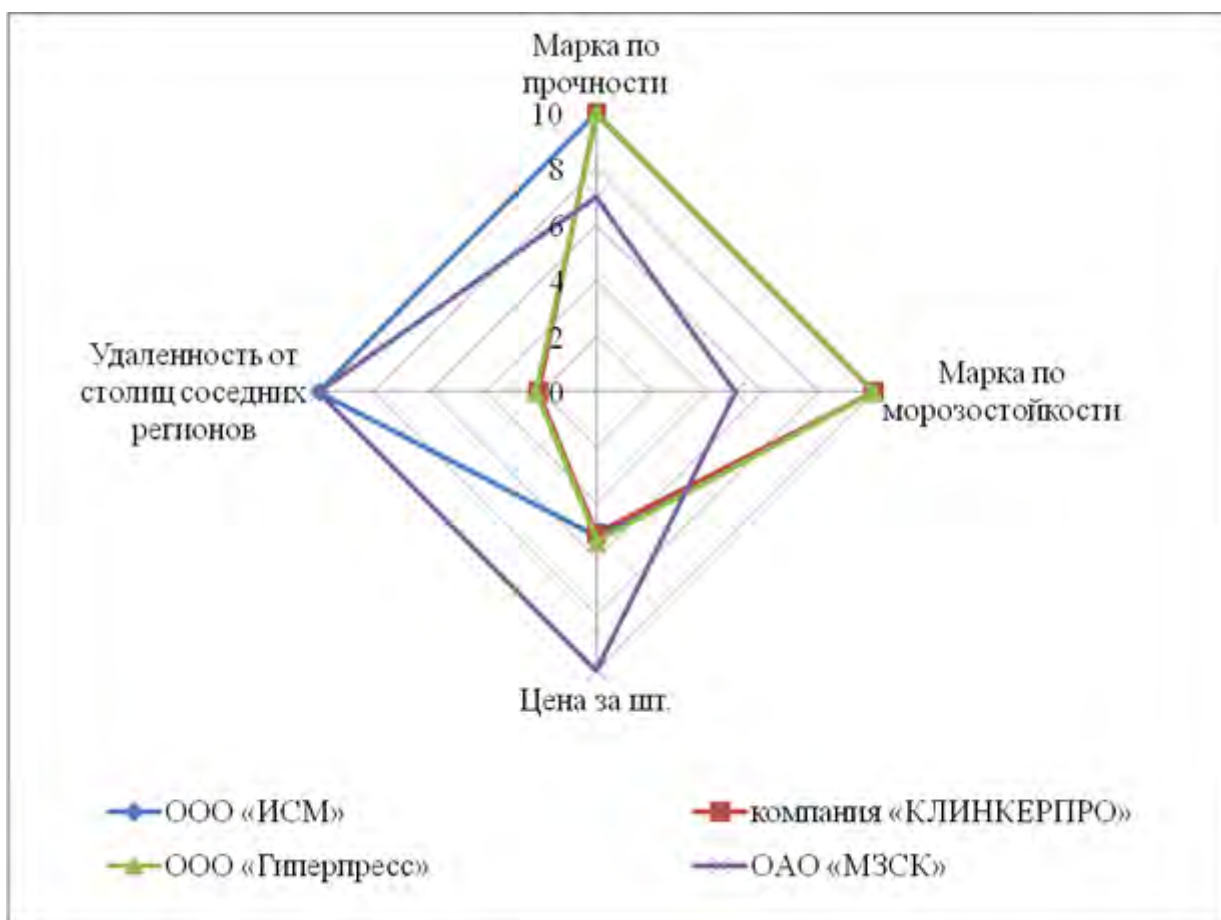


Рисунок 5.13. Многогранник конкурентоспособности

В прогноз объема продаж заложена производительность оборудования на 80-95% от максимально возможной. Это связано с тем, что модифицированный прессованный кирпич достаточно специфический товар. На рынке широко распространено большое количество разных модификаций керамического и силикатного кирпича, которые являются привычными для потребителей. Новые товары и технологии всегда вызывают некоторые опасения у покупателей, в связи с этим достаточно сложно спрогнозировать спрос на продукцию.

В производственный план включен расчет производственной мощности, определяющей возможный годовой объем производства продукции, исходя из количества закупаемого оборудования и его сменной

производительности. Данный показатель представлен в таблице 5.9. Сменная производительность линии –2500 шт.

Таблица 5.9

Расчет максимально возможного годового объема производства

Показатель	Ед. изм.	Значение показателя
1. Сменная производительность (принимается по паспорту машины, технологической линии)	шт.	2500
2. Количество закупаемого оборудования		1 технологическая линия
3. Число рабочих дней за год (общее число дней в году минус выходные, праздничные дни)	дни	249
4. Коэффициент технической готовности		0,8
5. Отработано машино-дней с учетом коэффициента технической готовности	м/дни	199
6. Коэффициент сменности		2
7. Фонд времени работы оборудования – отработано машино-смен	м/см	398
8. Максимально возможный годовой объем производства	шт.	995 000

Коэффициент технической готовности, определяющий готовность производственного оборудования, в расчетах принимался равным 0,8, исходя из возможной необходимости ремонтных мероприятий.

Расчет объемов производства по годам осуществления инвестиционного проекта, исходя из графика освоения производственной мощности, произведен в таблице 5.10.

Таблица 5.10

График освоения производственной мощности (в процентах от проектной мощности) и годовые объемы производства продукции

Производственная мощность, всего	Макс. возм. годовой объем производства	2014	2015	2016	2017	2018
1. Производственная мощность всего в год, %	100	70	85	95	95	95
в том числе: 1.1 кирпич прессованный Т1, %	25,0	17,5	21,25	23,75	23,75	23,75

Производственная мощность, всего	Макс. возм. годовой объем производства	2014	2015	2016	2017	2018
1.2 кирпич прессованный Т2, %	55,0	38,5	46,75	52,25	52,25	52,25
1.3 кирпич прессованный Т3, %	20,0	14	17	19	19	19
2. Производственная мощность по видам продукции	995000	696500	845750	945250	945250	945250
2.1 кирпич прессованный Т1, шт.	248750	174125	211437,5	236312,5	236312,5	236312,5
2.2 кирпич прессованный Т2, шт.	547250	383075	465162,5	519887,5	519887,5	519887,5
2.3 кирпич прессованный Т3, шт.	199000	139300	169150	189050	189050	189050

Расчет потребности в сырье и материалах. Для загрузки приобретаемого оборудования требуется создание запасов сырья и материалов. Поэтому в инвестиционном проекте произведен расчет капитальных вложений на прирост оборотных средств.

К производству планируются три вида прессованного искусственного каменного материала, основные характеристики которых приведены в таблице 5.11.

Таблица 5.11

Виды планируемой к производству продукции

Характеристики	Тип 1 (Т1)	Тип 2 (Т2)	Тип 3 (Т3)
Марка	М 150	М 200	М 250
Водостойкость	Коэффициент водостойкости менее 0,8	Коэффициент водостойкости более 0,8	Коэффициент водостойкости более 0,8
Морозостойкость	F 15	F50	F50
Область применения	Для возведения внутренних стен и перегородок	Для возведения всех видов несущих и ограждающих конструкций, облицовки фасадов	Для возведения всех видов несущих и ограждающих конструкций, облицовки фасадов

Основными видами сырья для производства рассматриваемых строительных материалов являются: цемент (ЦЕМ I 42,5Б (ПЦ 500 Д0)), ОДКП, химическая добавка (Пенетрон Адмикс), минеральные пигменты.

На основании разработанных рецептов производимых видов каменного материала, определенного годового объема производства и уровня цен на основные виды сырья по состоянию на I квартал 2014 года, произведен расчет стоимости сырья и материалов на годовой объем производства продукции, представленный в таблице 5.12.

Таблица 5.12

Расчет потребности в сырье на годовой объем производства строительных материалов

Наименование сырья	Расход на ед. продукции, кг	Годовая потребность в сырье, т	Цена за т сырья, руб.	Стоимость сырья, тыс. руб.
Кирпич прессованный, тип 1				
1. Цемент	0,61	106,22	4700	499,22
2. Вода	0,793	138,08	53,75	7,42
3. ОДКП	5,49	955,95	104	99,42
4. Химическая добавка	0	0,00		0
5. Пигмент	0,012	2,09	90000	188,06
Всего	х	х	х	794,11
Кирпич прессованный, тип 2				
1. Цемент	0,61	233,68	4700	1098,28
2. Вода	0,7625	292,09	53,75	15,70
3. ОДКП	5,49	2103,08	104	218,72
4. Химическая добавка	0,0061	2,34	260000	607,56
5. Пигмент	0,012	4,60	90000	413,72
Всего	х	х	х	2353,97
Кирпич прессованный, тип 3				
1. Цемент	1,22	169,946	4700	798,75
2. Вода	0,732	101,9676	53,75	5,48
3. ОДКП	4,88	679,784	104	70,70
4. Химическая добавка	0,0122	1,69946	260000	441,86
5. Пигмент	0,012	1,6716	90000	150,44
Всего	х	х	х	1467,23
Итого	х	х	х	4615,31

По результатам произведенного расчета определено, что сумма, необходимая для закупки сырья, требующегося для обеспечения годового объема производства, составляет 4615,31тыс. руб.

На основании информации, приведенной в таблице 5.9, произведен расчет капитальных вложений на прирост оборотных средств, представленный в таблице 5.13.

Таблица 5.13

Расчет капитальных вложений на прирост оборотных средств

Оборотные активы	Норма запаса, дней.	Стоимость однодневного запаса, руб.	Потребность в оборотном капитале, тыс. руб.
I. Производственные запасы:			
Кирпич прессованный Т1			
1. Цемент	4	2867,00	11468,00
2. ОДКП	4	570,96	2283,84
4. Химическая добавка	0	0	0,00
5. Краска	14	1080	15120,00
Всего	х	х	28871,84
Кирпич прессованный Т2			
1. Цемент	4	6307,40	25229,60
3. ОДКП	4	1256,11	5024,45
4. Химическая добавка	30	3489,2	104676
5. Краска	14	2376	33264,00
Всего	х	х	134930,05
Кирпич прессованный Т3			
1. Цемент	4	4587,20	18348,80
3. ОДКП	4	406,02	1624,06
4. Химическая добавка	30	2537,60	76128,00
5. Краска	14	864	12096,00
Всего	х	х	96100,86
II. Готовая продукция:			
Кирпич прессованный Т1	2	2746,2	5492,4
Кирпич прессованный Т2	2	8143,08	16286,16
Кирпич прессованный Т3	2	4346,16	8692,32
Всего	х	х	30470,88
Итого	х	х	290373,63

Трудовые ресурсы, необходимые для реализации инвестиционного проекта. Затраты на оплату труда производственных рабочих с соответствующими отчислениями на социальные нужды относятся к прямым затратам, входящим в состав себестоимости производимой продукции.

Для работы на закупаемом оборудовании требуется 4 основных и 6 вспомогательных рабочих, занятых обслуживанием технологической линии. Продолжительность одного рабочего дня равна 8 часов. Для изготовления годового объема производства требуется отработать 398 машино-смен.

В таблице 5.14 приведен расчет трудозатрат производственных рабочих, в таблице 5.15 – общий фонд заработной платы производственных рабочих.

Таблица 5.14

Расчет трудозатрат производственных рабочих*

Виды работ	Фонд рабочего времени, календ., дней	Фонд рабочего времени, факт., дней	Фонд рабочего времени 1 рабочего, ч.	Численность работников, чел.	Трудо-затраты, ч.
I. Основное производство	365	249	1986	4	7944
II. Вспомогательное производство	365	249	1986	6	11916

*При 40 часовой рабочей неделе.

Таблица 5.15

Расчет издержек на оплату труда производственных рабочих

Виды работ	Трудо-затраты, ч.	Средне-часовая тарифная ставка, руб.	Тарифный фонд заработной платы, тыс. руб.	Коэффициент перехода от тарифного фонда заработной платы к общему фонду оплаты труда	Общий фонд заребот. платы, тыс. руб.
I. Основное производство	7944	65	516,36	1,8	929,45
II. Вспомогательное производство	11916	60	714,96	1,5	1072,44
III. Итого	x	x	x	x	2001,89

Тарифный фонд заработной платы для основных и вспомогательных рабочих рассчитывался произведением трудозатрат на среднечасовую тарифную ставку основных или вспомогательных рабочих.

Для определения общего фонда зарплаты использовались коэффициенты перехода от тарифного фонда заработной платы к общему фонду оплаты труда.

Оценка коммерческой эффективности инвестиционного проекта.

Определение денежных потоков от операционной деятельности.

Денежные потоки инвестиционного проекта – это совокупность всех доходов и расходов инвестиционного проекта. Денежный поток при оценке коммерческой эффективности проекта в целом состоит из потока от операционной и инвестиционной деятельности.

Расход сырья и материалов, а также расходы на оплату труда основных производственных рабочих приведены в таблице 5.12 и в таблице 5.15 соответственно.

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования представлены в таблице 5.18.

Начисление амортизации производится линейным способом, исходя из нормативного срока службы оборудования, составляющего 12 лет.

Норма амортизации за год составит: $100 \% / 12 \text{ лет} = 8,33 \%$.

Общая сумма отчислений на социальные нужды составляет 30%.

Таблица 5.16

Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Расходы	Сумма, тыс. руб.
1. Оплата труда вспомогательного и обслуживающего персонала	1072,44
2. Суммы отчислений на социальные нужды	321,732
3. Амортизационные отчисления	532,21
4. Расходы на ремонт оборудования	373,16
5. Прочие расходы	229,64
6. Электроэнергия	203,77
7. Топливо и ГСМ	25,87
Всего	2758,82

На основании представленных данных произведена калькуляция себестоимости производимой продукции, приведенная в таблице 5.17.

Калькуляция себестоимости продукции

Статьи расходов	Годовой объем, шт.	
	сумма, тыс. руб.	на 1 вид изделия, руб.
1 А. Сырье и основные материалы	4615314,31	6,63
Т1	794111,65	4,56
Т2	2353974,57	6,14
Т3	1467228,09	10,53
2. Оплата труда производственных рабочих, в том числе	929448,00	1,33
Т1	232362,00	1,33
Т2	511196,40	1,33
Т3	185889,60	1,33
3. Суммы отчислений на социальные нужды	278834,40	0,40
Т1	69708,60	0,40
Т2	153358,92	0,40
Т3	55766,88	0,40
4. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	2758820,58	3,96
Т1	689705,15	3,96
Т2	1517351,32	3,96
Т3	551764,12	3,96
5. Всего прямых расходов	8582417,29	12,32
Т1	1785887,39	10,26
Т2	4535881,21	11,84
Т3	2260648,69	16,23
в т.ч. без амортизационных отчислений	8050208,71	11,56
6. Расходы на управление производством и общехозяйственные нужды	500000,00	0,72
в том числе арендная плата	312000,00	
Т1	125000,00	0,72
Т2	275000,00	0,72
Т3	100000,00	0,72
7. Производственная себестоимость, всего:	9082417,29	13,04
Т1	1910887,39	10,97
Т2	4810881,21	12,56
Т3	2360648,69	16,95
8. Расходы на продажу	454120,86	0,65
Т1	113530,22	0,65
Т2	249766,48	0,65
Т3	90824,17	0,65
9. Полная себестоимость	9536538,15	13,69
Т1	2024417,61	11,63
Т2	5060647,68	13,21
Т3	2451472,86	17,60

Норма дисконта, необходимая для расчета вышеперечисленных показателей, в рамках данного инвестиционного проекта, принималась равной 19 %, что соответствует средней процентной ставке по депозитам с учетом инфляции.

Таблица 5.18

Расходы на производство и продажу продукции, выручка и прибыль

Наименование показателей	Год				
	2014	2015	2016	2017	2018
1. Объем продажи (производства) продукции (услуг) в натуральном выражении, шт.	696500	845750	945250	945250	945250
в том числе:					
1.1 Т1	174125	211437,5	236312,5	236312,5	236312,5
1.2 Т2	383075	465162,5	519887,5	519887,5	519887,5
1.3 Т3	139300	169150	189050	189050	189050
2. Цена продажи ед. продукции, руб.					
2.1 Т1	13,80	14,49	15,21	15,98	16,77
2.2 Т2	18,60	19,53	20,51	21,53	22,61
2.3 Т3	27,30	28,67	30,10	31,60	33,18
3. Выручка от продажи, руб.	13331010,0	16997037,75	19946523,71	20943849,90	21991042,39
3.1 Т1	2402925,00	3063729,38	3595376,53	3775145,36	3963902,63
3.2 Т2	7125195,00	9084623,63	10661073,02	11194126,67	11753833,00
3.3 Т3	3802890,00	4848684,75	5690074,16	5974577,87	6273306,76
4. Внереализационные доходы	-	-	-	-	-
5. Расходы на производство и продажу продукции, всего	9536538,15	11580082,04	14107264,66	15376918,47	16760841,14
в том числе: 5.1 Производственные издержки, всего	9082417,29	11028649,57	12021228,03	13103138,55	14282421,02
5.2. Расходы на продажу продукции	454120,86	551432,48	601061,40	655156,93	714121,05
6. Прибыль до налогообложения	3794471,85	5416955,71	5839259,06	5566931,42	5230201,26
7. Платежи из прибыли в бюджет	799860,60	1019822,27	1196791,42	1256630,99	1319462,54
с доходов (6%)	799860,60	1019822,27	1196791,42	1256630,99	1319462,54
с доходов -расходы (15%)	569170,78	812543,36	875888,86	835039,71	784530,19
8. Чистый доход	2994611,25	4397133,44	4642467,63	4310300,43	3910738,71

Оценка коммерческой эффективности инвестиционного проекта.

Оценка эффективности инвестиционного проекта производилась с использованием следующих показателей:

- 1) чистый дисконтированный доход (ЧДД), или интегральный эффект;
- 2) индекс доходности (ИД);
- 3) внутренняя норма доходности (ВНД);
- 4) срок окупаемости.

Данные для расчета показателей эффективности инвестиционного проекта представлены в таблице 5.19.

Таблица 5.19

Денежные потоки инвестиционного проекта, тыс. руб.

Показатели	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1. Денежный поток от операционной деятельности	196,82	4326,68	5949,16	6371,47	6099,14	5762,41
- денежные притоки	1300,00	13863,22	17529,25	20478,73	21476,06	22523,25
-денежные оттоки	896,82	9536,54	11580,08	14107,26	15376,92	16760,84
2. Денежный поток от инвестиционной деятельности	-6386,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- денежные притоки	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- денежные оттоки	-6386,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4. Сальдо суммарного потока от операционной и инвестиционной деятельности	-6189,68	4326,68	5949,16	6371,47	6099,14	5762,41
5. Сальдо накопленного потока	-5889,68	-1563,00	4386,17	10757,63	16856,77	22619,18
6. Коэффициент дисконтирования	0,00	0,84	0,71	0,59	0,50	0,42
7. Дисконтированное сальдо суммарного потока	-5153,51	3635,87	4201,09	3780,93	3041,45	2414,73
8. Накопленное дисконтированное сальдо суммарного потока	-4853,52	-2253,80	1947,30	5728,20	8769,70	11184,40

Обязательным условием эффективности инвестиционного проекта является положительное значение величин чистого накопленного дохода (ЧД) и чистого дисконтированного дохода (ЧДД).

$$ЧД = 22619,18 \text{ тыс. руб.} > 0 ;$$

ЧДД=11184,39 тыс. руб. > 0 , следовательно, проект эффективен.

Индекс доходности простой (ИД_{пр.}) представляет собой отношение суммы эффектов к величине капиталовложений и рассчитывается по следующей формуле:

$$ИД_{прост} = \frac{1}{КВ} * ЧД = \frac{1}{6386,50} * 22619,18 = 3,542$$

Индекс доходности дисконтированный (ИД_{диск.}) представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капиталовложений и рассчитывается по следующей формуле:

$$ИД_{диск} = \left(\frac{1}{КВ} * ЧДД \right) + 1 = \left(\frac{1}{6386,50} * 11184,39 \right) + 1 = 2,751$$

Индексы доходности > 1, следовательно, проект эффективен.

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой ту норму дисконта, при которой величина приведенных эффектов равна приведенным капиталовложениям. ВНД проекта сравнивается с требуемой инвестором нормой дохода на вкладываемый капитал (WACC). Если ВНД ≥ WACC, то инвестиции в данный инвестиционный проект оправданы. В противном случае инвестиции в данный проект нецелесообразны.

$$ВНД = \sqrt{\frac{ЧДД}{КВ}} \times 100\% = \sqrt{\frac{11184,39}{6386,50}} * 100\% = 132,34\%$$

В рассматриваемом случае WACC = 19 %, ВНД = 132,34% > WACC, следовательно инвестиции эффективны.

Окупаемость проекта достигается на втором шаге (2015 г.) расчетного периода, как без, так и с учетом дисконтирования. Более точный расчет срока окупаемости проекта производится по формуле:

$$Ток = \frac{\text{число лет, предшествующих периоду окупаемости}}{\text{невозмещенная стоимость на начало периода окупаемости}} + \frac{\text{приток наличности в течение периода окупаемости}}{\text{невозмещенная стоимость на начало периода окупаемости}}$$

$$T_{\text{ок}} = 2 + \frac{1562997,70}{5949164,29} = 2 + 0,262 = 2,262 \text{ года} = 2 \text{ года } 4 \text{ месяца};$$

$$T_{\text{ок, диск}} = 2 + \frac{2253812,22}{4201090,52} = 2 + 0,537 = 2,537 \text{ года} = 2 \text{ года } 7 \text{ месяцев};$$

Кроме того, проанализированы основные прогнозные экономические показатели работы ООО «ИСМ» до 2018 года, представленные в таблице 5.20

Таблица 5.20

Основные экономические показатели

Показатели	Годы				
	2014	2015	2016	2017	2018
1. Выручка от продажи продукции, тыс. руб.	15235,44	16997,04	19946,52	20943,85	21991,04
2. Выпуск продукции, шт.	796000	845750	945250	945250	945250
3. Выпуск продукции, тыс. руб.	9741,75	10350,61	11282,16	12297,56	13404,34
4. Среднегодовая стоимость основных средств, тыс. руб.	6386,50	6386,50	6386,50	6386,50	6386,50
5. Прибыль (убыток) от продаж, тыс. руб.	5006,60	6128,90	6706,58	6512,31	6260,66
6. Чистая прибыль (убыток), тыс. руб.	4092,48	5109,08	5509,78	5255,67	4941,20
7. Фондоотдача, руб./ руб.	1,53	1,62	1,77	1,93	2,10
8. Фондоёмкость, руб./ руб.	0,66	0,62	0,57	0,52	0,48
9. Рентабельность продаж, %	51,39	59,21	59,44	52,96	46,71
в т.ч. по видам продукции					
T1	27,96	23,27	18,74	18,39	18,19
T2	71,64	65,34	59,27	53,43	47,80
T3	99,01	91,71	84,67	77,89	71,37

В целом, исходя из приведенных расчетов показателей экономической эффективности инвестиционного проекта, можно сделать вывод, что рассматриваемый инвестиционный проект, заключающийся в организации малого инновационного предприятия, специализирующегося на производстве модифицированного прессованного искусственного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, целесообразен с экономической точки зрения и может быть рекомендован к внедрению.

Выводы по главе 5

1. Опытными-производственными испытаниями подтверждена возможность изготовления водостойкого и морозостойкого прессованного модифицированного искусственного каменного материала при комплексном использовании в качестве основного сырья отсевов дробления низкопрочных карбонатных пород РМЭ.

2. Разработаны составы и технология изготовления прессованного каменного материала на основе ОДКП с прочностью при сжатии, соответствующей марке М 200, морозостойкостью – марке F 50 и коэффициентом водостойкости выше 0,8 при расходе цемента 10...20 % от массы сухих компонентов при использовании химического модификатора - Пенетрон Адмикс, в количестве 1 % от массы цемента.

3. В результате расчета основных показателей экономической эффективности подтверждена целесообразность производства разработанных составов модифицированного искусственного строительного камня как конкурентоспособного стенового материала.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена принципиальная возможность производства высокоэффективного искусственного каменного материала на основе комплексного использования отсевов дробления низкопрочных карбонатных пород, неоднородных по составу, по технологии полусухого прессования с применением модифицирующих добавок.

2. Определены рациональные границы корректирования зернового состава ОДКП с повышенным содержанием пылевидных фракций частичной заменой на 30-50 % ОДКП природным кварцевым песком. Установлена рациональная водопотребность формовочных смесей (11-14 %) для технологии полусухого прессования изделий при использовании прессующего давления 15 МПа. Установлены зависимости влияния предварительной фторизации ОДКП и модификации формовочной смеси добавками метилгидроэтилцеллюлозы TyloseM 15000 и стирол-акриловой дисперсией, на формирование свойств прессованного искусственного каменного материала.

3. Разработаны новые составы водостойкого и морозостойкого прессованного материала с прочностью M200 и M250 и морозостойкостью F50 за счет использования метода химического модифицирования добавками RheoFIT 774 и Пенетрон Адмикс при комплексном применении неоднородных и низкопрочных ОДКП. Выявлена необходимость создания условий повышенной влажности на ранней стадии твердения искусственного каменного материала.

4. Установлены механизмы улучшения структурных параметров, повышения водостойкости и морозостойкости прессованного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород. Добавка Пенетрон Адмикс берет на себя в материале функцию крента и способствует заполнению дефектов структуры кристаллогидратами с кристаллизацией

мелких стабильных кристаллов кристаллогидратов в порах и трещинах распрессовки материала.

5. Определены основные физико-механические и эксплуатационные характеристики рациональных составов прессованного каменного материала на основе отсевов дробления карбонатных пород, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс при расходе цемента 10-20 %. Прочность при сжатии материала составила 20-25 МПа, морозостойкость соответствует марке F 50, коэффициент водостойкости превышает значение 0,8. Значения средней плотности, общей пористости и водопоглощения (по массе) полученного материала составили 2100 кг/м³, 20-23%, 6,5-6,2% соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Свид. 2011615131 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. MM type B₃ v.1.0.0.0 / О.В. Кононова, В.Д. Черепов, Е.Ю. Гринчев, В.Н. Каширский; заявитель и правообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Марийский государственный технический университет» (RU). – № 2011613217; заявл.04.05.2011; опубл. 30.05.2011, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.
2. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Марийской АССР / Сост. М.Д. Сычева, А.И. Белянина, А.В. Гришанина.– М.: Геологический фонд РФ, 1984. – 127 с.
3. Черных, В.Ф. Стеновые и отделочные материалы / В.Ф. Черных.– М.: Росагропромиздат, 1991.– 188 с.
4. ГОСТ 21–27–76. Породы карбонатные для производства строительной извести. – М.: ВНИИСтром им. П.П. Будникова, 1987. – 22 с.
5. ГОСТ 31108–2003 Цементы общестроительные. Технические условия. – М.: МНТКС, 2003. – 27 с.
6. Баженов, Ю.М. Технология бетонов / Ю.М. Баженов. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 499 с.
7. Изотов, В.С. Химические добавки для модификации бетона: монография / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М.: Издательство «Палеотип», 2006. – 244 с.
8. Буткевич, Г.Р. Промышленность нерудных строительных материалов: достигнутое и перспективы / Г.Р. Буткевич // Строительные материалы. – 2003. – № 11. С. 2–5.
9. Буянов, Ю.Д. Экономическая безопасность России при разработке сырья для промышленности строительных материалов / Ю.Д. Буянов // Строительные материалы. – 2004. – № 12. – С. 18–19.

10. Лазуткин, А.В. Использование отсевов дробления – важный фактор экономического роста предприятий нерудной промышленности / А.В. Лазуткин, В.И. Эрих, В.П. Жуков // Строительные материалы. – 2003. – № 11. – С. 6–7.
11. Griibe, P. Vom Gussbetonzum Selbstverdichtenden / P. Griibe, C. Lemmer, M. Rtihl // Beton. – S. 243–249.
12. Kleingelhofer, P. Neue Betonverflüssiger auf Basis Polycarboxilat / P. Kleingelhofer // Proc. 13. Jbasil Weimar. – 1997. – Bd. – 1. – S. 491–495.
13. Bornemann, R. UltrahochfesterBeton – Entwicklung und Verhalten / R. Bornemann, E. Fenling // LeipzigerMassivbau – seminar. – 2000. – Bd. 10. – S. 1–15.
14. Schmidt, M. Möglichkeiten und Crensen von HochfesterBeton / M. Schmidt, R. Bornemann // Proc. 14. Jbausil. – 2000. – Bd. 1. – S. 1083–1091.
15. Калашников, В.И. Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов / В.И. Калашников // Строительные материалы. – 2008. – № 3. – С. 23–25.
16. Федоркин, С.И. Системы на основе извести карбонизационного твердения / С.И. Федоркин, Н.В. Любомирский, Н.А. Лукьянченко // Строительные материалы. – 2008. – № 11 – С. 45–47.
17. Zalmanoff, N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. – 1956. – August. – P. 182–186.
18. Zalmanoff, N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building / N. Zalmanoff // Rock Products. – 1956. – September. – P. 84–90.
19. Справочник по строительным материалам и изделиям / Под ред. М.С. Хуторянского. – Киев: Изд-во «Будівельник», 1966. – 796 с.
20. Ребиндер, П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах физико-химическая механика. М.: Издательство «Наука», 1979. – 384с.
21. Чекнаворян, А.А. Химические добавки будущего: возможности и задачи стабильного производства, укладки и срока службы бетона /

А.А. Чекнаворян // Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2012. – № 4–5. – С. 52–63.

22. Краснова, Т.А. Влияние противоморозных добавок на свойства бетона / Т.А. Краснова, Н.И. Бороуля // Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2011. – № 5–6. – С. 28–32.

23. Вовк, А.И. Добавки на основе сополимеров нафталинсульфокислоты: теория и практическое использование / А.И. Вовк // Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2010. – № 6. – С. 55–62.

24. Черноголов, И.А. Пенетрон: надежный партнер для строительного сектора / И.А. Черноголов // Строительство. – 2008. – № 5. – С. 44–46.

25. Лутфиева, И.З. Серия инновационных материалов Пенетрон: высокое качество и низкие издержки строительства / И.З. Лутфиева // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2007. – № 10. – С. 22–23.

26. Хаук, Ханс-Гюнтер Высокоэффективные суперпластификаторы на базе эфиров поликарбоксилатов. Потенциал применения в современных бетонных технологиях / Ханс-Гюнтер Хаук // Alitinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2007. – № 1. – С. 78–84.

27. Макишева, Е.А. Добавки Полипласт в технологии строительных материалов / Е.А. Макишева // Строительные материалы. – 2006. – № 7. – С. 14.

28. Коровяков, В.Ф. Литые бетонные смеси для дорожного строительства / В.Ф. Коровяков, Туан Ми Чан // Строительные материалы. – 2012. – № 10. – С. 7–9.

29. Калашников, В.И. Влияние вида и дозировки суперпластификатора на реотехнологические свойства цементных суспензий, бетонных смесей и порошково-активированных бетонов / В.И. Калашников, Е.В. Гуляева // Цемент и его применение. – 2012. – № 2. – С. 66–68.

30. Калашников, В.И. Влияние вида супер- и гиперпластификаторов на реотехнологические свойства цементно-минеральных суспензий, порошковых бетонных смесей и прочностные свойства бетонов / В.И. Калашников, Е.В. Гуляева, Д.М. Валиев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2011. – № 12. – С. 40–45.

31. Мозгалева, К.М. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства / К.М. Мозгалева, С.Г. Головнев // Академический Вестник Уралниипроект РААСН. – 2011. – № 4. – С. 55–60.

32. Чан, Л.Х. Технологические свойства особо тяжелых самоуплотняющихся бетонных смесей / Л.Х. Чан, Ю.М. Баженов, Л.Д. Чумаков // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1 (том 2). – С. 322–325.

33. Баженова, С.И. Высококачественные бетоны с использованием отходов промышленности / С.И. Баженова Л. А. Алимов // Вестник МГСУ. – 2010. – № 1. – С. 226–230.

34. Дворкин, Л.И. Высокопрочные бетоны на основе литых бетонных смесей с использованием полифункционального модификатора, содержащего метакаолин / Л.И. Дворкин, Н.В. Лушникова // Бетон и железобетон. – 2007. – № 1. – С. 2–7.

35. Баженов, Ю.М. Безусадочные мелкозернистые бетоны с использованием некондиционных песков / Ю.М. Баженов, А.И. Харченко // Научно-технический Вестник Поволжья. – 2012. – № 5. – С. 86–88.

36. Федосов, С.В. Мелкозернистый бетон на механомагнитоактивированной воде в добавкой суперпластификатора / С.В. Федосов, М.В. Акулова, Т.Е. Слизнева, В.А. Падохин // Вестник МГСУ. – 2012. – № 2. – С. 120–127.

37. Христофоров, А.И. Снижение расхода цемента в модифицированных мелкозернистых бетонных смесях / А.И. Христофоров, Д.И. Кузьмин, И.Б. Кузьмин // Строительство и реконструкция. – 2010. – № 3–29. – С. 70–75.

38. Федосов, С.В. Исследование влияния механомагнитной активации железосодержащих добавок с водой затворения на свойства цементного теста и цементного камня / С.В. Федосов, Акулова М.В., Падохин В.А., Слизнева Т.Е. // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. – 2010. – № 1 (том 53). – С. 116–117.

39. Ферронская, А.В., Высококачественный мелкозернистый бетон для дорожных покрытий / А.В. Ферронская, С.Б. Кожиев // Строительные материалы. – 2005. – № 4. – С. 58–59.

40. Федосов, С.В. Мелкозернистый бетон высокой прочности / С.В. Федосов, М.В. Акулова, А.М. Краснов, О.В. Кононова, В.Д. Черепов // Известия КазГАСУ. – 2010. – № 2 (14). – С. 286–291.

41. Минаков, Ю.А. Управление кинетикой твердения бетона при отрицательных температурах / Ю.А. Минаков, О.В. Кононова, С.Н. Анисимов, М.В. Грязина // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4–2. – С. 307–311.

42. Трофимов, Б.Я. Дорожные бетоны повышенной морозостойкости / Б.Я. Трофимов, С.П. Горбунов // Цемент и его применение. – 2011. – № 6. – С. 66–69.

43. Крылова, А.В. Эффективность применения побочного продукта аммиачного производства в качестве противоморозной добавки в цементный бетон / А.В. Крылова, Е. И. Шмитько, С. П. Козодаев, Мохаммед Хельми Абдель Мохти // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно–строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 3. – С. 68–72.

44. Панасенко, Л.Н. Противоморозная добавка на основе отходов металлургической промышленности / Л.Н. Панасенко // Научно–технический Вестник Поволжья. – 2010. – № 1. – С. 135–138.

45. Коренькова, С.Ф. Особенности формирования пористой структуры цементного камня с комплексным модификатором / С.Ф. Коренькова,

В.Г. Зимина, Д.А. Горюхин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 3–4. – С. 38–41.

46. Башлыков, Н.Ф. Добавки на основе тиосульфата и роданида натрия для производства бетонных работ в зимнее время / Н.Ф. Башлыков, И.И. Майорова, Р.Л. Серых // Бетон и железобетон. – 2007. – № 2. – С. 14–17.

47. Никишкин, В. А. Микроструктура цементного камня и ее влияние на водонепроницаемость и прочность бетона / В.А. Никишкин // Гидротехническое строительство. – 2012. – № 11. – С. 14–17.

48. Никишкин, В.А. Микроструктура цементного камня как фактор, определяющий водонепроницаемость и прочность бетона / В.А. Никишкин // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 10. – С. 41–44.

49. Изотов, В.С. Влияние новой добавки на основе олигомерных эфиров акриловой кислоты на плотность и водонепроницаемость бетона / В.С. Изотов, Т.А. Краснова, О.В. Селиверстова // Приволжский научный журнал. – 2010. – № 2. – С. 56–61.

50. Изотов, В.С. Влияние гиперпластификатора на основе полиакрилатов на прочность, плотность и водонепроницаемость бетона / В.С. Изотов, О.В. Селиверстова, Т.А. Краснова // Известия Казанского государственного архитектурно–строительного университета. – 2010. – № 1(13). – С. 292–295.

51. Поляков, В.С. Комплексные полимерные добавки для бетонных смесей на основе полиакрилатов, продуктов термической деструкции полиамида–6 и низкомолекулярного полиэтилена / В.С. Поляков, В.А. Падохин, М.В. Акулова // Вестник МГСУ. – 2012. – № 4. – С. 149–154.

52. Кардумян, Г.С. Низкотермичные бетоны с компенсированной усадкой, модифицированные комплексной добавкой «Эмбэлит», для водонепроницаемых конструкций по системе «Белая ванна» / Г.С. Кардумян // Строительные материалы. – 2012. – № 11. – С. 49–55.

53. Носков, А.В. Разработка модификатора для объемной и поверхностной модификации бетона / А.В. Носков, В.Ю. Чухланов // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно–практической конференции. – Одесса, – 2011. – № 4 (том 29). – С. 23–24.

54. Изотов, В.С. Влияние комплексной добавки на долговечность тяжелого бетона / В.С. Изотов, Р.А. Ибрагимов // Известия казанского государственного архитектурно–строительного университета. – 2011. – № 2(16). – С. 190–194.

55. Башлыков, Н.Ф. Комплексные полифункциональные добавки на основе тиосульфата и роданида натрия для бетонов массового применения / Н.Ф. Башлыков, И.И. Майорова, Р.Л. Серых // Бетон и железобетон. – 2007. – № 3. – С. 2–5.

56. Сеськин, И.Е. Влияние суперпластификатора С–3 на формирование прочности пресованного бетона / И.Е. Сеськин, А.С. Баранов // Строительные материалы. – 2013. – № 1. – С. 32–33.

57. Толмачев, С.Н. Повышение долговечности тяжелого бетона путем комплексной активации структурных уровней / С.Н. Толмачев, Е.А. Беличенко // Строительные материалы. – 2012. – № 9. – С. 76–78.

58. Морозов, Н.М. Исследование долговечности модифицированных бетонов для монолитного строительства / Н.М. Морозов, Н.Н. Морозова // Известия Казанского государственного архитектурно–строительного университета. – 2012. – № 4. – С. 312–318.

59. Калашников, В.И. Супер– и гиперпластификаторы. микрокремнеземы. бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности / В.И. Калашников // ALITINFORM: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2011. – № 4. – С. 60–69.

60. Добшиц, Л.М. Кинетика набора прочности цементного камня с модифицирующими добавками Биотех–НМ и Glenium 51 / Л.М. Добшиц,

О.В. Кононова, С.Н. Анисимов // Цемент и его применение. – 2011. – № 4. – С. 104–107.

61. Зоткин, А.Г. Прогнозирование прочности бетона с суперпластификаторами с учетом эффекта объема цементного камня / А.Г. Зоткин, П.А. Саенко // Бетон и железобетон. – 2008. – № 4. – С. 14–17.

62. Лукутцова, Н.П. Структура и свойства цементного камня и бетона с добавкой УКН–модификатора / Н.П. Лукутцова, А.А. Пыкин, Е.В. Дегтярев С.В. Широко // Цемент и его применение. – 2012. – № 3. – С. 119–121.

63. Чудкова, О.А. Декоративно–отделочные изделия на основе наномодифицирующей добавки / О.А. Чудкова, Н.П. Лукутцова, П.В. Хотченков // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 2. – С. 64–66.

64. Номоев, А.В. Мелкозернистый цементный бетон с нанодисперсным модификатором / А.В. Номоев, В.Ц. Лыгденов, Л.А. Урханова, С.А. Лхасаранов // Нанотехнологии в строительстве: Научный интернет–журнал. – 2010. – № 4. – С. 42–52.

65. Баженов, Ю.М. Исследования влияния наномодифицирующей добавки на прочностные и структурные параметры мелкозернистого бетона / Ю.М. Баженов, Н.П. Лукутцова, Е.Г. Матвеева // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 215–218.

66. Мороз, М.Н. Водостойкий мелкозернистый бетон, гидрофобизированный наночастицами стеарата кальция / М.Н. Мороз, В.И. Калашников, В.А. Худяков, П.Г. Василик // Строительные материалы. – 2009. – № 8. – С. 55–59.

67. Ицкович, С.М. Технология заполнителей бетона / С.М. Ицкович, Л.Д. Чумаков, Ю.М. Баженов. – М.: «Высшая школа», 1991. – 271 с.

68. Синайко, Н.П. Новые бетоны самоуплотняющегося типа. Добавки Relanorm и средства испытаний / Н.П. Синайко // Будівельні матеріали, виробы та санітарнотехніка. – № 39. – 2011. – С.95.

69. Кононова, О.В. Исследование свойств бетонов на основе осадочных пород / Ю.А. Минаков, А.М. Краснов, В.Д. Черепов, Е.А. Солдатова // Известия Казанского государственного архитектурно–строительного университета. – 2011. – № 3 (17). – С. 122–128.

70. Черепов, В.Д. Бетон на основе низкопрочных карбонатных пород / В.Д. Черепов, Н.П. Коршунова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2; URL: <http://www.science–education.ru/108–8676> (дата обращения: 26.03.2013).

71. Зозуля, П.В. Карбонатные породы как заполнители и наполнители, в цементах, цементных растворах и бетонах [Электронный ресурс] / П.В. Зозуля // Статьи – Гипроцемент–наука: [сайт] / ЗАО «НИЦ «Гипроцемент–Наука». – Режим доступа: <http://www.giprocement.ru/about/articles.html/p+25> (дата обращения: 06.10.2009).

72. Рамачандран, В. Наука о бетоне / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн. – М.: Стройиздат, 1986. – 280 с.

73. Кононова, О.В. Модифицированный искусственный камень на основе отсевов дробления карбонатных пород / О.В. Кононова, В.Д. Черепов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1; URL:<http://www.science–education.ru/107–8295> (дата обращения: 05.02.2013).

74. Краснов, А.М. Влияние высокого наполнения мелкозернистого бетона на структурную прочность / А.М. Краснов, С.В. Федосов, М.В. Акулова // Строительные материалы. – 2009. – № 1. – С. 48–50.

75. Кублинь, И.Я. Виброактивация цементного теста с добавками поверхностно–активных веществ и микронаполнителей / И.Я. Кублинь, В.В. Дзенис // Автоматизация и усовершенствование процессов приготовления, укладки и уплотнения бетонов. – М.: Госстройиздат, 1960.

76. Гиперпрессованный кирпич [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-146-kirpich/11.htm> (дата обращения: 20.11.2012).

77. Коршунов, М.А. Ресурсосберегающие технологии в производстве строительных материалов: Справочное пособие / М.А.Коршунов. – Киев: Урожай, 1990. – 302 с.

78. Бойко, Н.И. Прогнозирование неметаллических полезных ископаемых на Северном Кавказе / Н.И. Бойко, В.И. Седлецкий, Б.В. Талпа – Ростов-на-Дону: Изд-во РГУ, 1986. – 255 с.

79. Талпа, Б.В. Новые виды минерального сырья на Юге России / Б.В. Талпа, Н.И. Бойко // Изв. вузов. Северо-Кавказский Регион. – 1995. – № 1.

80. Талпа, Б.В. Перспективы использования осадочных пород Юга России в качестве сырья для получения новых видов строительных материалов / Б.В. Талпа, Н.И. Бойко, В.Д. Котляр // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. – 1995. – №2.

81. Талпа, Б.В. Безобжиговый кирпич из техногенного карбонатного сырья Юга России / Б.В. Талпа // Строительные материалы. – 2003. – № 11. – С.50–51.

82. Форопонов, К.С. Прессованный кирпич на основе мягкого мела и мелоподобных горных пород Ростовской области: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / К.С. Форопонов. – Ростов н/Д, 2010. – 212 с.

83. Гиперпрессованный кирпич – технология производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.rik.ru/notes/bricks.htm> (дата обращения: 19.09.2012)

84. Гиперпрессованная тротуарная плитка – технология производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.rik.ru/notes/sidewalk-tiles.htm> (дата обращения: 19.09.2012)

85. Попилский, Р.Я. Прессование керамических порошков / Р.Я. Попилский, Ф.В. Кондрашов. – М.: Изд-во «Металлургия», 1962 – 272 с.

86. Berry, W.C. *Ceram. Soc. Bull.* / W.C. Berry, W.A. Allen, Hasset, J. Amer. – 1959. – v. 38. – № 8. – P. 393–400

87. Соломин, Н.В. Стекло и керамика / Н.В. Соломин, 1952. – № 1. – 710 с.
88. Бальшин, М.Ю. Порошковое металловедение / М.Ю. Бальшин. – Металлургиздат, 1948. – 332 с.
89. Бережной, А.С. Огнеупоры / А.С. Бережной. – 1954. – №7. – С. 305–314.
90. Балкевич, В.Л. Огнеупоры / В.Л. Балкевич, С.М. Гольдберг. – 1958. – № 4. – С. 172–175.
91. Полубояринов, Д.Н. Строительные материалы / Д.Н. Полубояринов. – 1932. – № 3. – С. 63.
92. Виноградов, Г.А. Прессование и прокатка металлических порошков / Г.А. Виноградов, И.Д. Радомыслский. – М.: Машгиз, 1963. – 200 с.
93. Бальшин, М.Ю. ДАН ССР / М.Ю. Бальшин, А.П. Дубровский. – Т. 136, 1961. – № 2. – С.332–335.
94. Кальмекс, Н.В. В кн. «Радиокерамика» / Н.В. Кальмекс. – под. ред. Н.В. Бородицкого и В.В. Пасынкова. – М.: Госэнергоиздат, 1963.
95. Лундина, М.Г. Производство кирпича методом полусухого прессования / М.Г. Лундина, П.Н. Бренштейн, Г.С. Брех. – М.: Госстройиздат, 1958. – 164 с.
96. Ярошевский, А.В. Рационализация технологии производства глиняного кирпича / А.В. Ярошевский. – М.: БТИ МПСМ РСФСР, 1949.
97. Norton F.U. Ceram. Soc. / F.U. Norton, A.L. Johanson, J. Amer, 1944. – v. 27. – № 3. – P. 77–80.
98. Айлер, Р.К. Коллоидная химия кремнезема и силикатов / Р.К. Айлер. – Пер. с англ. – М.: Госстройиздат, 1959. – 288 с.
99. Герсеванов, Н.М. Теоретические основы механики грунтов и их практическое применение / Н.М. Герсеванов, Д.Е. Польшин. – М.: Госстройиздат, 1948.

100. Денисов, Н.Я. Строительные свойства глинистых пород и их использование в гидротехническом строительстве / Н.Я. Денисов. – М.: Госстройиздат, 1956. – 288 с.
101. Денисов, Н.Я. ДАН ССР / Н.Я. Денисов, П.А. Ребиндер. – Т. 54, 1946. – № 6. – С. 523–526.
102. Дерягин, Б.В. Известия АН СССР / Б.В. Дерягин, 1937. – № 6. – С. 853–866.
103. Шмитько, Е.И. О влиянии фактора дисперсности на процессы раннего структурообразования прессованных строительных изделий / Е.И. Шмитько, Е.Н. Салмина // Материалы международной научно-практической конференции. Ч.1. Общие проблемы и решения теории и практики строительного материаловедения. – Казанская государственная архитектурно–строительная академия, 1996.
104. Иванов, Е.В. Огнеупоры / Е.В. Иванов и др. – 1957. – № 3. – С. 120–123.
105. Игнатова, Т.С. Огнеупоры / Т.С. Игнатова, А.Д. Хамутина. – 1961. – № 2. – С. 86–90.
106. Кондрашов, Ф.В. Стекло и керамика / Ф.В. Кондрашов, Р.Я. Попильский. – 1960. – № 3. – С. 29–33.
107. Кондрашов, Ф.В. В сб. трудов НИИстройкерамика вып. 16. / Ф.В. Кондрашов, Р.Я. Попильский. – 1960. – С. 84–99.
108. Кондрашов, Ф.В. В сб. трудов НИИстройкерамика вып. 18. / Ф.В. Кондрашов, Р.Я. Попильский. – 1961. – С.63–73.
109. Кондрашов, Ф.В. В сб. трудов НИИстройкерамика вып. 19. / Ф.В. Кондрашов, Р.Я. Попильский. –1962. – С. 54–66.
110. Огарков, А.Ф. Огнеупоры /А.Ф. Огарков, П.С. Мамыкин. – 1956. – № 6. – С. 274–276.
111. Огарков, А.Ф. Огнеупоры / А.Ф. Огарков, П.С. Мамыкин. – 1957. – № 9. – С. 398–406.

112. Стрелов, К.К. Огнеупоры / К.К. Стрелов. – 1958. – № 3. – С. 131–136.
113. Кондратенко, В.А. Керамические стеновые материалы: оптимизация их физико-технических свойств и технологических параметров производства. – М.: Композит, 2005. – 512 с.
114. Берней, И.И. Влияние турбулентной активации цементных суспензий на изменения в их структуре и прочности цементного камня, раствора, бетона / И.И. Берней, Ю.Г. Косивцев // Реология бетонных смесей и ее технологические задачи: тезисы докл. II всесоюз. симпозиума. – Рига. – 1976. – С. 104–105.
115. Борисов, Е.П. Технология приготовления керамзитобетонов на основе наполненных связующих: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Борисов Евгений Петрович. – Ташкент, 1987. – 199 с.
116. Соломатов, В.И. Оптимизация степени наполнения цементного теста и выбор оптимальной дисперсности наполнителя / Соломатов В.И., Хохрина Е.Н. // Композиционные строительные материалы с использованием отходов промышленности: тез. докл. к обл. семинару. – Пенза: ПДЗ. – 1984. – С. 30.
117. Урьев, Н.Б. Физико-химическая механика в технологии дисперсных систем / Н.Б. Урьев. – М.: Знание, 1975. – 63 с.
118. Урьев, Н.Б. Коллоидные цементные растворы / Н.Б. Урьев, И.С. Дубинин. – Л.: Стройиздат, 1980. – 192 с.
119. Урьев, Н.Б. Коллоидный цементный клей и его применение в строительстве / Н.Б. Урьев, Н.В. Михайлов. – М.: Стройиздат, 1967. – 175 с.
120. Невилль, А.М. Свойства бетона. Пер. с англ. В.Д. Парфенова и Т.Ю. Якуб / А.М. Невилль. – М.: Стройиздат, 1972. – 334 с.
121. Тимашев, В.В. Формирование высокопрочной структуры цементного камня / В.В. Тимашев, М. Хендрих // Труды МХТИ, вып. 118, 1981. – М.: МХТИ. – С. 89–95.

122. Шелихов, Н.С. Комплексное использование карбонатного сырья для производства строительных материалов / Н.С. Шелихов, Р.З. Рахимов //Строительные материалы. – 2006. – № 9. – С. 42–44.

123. Справочник по бетонам и растворам. 3 изд., перераб. и доп. / А.П. Чехов, А.М. Сергеев, Г.Д. Дибров. – Киев: Будівельник, 1983. – С. 34–35.

124. Урьев, Н.Б. Физико-химические основы интенсификации технологических процессов в дисперсных системах / Н.Б. Урьев. – М.: Знание, 1980. – 64 с.

125. Pat. 4326891 USA Int. Cl. C04 B 7/02. Crystalline calcium carbonate as a diluent in hydraulic cement composition / Thomas H. Sadler, Littleton. Colo., assignor to Manville Service Corporation, Denver, Colo.– Publ. 82.02.02, Official Gazett. – 1017.– № 4.

126. Pat. 238367 Polska Int. Cl. C04 B 7/02. Betonmikrokruzywowy (В.М.) / Antoni Ostromecki. – Publ. 84.04.09, Bul. – № 8.

127. Ваучский, М.Н. Выбор компонентов самоуплотняющихся бетонных смесей для высокопрочных бетонов / М.Н. Ваучский, А.Н. Иванов // Строительные материалы. – 2009. – № 12. – С. 58–60.

128. Вовк, А.И. Суперпластификаторы в бетоне: еще раз о сульфате натрия, наноструктурах и эффективности / А.И. Вовк // Бетон и железобетон. – 2009. – № 2. – С. 23–25.

129. Гусенков, А.С. Модифицированный мелкозернистый бетон на основе отсевов дробления известняка: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Гусенков Александр Сергеевич. – М., 2009. – 338 с.

130. Добавки в бетон: технический каталог: ноябрь, 2009. – М.: «BASF Construction Chemicals», 2009. – 136 с.

131. Захаров, С.А. Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбоксилатными пластификаторами / С.А. Захаров // Строительные материалы. – 2008. – № 3. – С. 42–43.

132. Каприелов, С.С. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва–Сити» / С.С. Каприелов, В.И. Травуш, Н.И. Карпенко, А.В. Шейнфельд А.В. и др. // Строительные материалы. – 2008. – № 3.– С. 9–13.
133. Ушеров–Маршак, А.В. Товарный бетон – тема бетоноведения и проблема технологии бетона / А.В. Ушеров–Маршак // Строительные материалы. – 2008. – № 3. – С. 77.
134. Okamura, H. Self–Compacting Concrete / H. Okamura, M Ouchi // Journal of Advanced Concrete Technology. – 2003. – Vol. 1. – P. 5–15.
135. Юсупов, Х.В. Особые свойства бетонных сооружений на основе ВНВ в условиях сухого климата: Дис. ...канд. техн. наук: 05.23.05 / Х.В. Юсупов. – МГСУ. – 1992 г.
136. Бабас, Ш.Т. Особенности технологии получения и исследование свойств высокопрочных бетонов с добавками суперпластификаторами / Ш.Т. Бабас // – 1979 г.
137. Калашников, В.И. Современные представления об использовании тонкомолотых цементов и ВНВ в бетонах / В.И.Калашников, Л.Г.Борисов, В.Ю. Поляков, В.С. Крапчин, В.С. Горбунова // Строительные материалы. – №7. – 2000 г. – С.12–13.
138. Рекомендации по применению С–3 в бетонах. – Рига: Госстрой ЛатвССР. – 1988 г.
139. Касторных, Л.И. Бетон с комплексной модифицирующей добавкой / Л.И. Касторных // Международная научно–практическая конференция «Строительство 2000». – Ростов н/Д : РГСУ. – 2000 г.
140. Юндин, А.Н. Ячеистые композиты с карбонатосодержащим компонентом при одностадийном приготовлении пенобетонной смеси / А.Н. Юндин, Г.А. Ткаченко, Е.В. Измалкова // Изв. вузов. Строительство.– 2000.– № 12.– С. 40 - 44.

141. Прошин, А.П. Ячеистый бетон для теплоизоляции ограждающих конструкций зданий и инженерных сооружений / А.П. Прошин, А.И. Еремкин, В.А. Береговой, Е.В. Королев, А.М. Береговой, А.А. Краснощеков, С.В. Соболев, А.А. Лямов // Строительные Материалы. – 2002. – № 3. – С. 14 - 15.

142. Пат. 2215714 Российская Федерация МПК 7С 04В 38/10 А. Сырьевая смесь для изготовления теплоизоляционного ячеистого бетона неавтоклавного твердения / А.П. Прошин, В.А. Береговой, Е.А. Волкова, А.М. Береговой, А.А. Краснощеков, А.А. Лямов, С.В.Соболев; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пензенская государственная архитектурно-строительная академия». – дата регистрации 04.04.2001.

143. Морева, И.В. Способ получения гипсового вяжущего с карбонатсодержащей добавкой / И.В. Морева, В.В. Медяник, Е.Н. Самохина, Ю.А. Соколова // Изв. вузов. Строительство.– 2007. – № 6. – С. 37 - 40.

144. Калашников, В.И. Сухие строительные смеси на основе карбонатного смешанного вяжущего / В.И. Калашников, В.С. Демьянова, Н.М. Дубошина // Изв. вузов. Строительство. – 2000. –№ 6.– С. 52 - 58.

145. Пат. 2017704 Российская Федерация, МКП С04В 41/62, С04В28/04. Композиция для реставрации древних сооружений из разрушающегося камня [Текст] / Гребенников Б.С., Гребенников В.Б.; заявитель Николаевский филиал Центрального научно-исследовательского института технологии судостроения; патентообладатель Гребенников Виктор Борисович. – № 4941644/05; заявл. 03.06.1991; опубл. 15.08.1994. – 3 с.

146. Пат. 2072335 Российская Федерация МКП С04В 28/00, В28В 19/00, Е04В 1/64. Композиция для защиты бетонных поверхностей и способ защиты бетонных поверхностей / А.В. Русинов, СМ. Баев; заявитель А.В. Русинов, СМ. Баев; патентообладатель Русинов Александр Владимирович. – № 95117630/03; заявл. 16.10.1995; опубл. 27.01.1997 – 3 с.

147. Пат. 2363681 Российская Федерация МКП С04В28/04, С04В111/27 Композиция для защиты бетонных поверхностей и способ защиты бетонных поверхностей / А.Г. Алимов, Л.В. Новиков, В.В Карпунин, В.В. Карпунин, О.А. Алимов; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение "Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук". – № 2008103619/03; заявл. 29.01.2008; опубл. 10.08.2009. – 13 с.

148. General Instructions for the Penetron system, JCS / Penetron International Ltd, № 4, 1993 г.

149. Пат. 2444489 Российская Федерация МКП С04В28/20, С04В111/20 Силикатная смесь / В.Т. Ерофеев, В.Ф. Смирнов, С.В. Хуторский, А.Д. Богатов, С.В. Казначеев; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева». – № 2010128624/03; заявл. 09.07.2010; опубл. 10.03.2012. – 3 с.

150. ГОСТ 8735–88. Песок для строительных работ. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 26 с.

151. СанПиН 2.6.1.2523–09 Нормы радиационной безопасности НРБ–99/2009. М.: Издательство стандартов, 2009. – 65 с.

152. Андреев, С.Е. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава / С.Е. Андреев, В.В. Товаров, В.А. Петров. – М.: Metallurgizdat, 1959. – 437 с.

153. ГОСТ 10060.1–95. Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости. – М.: Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997. – 21 с.

154. ГОСТ 12730.5–84. Методы определения водонепроницаемости. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1984. – 12 с.

155. ГОСТ 12730.3–78. Метод определения водопоглощения. – Введ. 1980–01–01.–М.:ИПК Издательство стандартов, 1973. – 4 с.

156. ГОСТ 10180–90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Госстрой СССР ЦИТП, 1990. – 30 с.
157. ГОСТ 5382–91. Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 58 с.
158. ГОСТ 310.1–76. Цементы. Методы испытаний. Общие положения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1976. – 3 с.
159. ГОСТ 310.2–76. Цементы. Методы определения тонкости помола. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1978. – 3 с.
160. ГОСТ 310.3–76. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1976. – 6 с.
161. ГОСТ 310.4–81. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1981. – 11 с.
162. Вознесенский, В.А. Статические методы планирования эксперимента в технико–экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1961 г. – 263 с.
163. Кононова, О.В. Композиционные материалы на основе модифицированных отсевов дробления карбонатных пород / О.В. Кононова, В.Д. Черепов, Е.А. Солдатова // Известия КазГАСУ. – Казань, – 2011. – № 1 (15). – С. 165–171.
164. Кононова, О.В. Модифицированный искусственный камень на основе отсевов дробления карбонатных пород / О.В. Кононова, В.Д. Черепов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/107-8295> (дата обращения: 05.02.2013).
165. Пат. 2386532 Российская Федерация, МПК В28В 3/00, С04В 28/04, С04В 111/27. Способ получения искусственного строительного камня / Кононова О.В., Черепов В.Д., Солдатова Е.А. и др.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего

профессионального образования "Марийский государственный технический университет". – № 2008148466/03; заявл. 08.12.2008; опубл. 20.04.2010. – 3 с.

166. Сухие строительные смеси – разработка составов – составы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.mariles.ru/syxie-stroitelnye-smesi/razrabotka-sostavov/sostavu.html> (дата обращения: 03.09.2012).

167. Связующие грунтовок – акриловые дисперсии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://www.gruntovki.pro/teoriya/polimernie_svyazuuyuschie/ (дата обращения: 17.10.2012).

168. Кононова, О.В. Полимерцементные композиции на основе карбонатных пород / О.В. Кононова, В.Д. Черепов, Н.А. Иванов // Материалы Всероссийской междисциплинарной научной конференции «Четырнадцатые Вавиловские чтения. Россия в глобальном мире: вызовы и перспективы развития». – Йошкар–Ола, 2011. – С. 175–178.

169. Звездов, А.И. Бетон с компенсированной усадкой для возведения трещиностойких конструкций большой протяженности [Электронный ресурс] / А.И. Звездов, М.Ю. Титов // Гидробетон. Полувековой опыт. Технологии XXI века [сайт]. – Режим доступа: [http //www. hydrobeton.ru/v/](http://www.hydrobeton.ru/v/) (дата обращения 27.04.2012).

170. ТУ 5741–033–00284753–02. Кирпич цементно-песчаный. – Красково: ОАО «ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова», 2003. – 11 с.

171. ГОСТ 530–95. Кирпич и камни керамические. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996 . – 3 с.

172. ТУ 5741–001–80398367–2011. Изделия стеновые гиперпрессованные. Технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.standards.ru/print.aspx?control=27&id=5149841&print=yes> (дата обращения: 02.02.2013).

173. Кононова, О.В. Структурообразование искусственного камня на основе отсевов дробления карбонатных пород / О.В. Кононова, В.Д. Черепов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9 (часть 6). – стр. 1200-1204;

URL: www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10004306
(дата обращения: 19.09.2014)

Формирование предела прочности при сжатии бетона (МПа)
в зависимости от содержания цемента и карбонатной муки,
в присутствии добавки Лигнопан Б2

Таблица П. 1.1

Результаты эксперимента и регрессионный анализ модели

№ серии опыта	Матрица эксперимента		Среднее арифме- тическое, $Y=X_0$, МПа	Дисперсия измерения	\hat{Y}_i	Δu	$\Delta^2 u$
	X_1	X_2					
1	1	1	31,20	1,02	30,70	-0,50	0,25
2	1	-1	40,20	2,56	40,30	0,10	0,01
3	-1	1	5,20	1,72	4,10	-1,10	1,21
4	-1	-1	4,90	2,71	4,50	-0,40	0,16
5	1	0	38,20	4,00	37,90	-0,30	0,09
6	-1	0	5,80	2,92	6,70	0,90	0,81
7	0	1	21,00	0,48	21,80	0,80	0,64
8	0	-1	27,00	2,47	26,80	-0,20	0,04
9	0	0	26,80	2,73	26,70	-0,10	0,01
			$\sum S_i^2$	20,61		$SS_{на}$	3,22
Критерий Кохрена							
$G_{табл.} =$	0,4775		α	f	N	$G_{расч.} =$	0,19
			0,05	2	9		
Условие $G_{расч.} < G_{табл.}$ выполняется							
Критерий Стьюдента							
$S_{(\bar{Y})}^2 =$	0,76	$S_{эв} =$	0,87	α	f	t	Λ
				0,05	18	2,104	6
Критерий Фишера							
$F_{табл.} =$	3,176	$\frac{S_{табл.}^2}{S_{эв}^2}$	α	f_1	f_2	$F_{эв} =$	1,41
		3,22	0,05	3	18		
Условие $F_{эв} < F_{табл.}$ выполняется							
Закключение: модель адекватна.							

Предел прочности при сжатии, МПа композиционного материала
на основе ОДКП, в зависимости от содержания цемента и
величины прессующего давления

Таблица П. 2.1

Результаты эксперимента и регрессионный анализ модели

№ серии опыта	Матрица эксперимента		Среднее арифме- тическое, Y=X ₀ , МПа	Дисперсия измерения	\hat{Y}_u	Δu	$\Delta^2 u$
	X ₁	X ₂					
1	1	1	21,00	0,39	21,10	0,10	0,01
2	1	-1	18,70	0,07	18,93	0,23	0,05
3	-1	1	5,70	0,04	5,87	0,17	0,03
4	-1	-1	3,60	0,16	3,70	0,10	0,01
5	1	0	20,40	1,29	20,02	-0,38	0,15
6	-1	0	5,10	0,32	4,78	-0,32	0,10
7	0	1	10,30	0,19	10,48	0,18	0,03
8	0	-1	8,20	0,27	8,32	0,12	0,01
9	0	0	9,70	0,19	9,40	-0,30	0,09
			ΣS_i^2	2,92		SS_{na}	0,49

Критерий Кохрена						
$G_{табл.} =$	0,4775	α	f	N	$G_{расч.} =$	0,44
		0,05	2	9		
Условие $G_{расч.} < G_{табл.}$ выполняется						

Критерий Стьюдента							
$S_{(\bar{Y})}^2 =$	0,11	$S_{эв} =$	0,33	α	f	t	Λ
				0,05	18	2,104	4

Критерий Фишера							
$F_{табл.} =$	2,786	S_{na}^2	α	f ₁	f ₂	$F_{эв} =$	0,90
		0,49	0,05	5	18		
Условие $F_{эв} < F_{табл.}$ выполняется							

Заключение: модель адекватна.

Влияние величины прессующего давления
на формирование технико-эксплуатационных характеристик искусственного каменного материала

Таблица П. 3.1

Влияние величины прессующего давления на предел прочности при сжатии искусственного камня в сухом состоянии

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
1	30	70	90	10	13	У1	33,6	32,8	31,5	29,4
						У2	35,7	33,2	31,8	28,2
						У3	31,9	34,2	30,6	27,4
						У4	35,7	34,2	30,9	30,2
						У5	34,6	33,2	31,2	28,8
						Усред.	34,3	33,5	31,2	28,8
2	40	60	90	10	13	У1	48,9	48,4	46,1	42,7
						У2	50,4	50,4	45,2	41,9
						У3	46,5	46,9	43,9	43,6
						У4	50,9	51,9	43,0	40,2
						У5	47,9	49,4	45,7	41,1
						Усред.	48,9	49,4	44,8	41,9
3	50	50	90	10	13	У1	49,4	53,6	48,6	47,0
						У2	52,0	55,7	49,6	44,6
						У3	54,1	52,0	50,5	46,0
						У4	51,0	48,3	46,7	49,3

Продолжение табл. П. 3.1

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при величине прессирующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
						У5	53,6	53,0	47,6	45,6
						Усред.	52,0	52,5	48,6	46,5
4	30	70	100	0	13	У1	33,5	29,6	30,4	27,2
						У2	30,6	30,6	27,6	28,2
						У3	32,2	32,4	28,4	26,1
						У4	32,5	31,8	29,3	25,3
						У5	32,2	31,5	27,8	25,1
						Усред.	32,2	31,2	28,7	26,4
5	40	60	100	0	13	У1	52,0	50,2	46,3	46,8
						У2	49,0	48,7	51,6	45,4
						У3	47,5	51,7	47,7	44,0
						У4	51,0	52,2	49,6	46,3
						У5	50,5	48,2	45,8	44,5
						Усред.	50,0	50,2	48,2	45,4
6	50	50	100	0	13	У1	52,4	55,2	50,8	48,9
						У2	55,0	51,0	49,8	47,5
						У3	49,3	52,6	48,3	45,1
						У4	52,4	54,2	51,3	49,4
						У5	52,9	52,6	48,8	46,6
						Усред.	52,4	53,1	49,8	47,5

Окончание табл. П. 3.1

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
7	20	80	0	100	13	У1	12,2	22,3	25,3	26,9
						У2	12,5	23,6	26,9	25,8
						У3	11,5	22,5	26,6	28,0
						У4	11,8	20,3	24,3	26,4
						У5	12,0	21,7	24,8	27,4
						Усред.	12,0	22,1	25,6	26,9

Таблица П. 3.2

Влияние величины прессующего давления на предел прочности при сжатии искусственного камня в водонасыщенном состоянии

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
1	30	70	90	10	13	У1	22,4	19,8	19,9	16,3
						У2	20,2	19,3	17,7	15,6
						У3	21,3	21,6	18,2	16,1
						У4	21,5	21,4	19,1	16,6
						У5	21,1	21,8	17,1	15,9
						Усред.	21,3	20,8	18,4	16,1

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
2	40	60	90	10	13	У1	33,4	32,6	26,4	24,8
						У2	31,2	31,3	30,0	23,8
						У3	30,2	33,3	27,5	23,1
						У4	32,4	33,9	28,4	25,3
						У5	31,8	31,9	26,7	24,5
						Усред.	31,8	32,6	27,8	24,3
3	50	50	90	10	13	У1	40,2	43,2	36,7	30,5
						У2	43,4	39,4	37,1	33,7
						У3	37,8	41,1	34,6	29,9
						У4	40,6	42,3	37,4	32,4
						У5	41,0	41,5	34,2	34,0
						Усред.	40,6	41,5	36,0	32,1
4	30	70	100	0	13	У1	20,3	20,4	18,7	16,1
						У2	21,9	20,6	18,2	15,5
						У3	19,9	18,4	17,1	15,0
						У4	21,7	20,8	16,9	16,6
						У5	20,7	19,8	18,2	15,8
						Усред.	20,9	20,0	17,8	15,8
5	40	60	100	0	13	У1	34,2	34,6	31,3	30,3
						У2	34,8	35,6	32,9	29,5

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
						У3	34,2	33,9	29,7	28,3
						У4	30,8	31,9	30,4	26,3
						У5	33,5	31,9	32,2	28,6
						Усред.	33,5	33,6	31,3	28,6
6	50	50	100	0	13	У1	44,7	41,3	41,5	36,3
						У2	43,0	40,4	37,2	34,9
						У3	40,9	45,2	38,0	37,0
						У4	43,4	43,9	40,4	34,2
						У5	43,0	44,3	36,9	35,6
						Усред.	43,0	43,0	38,8	35,6
7	20	80	0	100	13	У1	4,9	8,5	9,8	10,8
						У2	4,7	8,1	10,9	10,4
						У3	4,5	8,9	10,0	11,2
						У4	4,5	9,0	10,6	10,6
						У5	4,9	8,5	9,7	11,0
						Усред.	4,7	8,6	10,2	10,8

**Формирование коэффициента водостойкости искусственного каменного материала
в зависимости от величины прессующего давления**

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Коэффициент водостойкости материала, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
1	30	70	90	10	13	У1	0,67	0,60	0,63	0,55
						У2	0,57	0,58	0,56	0,55
						У3	0,67	0,63	0,60	0,59
						У4	0,60	0,63	0,62	0,55
						У5	0,61	0,66	0,55	0,55
						Усред.	0,62	0,62	0,59	0,56
2	40	60	90	10	13	У1	0,68	0,67	0,57	0,58
						У2	0,62	0,62	0,66	0,57
						У3	0,65	0,71	0,63	0,53
						У4	0,64	0,65	0,66	0,63
						У5	0,66	0,65	0,58	0,60
						Усред.	0,65	0,66	0,62	0,58
3	50	50	90	10	13	У1	0,81	0,81	0,76	0,65
						У2	0,84	0,71	0,75	0,76
						У3	0,70	0,79	0,68	0,65
						У4	0,80	0,88	0,80	0,66
						У5	0,77	0,78	0,72	0,75
						Усред.	0,78	0,79	0,74	0,69

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Коэффициент водостойкости материала, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
4	30	70	100	0	13	Y1	0,61	0,69	0,61	0,59
						Y2	0,72	0,67	0,66	0,55
						Y3	0,62	0,57	0,60	0,57
						Y4	0,67	0,65	0,58	0,65
						Y5	0,64	0,63	0,65	0,63
						Усред.	0,65	0,64	0,62	0,60
5	40	60	100	0	13	Y1	0,66	0,69	0,68	0,65
						Y2	0,71	0,73	0,64	0,65
						Y3	0,72	0,66	0,62	0,64
						Y4	0,60	0,61	0,61	0,57
						Y5	0,66	0,66	0,70	0,64
						Усред.	0,67	0,67	0,65	0,63
6	50	50	100	0	13	Y1	0,85	0,75	0,82	0,74
						Y2	0,78	0,79	0,75	0,73
						Y3	0,83	0,86	0,79	0,82
						Y4	0,83	0,81	0,79	0,69
						Y5	0,81	0,84	0,76	0,76
						Усред.	0,82	0,81	0,78	0,75
7	20	80	0	100	13	Y1	0,40	0,38	0,39	0,40
						Y2	0,38	0,34	0,41	0,40

Окончание табл. П.3

№ серии эксперимента	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Вода, % от массы сухих материалов	Коэффициент водостойкости материала, при величине прессующего давления, МПа				
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП		№ измерения выхода	15	20	25	30
						У3	0,39	0,39	0,38	0,40
						У4	0,38	0,44	0,44	0,40
						У5	0,41	0,39	0,39	0,40
						Усред.	0,39	0,39	0,40	0,40

Влияние частичной замены ОДКП природным кварцевым песком
на формирование свойств прессованного искусственного каменного материала

Таблица П. 4.1

**Формирование основных технико-эксплуатационных свойств искусственного каменного материала
при частичной замене ОДКП природным кварцевым песком**

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов					Результаты экспериментального исследования				
	Цемент	Песок + ОДКП	Песок (% от Песок + ОДКП)	ОДКП (% от Песок + ОДКП)	Вода	№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
1	10	90	10	90	13	У1	14,9	1,9	0,13	2,9
						У2	16,1	2,0	0,12	2,8
						У3	13,8	1,8	0,13	2,4
						У4	16,9	1,8	0,11	2,5
						У5	15,8	2,0	0,13	3,0
						Усред.	15,5	1,9	0,12	2,7
2	10	90	30	70	12	У1	19,8	4,4	0,22	2,8
						У2	21,4	4,7	0,22	2,7
						У3	22,0	3,7	0,17	2,4
						У4	17,4	4,2	0,24	2,6
						У5	19,4	5,1	0,26	2,9
						Усред.	20,0	4,4	0,22	2,7

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов					Результаты экспериментального исследования				
						№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжати (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжати (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
3	10	90	50	50	11	Y1	23,2	5,5	0,24	3,2
						Y2	23,4	5,1	0,22	3,3
						Y3	25,1	5,2	0,21	3,4
						Y4	22,7	5,6	0,24	3,4
						Y5	25,1	5,6	0,22	3,4
						Усред.	23,9	5,4	0,23	3,3
4	10	90	100	0	7	Y1	2,3	0,1	0,05	1,2
						Y2	2,4	0,1	0,04	1,2
						Y3	2,6	0,1	0,04	1,1
						Y4	2,6	0,1	0,04	1,1
						Y5	2,6	0,1	0,04	1,2
						Усред.	2,5	0,1	0,04	1,2
5	20	80	10	90	13	Y1	18,0	7,4	0,41	5,0
						Y2	17,7	7,2	0,41	4,8
						Y3	18,0	6,5	0,36	5,2
						Y4	18,7	7,0	0,37	5,5
						Y5	18,6	7,5	0,40	4,8
						Усред.	18,2	7,1	0,39	5,1
6	20	80	30	70	12	Y1	26,6	10,9	0,41	6,2
						Y2	25,5	11,4	0,45	6,5

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов					Результаты экспериментального исследования				
						№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжати (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжати (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
						У3	25,0	11,2	0,45	6,9
						У4	28,7	12,1	0,42	6,7
						У5	27,1	11,4	0,42	6,4
						Усред.	26,6	11,4	0,43	6,5
7	20	80	50	50	11	У1	26,9	12,4	0,46	6,5
						У2	27,4	12,3	0,45	5,8
						У3	27,7	12,0	0,43	6,2
						У4	29,1	11,5	0,39	7,0
						У5	28,8	12,8	0,44	7,0
						Усред.	28,0	12,2	0,44	6,5
						8	20	80	100	0
У2	11,3	5,5	0,48	3,1						
У3	11,9	5,2	0,44	3,4						
У4	11,6	5,2	0,45	3,6						
У5	11,1	5,7	0,51	3,6						
Усред.	11,4	5,4	0,47	3,5						
9	30	70	10	90	13	У1	27,4	13,2	0,48	7,4
						У2	27,7	13,0	0,47	7,6
						У3	26,1	14,5	0,56	7,2
						У4	25,6	14,2	0,56	7,1

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов					Результаты экспериментального исследования				
						№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжати (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжати (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
						У5	27,7	14,1	0,51	7,6
						Усред.	26,9	13,8	0,51	7,4
10	30	70	30	70	13	У1	31,1	16,9	0,54	8,6
						У2	31,1	16,7	0,54	8,4
						У3	33,4	16,2	0,49	8,2
						У4	32,4	16,5	0,51	8,1
						У5	32,4	17,2	0,53	8,6
						Усред.	32,1	16,7	0,52	8,4
11	30	70	50	50	12	У1	31,0	16,8	0,54	6,9
						У2	31,7	16,5	0,52	7,1
						У3	33,6	16,1	0,48	7,9
						У4	32,9	17,5	0,53	7,5
						У5	32,3	17,1	0,53	7,4
						Усред.	32,3	16,8	0,52	7,4
12	30	70	100	0	12	У1	29,5	18,7	0,68	6,5
						У2	27,2	17,9	0,62	7,1
						У3	28,3	17,6	0,61	6,0
						У4	30,0	19,0	0,64	6,5
						У5	28,0	18,3	0,65	6,9
						Усред.	28,6	18,3	0,64	6,6

Влияние состава и влажности формовочных смесей на свойства прессованного камня с комбинированным наполнителем

Таблица П. 5.1

**Влияние формовочной влажности на предел прочности при сжатии
составов искусственного прессованного камня в сухом состоянии**

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
1	50	50	90	10	У1	21,2	25,2	36,5	42,3	47,0	54,6	49,3	48,2
					У2	19,0	27,9	42,5	44,0	42,5	47,8	47,4	49,2
					У3	20,2	25,2	39,3	40,2	49,7	56,2	45,5	46,4
					У4	20,4	29,5	44,1	39,8	42,5	48,9	43,6	44,9
					У5	18,2	26,3	40,1	45,3	44,3	52,5	51,2	47,8
					Усред.	19,8	26,8	40,5	42,3	45,2	52,0	47,4	47,3
2	50	50	50	50	У1	18,3	32,6	50,6	56,1	55,8	60,7	61,2	62,4
					У2	19,6	32,9	43,9	45,9	55,8	65,2	60,0	58,2
					У3	16,7	33,9	50,1	50,5	64,2	67,7	63,6	64,8
					У4	17,6	31,9	45,8	53,6	58,2	62,0	59,4	57,6
					У5	19,4	31,6	48,2	49,0	63,0	63,9	61,8	57,0
					Усред.	18,3	32,6	47,7	51,0	59,4	63,9	61,2	60,0

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
3	30	70	90	10	Y1	10,1	20,5	25,5	26,4	30,0	36,0	35,8	32,2
					Y2	11,8	17,6	21,2	25,4	30,0	36,0	33,5	31,6
					Y3	11,8	16,7	20,5	23,6	28,8	33,3	31,5	29,8
					Y4	11,2	19,2	23,9	24,9	27,3	33,3	32,8	29,1
					Y5	11,2	18,5	22,8	26,7	30,9	32,9	33,8	32,2
					Усред.	11,2	18,5	22,8	25,4	29,4	34,3	33,5	31,0
4	30	70	50	50	Y1	11,4	19,7	22,1	27,9	31,6	33,4	30,6	29,8
					Y2	11,4	19,7	24,0	32,3	31,3	32,4	31,3	31,4
					Y3	12,5	18,5	25,7	27,6	33,2	34,4	33,6	33,3
					Y4	12,5	20,9	26,7	27,6	32,5	32,1	34,6	34,6
					Y5	12,2	19,7	24,0	30,0	30,9	33,1	32,9	31,0
					Усред.	12,0	19,7	24,5	29,1	31,9	33,1	32,6	32,0
5	50	50	70	30	Y1	23,9	33,7	50,0	71,7	69,9	74,0	71,4	62,8
					Y2	21,7	28,7	52,5	58,1	62,5	72,5	67,2	67,4
					Y3	22,6	30,0	52,5	61,4	64,5	74,0	69,3	64,8
					Y4	24,6	31,2	46,0	68,5	67,9	76,2	74,9	68,7
					Y5	21,2	32,4	49,0	63,3	71,2	73,3	70,7	66,8
					Усред.	22,8	31,2	50,0	64,6	67,2	74,0	70,7	66,1

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
6	30	70	70	30	У1	13,8	19,1	22,1	29,0	31,6	34,4	29,5	28,7
					У2	11,8	19,1	23,8	26,1	29,8	31,2	31,6	30,8
					У3	11,5	20,9	23,3	29,8	30,4	30,5	29,1	31,7
					У4	13,1	21,7	23,6	27,3	33,2	34,1	32,2	29,9
					У5	12,4	19,7	26,2	29,8	30,1	33,8	32,6	31,4
					Усред.	12,5	20,1	23,8	28,4	31,0	32,8	31,0	30,5
7	40	60	90	10	У1	13,9	23,4	34,2	40,6	41,9	50,9	49,9	50,2
					У2	13,9	24,4	35,6	37,0	40,7	48,9	48,5	46,8
					У3	13,2	25,3	33,5	38,6	40,7	46,9	46,6	45,8
					У4	14,6	25,6	32,8	41,8	43,2	47,9	45,1	51,6
					У5	13,9	24,4	34,9	39,0	41,1	49,9	47,5	49,2
					Усред.	13,9	24,6	34,2	39,4	41,5	48,9	47,5	48,7
8	40	60	50	50	У1	14,6	21,2	32,6	36,8	47,0	50,3	43,8	45,8
					У2	12,9	22,3	30,0	32,6	41,2	47,9	47,9	42,6
					У3	12,9	20,4	33,5	37,5	46,1	45,5	47,9	49,4
					У4	14,1	20,4	30,0	33,3	42,5	45,0	44,7	43,9
					У5	13,5	21,8	30,4	36,8	44,7	50,8	46,1	44,8
					Усред.	13,6	21,2	31,3	35,4	44,3	47,9	46,1	45,3

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
9	40	60	70	30	Y1	15,3	24,9	32,4	41,8	49,5	56,2	53,1	50,3
					Y2	13,7	22,5	27,8	40,2	46,6	51,8	52,0	53,4
					Y3	14,3	26,3	33,7	38,6	52,4	57,3	54,2	49,8
					Y4	14,7	22,5	30,0	37,0	46,1	56,8	55,2	55,5
					Y5	14,9	23,4	30,6	43,4	48,0	53,4	51,0	52,9
					Усред.	14,6	23,9	30,9	40,2	48,5	55,1	53,1	52,4
10	30	70	100	0	Y1	7,3	19,7	27,4	26,9	28,1	31,9	30,5	30,6
					Y2	7,0	19,7	25,5	28,5	29,9	32,8	29,3	27,9
					Y3	8,0	22,7	28,4	26,3	30,8	33,5	31,4	30,0
					Y4	7,1	20,6	25,2	28,8	29,6	31,2	29,9	28,5
					Y5	7,5	22,3	25,0	26,6	28,1	31,6	31,4	28,5
					Усред.	7,4	21,0	26,3	27,4	29,3	32,2	30,5	29,1
11	40	60	100	0	Y1	19,5	32,2	41,0	48,2	47,8	52,0	52,0	49,9
					Y2	19,5	32,8	46,2	45,0	47,8	51,5	49,5	48,4
					Y3	18,0	35,5	44,5	42,3	45,4	49,0	48,5	46,0
					Y4	18,0	34,8	41,4	44,1	49,2	48,0	50,0	50,3
					Y5	17,9	32,2	44,9	45,5	46,4	49,5	47,5	47,4
					Усред.	18,6	33,5	43,6	45,0	47,3	50,0	49,5	48,4

Окончание табл. П. 5.1

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
12	50	50	100	0	У1	20,7	35,2	45,2	48,6	51,5	49,8	51,0	52,5
					У2	23,3	34,9	47,6	54,6	53,6	51,9	49,5	49,5
					У3	20,7	37,0	50,5	48,1	50,5	54,5	52,5	51,5
					У4	22,7	36,3	52,5	47,1	50,0	53,4	53,0	51,0
					У5	20,5	34,5	47,1	52,1	52,0	52,4	49,0	48,0
					Усред.	21,6	35,6	48,6	50,1	51,5	52,4	51,0	50,5

**Влияние формовочной влажности на предел прочности при сжатии
составов искусственного прессованного камня в водонасыщенном состоянии**

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
1	50	50	90	10	У1	13,9	19,2	29,8	32,0	36,2	40,6	36,4	34,5
					У2	13,1	17,2	29,5	30,1	32,7	40,6	34,6	36,3
					У3	13,0	17,8	28,3	31,1	33,1	40,2	37,4	35,2
					У4	14,2	18,7	27,4	33,6	35,5	41,8	35,6	37,0
					У5	13,4	19,6	31,0	31,7	36,5	39,8	36,0	36,6
					Усред.	13,5	18,5	29,2	31,7	34,8	40,6	36,0	35,9
2	50	50	50	50	У1	10,7	17,9	26,9	31,1	38,1	39,4	40,8	39,3
					У2	9,7	18,0	28,9	29,2	36,7	43,6	36,8	38,2
					У3	9,5	19,0	29,7	33,0	35,9	43,2	40,0	37,0
					У4	10,6	19,9	28,0	29,9	39,3	38,6	37,2	38,2
					У5	10,5	18,2	29,5	32,3	37,0	42,7	41,2	36,3
					Усред.	10,2	18,6	28,6	31,1	37,4	41,5	39,2	37,8
3	30	70	90	10	У1	5,7	9,4	13,0	14,2	18,3	21,5	19,6	18,5
					У2	5,3	9,8	12,5	14,9	16,4	21,9	20,4	17,2
					У3	5,2	10,2	12,0	13,6	18,5	20,4	20,4	19,9
					У4	5,8	10,1	12,3	15,2	17,1	20,7	19,4	17,6

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
					У5	5,6	9,5	12,8	14,5	17,8	21,9	19,2	18,3
					Усред.	5,5	9,8	12,5	14,5	17,6	21,3	19,8	18,3
4	30	70	50	50	У1	4,9	9,1	10,7	14,5	16,9	18,2	15,9	16,6
					У2	5,1	8,7	11,8	12,7	16,4	17,9	17,1	15,2
					У3	4,7	8,3	11,8	14,2	17,1	16,8	17,1	17,6
					У4	4,6	8,2	11,0	13,2	15,9	16,5	16,3	15,6
					У5	5,1	9,2	11,3	13,8	16,6	18,2	16,6	16,5
					Усред.	4,9	8,7	11,3	13,7	16,6	17,5	16,6	16,6
5	50	50	70	30	У1	13,7	20,3	34,0	46,5	47,0	49,0	54,2	47,4
					У2	15,3	21,1	33,7	44,8	44,7	52,2	46,2	43,3
					У3	13,7	18,5	31,7	39,9	44,7	57,0	47,7	47,4
					У4	15,0	21,1	31,4	42,6	50,8	55,4	52,7	45,6
					У5	14,4	20,5	34,3	45,7	47,9	52,8	50,2	44,2
					Усред.	14,4	20,3	33,0	43,9	47,0	53,3	50,2	45,6
6	30	70	70	30	У1	5,3	9,3	11,5	14,8	16,7	18,6	15,7	16,5
					У2	5,6	9,8	12,4	15,1	16,7	18,4	18,0	18,2
					У3	5,5	9,3	10,3	14,5	16,4	17,3	16,2	16,0
					У4	4,5	8,6	11,2	14,2	16,4	19,3	17,1	15,5

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
					У5	6,0	8,9	13,1	15,4	17,4	18,4	18,5	16,3
					Усред.	5,4	9,2	11,7	14,8	16,7	18,4	17,1	16,5
7	40	60	90	10	У1	7,9	13,3	21,6	24,0	27,1	35,0	28,6	30,6
					У2	7,6	13,0	19,0	22,8	25,3	28,3	32,2	29,1
					У3	7,3	14,6	19,2	25,4	23,8	31,5	27,7	28,2
					У4	7,9	14,4	21,0	24,0	28,2	33,7	31,0	32,7
					У5	7,8	14,7	20,2	23,8	26,1	30,5	28,0	27,9
					Усред.	7,7	14,0	20,2	24,0	26,1	31,8	29,5	29,7
8	40	60	50	50	У1	6,4	9,6	14,1	17,7	25,3	22,9	25,9	23,2
					У2	6,3	9,8	16,1	18,2	20,7	24,1	23,5	20,7
					У3	6,0	10,2	14,7	17,2	20,7	25,9	23,0	24,3
					У4	6,0	10,7	15,0	16,6	24,6	27,4	21,2	21,6
					У5	6,8	10,7	15,2	18,8	23,7	26,7	24,0	23,8
					Усред.	6,3	10,2	15,0	17,7	23,0	25,4	23,5	22,7
9	40	60	70	30	У1	7,1	13,6	17,3	22,1	27,5	31,6	31,6	30,9
					У2	7,6	11,7	17,5	22,8	29,7	32,9	33,8	27,5
					У3	6,6	12,6	16,3	24,0	27,2	33,9	31,3	29,4
					У4	7,2	12,8	17,6	25,2	30,0	34,9	30,3	33,4

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
					У5	8,0	12,8	17,8	22,4	28,6	34,6	32,5	33,4
					Усред.	7,3	12,7	17,3	23,3	28,6	33,6	31,9	30,9
10	30	70	100	0	У1	3,9	10,4	15,9	16,7	20,7	20,5	18,4	19,2
					У2	3,4	10,7	15,0	16,2	18,2	19,2	19,2	16,0
					У3	3,6	11,3	14,7	17,4	17,7	22,6	20,7	18,9
					У4	4,1	12,0	14,4	15,6	17,7	22,6	19,2	17,1
					У5	4,0	11,1	15,0	16,1	19,7	19,6	18,4	17,8
					Усред.	3,8	11,1	15,0	16,4	18,8	20,9	19,2	17,8
11	40	60	100	0	У1	10,8	20,0	29,0	28,8	32,4	36,2	32,2	33,2
					У2	11,0	20,4	27,4	25,6	29,6	34,8	33,8	31,6
					У3	10,6	20,6	26,6	26,5	29,6	30,8	29,0	28,2
					У4	11,6	21,6	25,5	31,1	32,1	33,8	31,6	29,1
					У5	11,1	21,4	27,1	32,0	32,1	31,8	34,5	32,9
					Усред.	11,0	20,8	27,1	28,8	31,2	33,5	32,2	31,0
12	50	50	100	0	У1	14,1	25,5	36,2	41,2	43,8	43,0	41,2	39,9
					У2	14,8	25,7	36,9	36,0	40,9	44,7	43,2	39,5
					У3	16,4	28,1	35,8	42,0	42,5	43,4	37,5	39,1
					У4	15,3	26,8	36,9	39,6	37,1	42,1	39,2	41,9

Окончание табл. П. 5.2

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Предел прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии, МПа, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
					У5	15,9	23,9	38,7	39,2	44,2	41,7	42,8	39,1
					Усред.	15,3	26,0	36,9	39,6	41,7	43,0	40,8	39,9

Таблица П. 5.3

Влияние формовочной влажности на коэффициент водостойкости искусственного прессованного камня

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Коэффициент водостойкости, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
1	50	50	90	10	У1	0,66	0,76	0,82	0,76	0,77	0,74	0,74	0,71
					У2	0,69	0,62	0,69	0,68	0,77	0,85	0,73	0,74
					У3	0,64	0,70	0,72	0,77	0,66	0,72	0,82	0,76
					У4	0,70	0,63	0,62	0,85	0,84	0,86	0,82	0,82
					У5	0,73	0,75	0,77	0,70	0,82	0,76	0,70	0,77
					Усред.	0,68	0,69	0,72	0,75	0,77	0,78	0,76	0,76

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Коэффициент водостойкости, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
2	50	50	50	50	Y1	0,59	0,55	0,53	0,55	0,68	0,65	0,67	0,63
					Y2	0,49	0,55	0,66	0,64	0,66	0,67	0,61	0,66
					Y3	0,57	0,56	0,59	0,65	0,56	0,64	0,63	0,57
					Y4	0,60	0,62	0,61	0,56	0,67	0,62	0,63	0,66
					Y5	0,54	0,58	0,61	0,66	0,59	0,67	0,67	0,64
					Усред.	0,56	0,57	0,60	0,61	0,63	0,65	0,64	0,63
3	30	70	90	10	Y1	0,56	0,46	0,51	0,54	0,61	0,60	0,55	0,57
					Y2	0,45	0,56	0,59	0,59	0,55	0,61	0,61	0,54
					Y3	0,44	0,61	0,58	0,58	0,64	0,61	0,65	0,67
					Y4	0,52	0,52	0,51	0,61	0,62	0,62	0,59	0,60
					Y5	0,50	0,51	0,56	0,54	0,58	0,67	0,57	0,57
					Усред.	0,49	0,53	0,55	0,57	0,60	0,62	0,59	0,59
4	30	70	50	50	Y1	0,43	0,46	0,49	0,52	0,54	0,54	0,52	0,56
					Y2	0,45	0,44	0,49	0,39	0,53	0,55	0,55	0,48
					Y3	0,38	0,45	0,46	0,52	0,52	0,49	0,51	0,53
					Y4	0,37	0,39	0,41	0,48	0,49	0,51	0,47	0,45
					Y5	0,42	0,47	0,47	0,46	0,54	0,55	0,50	0,53
					Усред.	0,41	0,44	0,46	0,47	0,52	0,53	0,51	0,51

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Коэффициент водостойкости, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
5	50	50	70	30	Y1	0,57	0,60	0,68	0,65	0,67	0,66	0,76	0,76
					Y2	0,70	0,74	0,64	0,77	0,71	0,72	0,69	0,64
					Y3	0,61	0,62	0,60	0,65	0,69	0,77	0,69	0,73
					Y4	0,61	0,68	0,68	0,62	0,75	0,73	0,70	0,66
					Y5	0,68	0,63	0,70	0,72	0,67	0,72	0,71	0,66
					Усред.	0,63	0,65	0,66	0,68	0,70	0,72	0,71	0,69
6	30	70	70	30	Y1	0,39	0,49	0,52	0,51	0,53	0,54	0,53	0,58
					Y2	0,48	0,52	0,52	0,58	0,56	0,59	0,57	0,59
					Y3	0,48	0,44	0,44	0,49	0,54	0,57	0,56	0,50
					Y4	0,35	0,40	0,48	0,52	0,49	0,57	0,53	0,52
					Y5	0,48	0,45	0,50	0,52	0,58	0,54	0,57	0,52
					Усред.	0,43	0,46	0,49	0,52	0,54	0,56	0,55	0,54
7	40	60	90	10	Y1	0,57	0,57	0,63	0,59	0,65	0,69	0,57	0,61
					Y2	0,55	0,53	0,53	0,62	0,62	0,58	0,66	0,62
					Y3	0,55	0,57	0,57	0,66	0,58	0,67	0,60	0,62
					Y4	0,54	0,56	0,64	0,57	0,65	0,70	0,69	0,63
					Y5	0,56	0,60	0,58	0,61	0,64	0,61	0,59	0,57
					Усред.	0,55	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65	0,62	0,61

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Коэффициент водостойкости, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
8	40	60	50	50	Y1	0,44	0,45	0,43	0,48	0,54	0,45	0,59	0,51
					Y2	0,49	0,44	0,53	0,56	0,50	0,50	0,49	0,49
					Y3	0,46	0,50	0,44	0,46	0,45	0,57	0,48	0,49
					Y4	0,42	0,53	0,50	0,50	0,58	0,61	0,47	0,49
					Y5	0,51	0,49	0,50	0,51	0,53	0,53	0,52	0,53
					Усред.	0,46	0,48	0,48	0,50	0,52	0,53	0,51	0,50
9	40	60	70	30	Y1	0,46	0,55	0,53	0,53	0,56	0,56	0,59	0,61
					Y2	0,55	0,52	0,63	0,57	0,64	0,64	0,65	0,51
					Y3	0,46	0,48	0,48	0,62	0,52	0,59	0,58	0,59
					Y4	0,49	0,57	0,59	0,68	0,65	0,62	0,55	0,60
					Y5	0,54	0,55	0,58	0,52	0,60	0,65	0,64	0,63
					Усред.	0,50	0,53	0,56	0,58	0,59	0,61	0,60	0,59
10	30	70	100	0	Y1	0,53	0,53	0,58	0,62	0,74	0,64	0,60	0,63
					Y2	0,49	0,54	0,59	0,57	0,61	0,59	0,66	0,57
					Y3	0,46	0,50	0,52	0,66	0,57	0,67	0,66	0,63
					Y4	0,58	0,58	0,57	0,54	0,60	0,72	0,64	0,60
					Y5	0,52	0,50	0,60	0,60	0,70	0,62	0,59	0,62
					Усред.	0,51	0,53	0,57	0,60	0,64	0,65	0,63	0,61

№ серии экспер.	Состав смеси, масс. %		Состав заполнителя, масс. %		Коэффициент водостойкости, при влажности формовочной смеси, % от массы сухих материалов								
	Цемент	Заполнитель	Песок	ОДКП	№ измерения выхода	5	7,5	10	11	12	13	14	15
11	40	60	100	0	У1	0,55	0,62	0,71	0,60	0,68	0,70	0,62	0,67
					У2	0,56	0,62	0,59	0,57	0,62	0,68	0,68	0,65
					У3	0,59	0,58	0,60	0,63	0,65	0,63	0,60	0,61
					У4	0,64	0,62	0,62	0,71	0,65	0,70	0,63	0,58
					У5	0,62	0,67	0,60	0,70	0,69	0,64	0,73	0,69
					Усред.	0,59	0,62	0,62	0,64	0,66	0,67	0,65	0,64
12	50	50	100	0	У1	0,68	0,72	0,80	0,85	0,85	0,86	0,81	0,76
					У2	0,64	0,74	0,77	0,66	0,76	0,86	0,87	0,80
					У3	0,79	0,76	0,71	0,87	0,84	0,80	0,71	0,76
					У4	0,67	0,74	0,70	0,84	0,74	0,79	0,74	0,82
					У5	0,78	0,69	0,82	0,75	0,85	0,80	0,88	0,82
					Усред.	0,71	0,73	0,76	0,79	0,81	0,82	0,80	0,79

Прочность бетона в зависимости от влажности смеси, количества вводимого цемента и добавки (метилцеллюлозы)

Таблица П.6.1

Результаты эксперимента и регрессионный анализ модели

№ серии опыта	Матрица эксперимента			Среднее ариф. Y_u	Дисп. измер. S_u^2	\hat{Y}_u	Δu	$\Delta^2 u$
	X_1	X_2	X_3					
1	+	-	-	37,88	0,397	38,64	0,76	0,5776
2	-	+	-	10,68	0,03	11,29	0,61	0,3721
3	-	-	+	11,2	0,04	11	-0,2	0,04
4	+	+	+	34,07	5,28	34,03	-0,04	0,0016
5	+	-	+	31,06	0,409	31,64	0,58	0,3364
6	-	+	+	31,06	0,078	13,38	0,73	0,5329
7	+	+	-	41,2	4,245	41,02	-0,18	0,0324
8	-	-	-	8,95	0,825	8,91	-0,04	0,0016
9	+	0	0	36,1	0,909	36,33	0,23	0,0529
10	-	0	0	10,9	0,069	11,15	0,25	0,0625
11	0	+	0	26,1	0,91	26,19	0,09	0,0081
12	0	-	0	23,7	0,49	23,8	0,1	0,01
13	0	0	+	23,7	1,33	23,77	0,07	0,0049
14	0	0	-	26,23	0,493	26,22	-0,01	0,0001
15	0	0	0	24,86	6,77	25	0,14	0,0196
				Σs_i^2	22,275		$SS_{\text{на}}$	2,0527

Критерий Кохрена

$G_{\text{табл.}} = 0,3346$	α 0,05	f 2	N 15	$G_{\text{расч.}} = 0,3038$
Условие $G_{\text{расч.}} < G_{\text{табл.}}$ выполняется				

Критерий Стьюдента

$S_{(\bar{Y})}^2 = 0,4951$	$S_{\text{св}} = 0,7036$	α 0,05	f 30	t 2,042	Λ 6

Критерий Фишера

$F_{\text{табл.}} = 2,275$	$S_{\text{на}}^2$ 0,228	α 0,05	f_1 9	f_2 30	$F_{\text{св}} = 0,46$
Условие $F_{\text{св}} < F_{\text{табл.}}$ выполняется					

Заключение: модель адекватна.

Формирование предела прочности при сжатии (МПа) прессованного
искусственного строительного камня в зависимости
от содержания цемента и добавки акрила

Таблица П. 7.1

Результаты эксперимента и регрессионный анализ модели

№ серии опыта	Матрица эксперимента		Среднее арифме- тическое, Y=X0, МПа	Дисперсия измерения	\hat{Y}_u	Δu	$\Delta^2 u$
	X ₁	X ₂					
1	1	1	22,94	7,11	22,47	-0,47	0,22
2	1	-1	36,78	6,75	36,94	0,16	0,02
3	-1	1	12,68	5,60	13,67	0,99	0,98
4	-1	-1	7,78	2,27	9,39	1,61	2,61
5	1	0	23,42	2,28	26,13	2,71	7,36
6	-1	0	8,16	3,17	7,96	-0,20	0,04
7	0	1	17,09	1,19	18,07	0,98	0,97
8	0	-1	23,43	0,29	23,17	-0,26	0,07
9	0	0	17,20	1,68	17,05	-0,15	0,02
			$\sum S_i^2$	30,35		$SS_{на}$	12,29

Критерий Кохрена

$G_{табл.} =$	0,4775	α	f	N	$G_{расч.} =$	0,23
		0,05	2	9		
Условие $G_{расч.} < G_{табл.}$ выполняется						

Критерий Стьюдента

$S_{(\bar{Y})}^2 =$	1,12	$S_{эв} =$	1,06	α	f	t	Λ
				0,05	18	2,104	5

Критерий Фишера

$F_{табл.} =$	2,946	$S_{на}^2$	α	f ₁	f ₂	$F_{эв} =$	2,73
		12,29	0,05	4	18		
Условие $F_{эв} < F_{табл.}$ выполняется							

Закключение: модель адекватна.

Влияние СДО на свойства прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП

Таблица П. 8.1

Формирование основных технико-эксплуатационных характеристик прессованного каменного материала, модифицированного СДО

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Содержание добавки СДО, % от массы цемента	Результаты экспериментального исследования				
	Цемент	ОДКП	Вода		№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
1.1	15	85	13	0	Y1	16,9	3,5	0,21	4,2
					Y2	18,3	3,6	0,20	4,1
					Y3	15,7	3,3	0,21	3,6
					Y4	19,2	3,4	0,18	3,7
					Y5	18,0	3,7	0,21	4,4
					Усред.	17,6	3,5	0,20	4,0
1.2	15	85	12,6	0,015	Y1	17,5	3,3	0,19	4,2
					Y2	18,9	3,5	0,18	4,1
					Y3	19,5	2,7	0,14	3,6
					Y4	15,4	3,2	0,21	3,8
					Y5	17,2	3,8	0,22	4,3
					Усред.	17,7	3,3	0,19	4,0
1.3	15	85	12,2	0,03	Y1	16,0	3,7	0,23	4,0
					Y2	16,4	3,2	0,20	3,9
					Y3	18,5	3,2	0,17	4,3
					Y4	18,9	3,6	0,19	4,2
					Y5	19,2	3,3	0,17	4,1
					Усред.	17,8	3,4	0,19	4,1
1.4	15	85	12	0,045	Y1	16,6	3,4	0,20	4,1
					Y2	17,3	3,1	0,18	4,2
					Y3	18,7	3,1	0,17	4,0
					Y4	18,9	3,2	0,17	3,9
					Y5	18,5	3,2	0,17	4,3
					Усред.	18,0	3,2	0,18	4,1
1.5	15	85	11,9	0,06	Y1	17,3	3,6	0,21	4,0
					Y2	17,0	3,5	0,21	3,8
					Y3	17,3	3,2	0,19	4,1
					Y4	18,0	3,4	0,19	4,3

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Содержание добавки СДО, % от массы цемента	Результаты экспериментального исследования				
					№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
					Y5	17,9	3,7	0,21	3,8
					Усред.	17,5	3,5	0,20	4,0
2.1	20	80	13	0	Y1	19,8	5,0	0,25	4,3
					Y2	19,0	5,2	0,27	4,5
					Y3	18,6	5,1	0,27	4,8
					Y4	21,4	5,5	0,26	4,6
					Y5	20,2	5,2	0,26	4,4
					Усред.	19,8	5,2	0,26	4,5
2.2	20	80	12,7	0,015	Y1	19,7	5,7	0,29	4,6
					Y2	20,1	5,7	0,28	4,1
					Y3	20,3	5,5	0,27	4,4
					Y4	21,3	5,3	0,25	5,0
					Y5	21,1	5,9	0,28	5,0
					Усред.	20,5	5,6	0,27	4,6
2.3	20	80	12,4	0,03	Y1	19,5	5,4	0,27	4,7
					Y2	19,7	5,4	0,27	4,1
					Y3	20,7	5,1	0,25	4,4
					Y4	20,3	5,1	0,25	4,6
					Y5	19,3	5,6	0,29	4,7
					Усред.	19,9	5,3	0,27	4,5
2.4	20	80	12,3	0,045	Y1	20,7	5,3	0,25	4,4
					Y2	20,9	5,2	0,25	4,5
					Y3	19,7	5,8	0,29	4,3
					Y4	19,3	5,7	0,29	4,2
					Y5	20,9	5,6	0,27	4,5
					Усред.	20,3	5,5	0,27	4,4
2.5	20	80	12,2	0,06	Y1	19,4	5,4	0,28	4,7
					Y2	19,4	5,3	0,27	4,6
					Y3	20,8	5,1	0,25	4,5
					Y4	20,2	5,2	0,26	4,5
					Y5	20,2	5,5	0,27	4,7
					Усред.	20,0	5,3	0,27	4,6
3.1	25	75	13	0	Y1	21,2	6,8	0,32	5,1
					Y2	21,7	6,7	0,31	5,2
					Y3	23,0	6,5	0,28	5,8
					Y4	22,5	7,1	0,31	5,5
					Y5	22,1	6,9	0,31	5,5
					Усред.	22,1	6,8	0,31	5,4

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Содержание добавки СДО, % от массы цемента	Результаты экспериментального исследования				
					№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
3.2	25	75	12,7	0,015	Y1	21,0	7,0	0,33	5,6
					Y2	22,5	7,2	0,32	5,4
					Y3	19,2	6,6	0,34	4,7
					Y4	23,5	6,7	0,29	4,9
					Y5	21,8	7,5	0,34	5,9
					Усред.	21,6	7,0	0,33	5,3
3.3	25	75	12,4	0,03	Y1	21,7	7,0	0,32	5,5
					Y2	23,0	7,4	0,32	5,4
					Y3	24,1	5,8	0,24	4,8
					Y4	19,1	6,7	0,35	5,1
					Y5	21,7	8,1	0,37	5,7
					Усред.	21,9	7,0	0,32	5,3
3.4	25	75	12,3	0,045	Y1	20,9	7,3	0,35	5,2
					Y2	20,4	6,5	0,32	5,1
					Y3	23,1	6,5	0,28	5,7
					Y4	23,5	7,2	0,31	5,5
					Y5	23,1	6,5	0,28	5,4
					Усред.	22,2	6,8	0,31	5,4
3.5	25	75	12,3	0,06	Y1	21,1	7,4	0,35	5,3
					Y2	20,2	6,7	0,33	5,5
					Y3	22,9	6,9	0,30	5,1
					Y4	23,1	7,0	0,30	5,0
					Y5	22,7	7,1	0,31	5,6
					Усред.	22,0	7,0	0,32	5,3
4.1	30	70	13	0	Y1	30,0	12,7	0,42	6,8
					Y2	28,5	12,3	0,43	6,6
					Y3	29,1	11,2	0,39	7,1
					Y4	30,3	12,0	0,39	7,5
					Y5	29,1	12,8	0,44	6,6
					Усред.	29,4	12,2	0,42	6,9
4.2	30	70	12,8	0,015	Y1	29,9	11,3	0,38	6,6
					Y2	27,8	11,8	0,42	6,8
					Y3	27,3	11,6	0,42	7,3
					Y4	31,3	12,5	0,40	7,0
					Y5	28,7	11,8	0,41	6,8
					Усред.	29,0	11,8	0,41	6,9
4.3	30	70	12,6	0,03	Y1	29,4	12,4	0,42	6,9
					Y2	28,2	12,3	0,44	6,1
					Y3	30,9	12,0	0,39	6,6

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Содержание добавки СДО, % от массы цемента	Результаты экспериментального исследования				
					№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости	Предел прочности образцов при изгибе, МПа
					У4	30,6	11,5	0,38	7,5
					У5	27,9	12,8	0,46	7,5
					Усред.	29,4	12,2	0,42	6,9
					У1	27,7	12,3	0,44	7,2
4.4	30	70	12,5	0,045	У2	28,9	12,3	0,43	6,3
					У3	30,4	11,8	0,39	6,8
					У4	29,8	11,7	0,39	7,1
					У5	29,2	12,8	0,44	7,2
					Усред.	29,2	12,2	0,42	6,9
					У1	30,4	11,5	0,38	6,9
					У2	30,1	11,3	0,38	7,1
4.5	30	70	12,4	0,06	У3	28,3	12,6	0,44	6,8
					У4	27,7	12,4	0,45	6,6
					У5	29,5	12,2	0,42	7,1
					Усред.	29,2	12,0	0,41	6,9

Исследование влияния добавки RheoFIT 774 на свойства
прессованного искусственного каменного материала на основе ОДКП

Таблица П. 9.1

**Влияние добавки RheoFIT 774 на водостойкость
прессованного каменного материала на основе ОДКП**

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Содержание RheoFIT, л на 100 кг цемента	Результаты экспериментального исследования			
	Цемент	ОДКП	Вода		№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости
1	10	90	13	0	У1	23,1	13,3	0,58
					У2	22,3	14,0	0,63
					У3	19,7	12,0	0,61
					У4	21,6	13,0	0,60
					У5	20,3	14,2	0,70
					Усред.	21,4	13,3	0,62
2	20	80	13	0	У1	30,8	20,2	0,66
					У2	32,0	21,2	0,66
					У3	31,1	18,4	0,59
					У4	30,2	19,2	0,64
					У5	29,9	21,0	0,70
					Усред.	30,8	20,0	0,65
3	30	70	13	0	У1	35,5	28,7	0,81
					У2	37,8	24,5	0,65
					У3	41,3	25,3	0,61
					У4	40,1	27,9	0,70
					У5	38,2	26,6	0,70
					Усред.	38,6	26,6	0,69
4	10	90	13	0,2	У1	24,4	18,2	0,75
					У2	24,2	20,8	0,86
					У3	22,7	18,8	0,83
					У4	25,4	19,8	0,78
					У5	24,2	21,4	0,88
					Усред.	24,2	19,8	0,82

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Содержание RheoFIT, л на 100 кг цемента	Результаты экспериментального исследования			
					№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости
5	20	80	13	0,2	Y1	37,0	22,8	0,62
					Y2	29,9	25,6	0,86
					Y3	33,3	22,1	0,66
					Y4	35,6	24,7	0,69
					Y5	32,3	22,3	0,69
					Усред.	33,6	23,5	0,70
6	20	80	11	0,2	Y1	33,8	32,1	0,95
					Y2	33,1	29,2	0,88
					Y3	35,5	28,6	0,81
					Y4	37,6	26,3	0,70
					Y5	34,1	29,8	0,87
					Усред.	34,8	29,2	0,84
7	30	70	13	0,2	Y1	38,4	30,4	0,79
					Y2	40,1	32,5	0,81
					Y3	41,3	30,1	0,73
					Y4	42,5	29,2	0,69
					Y5	42,1	31,3	0,74
					Усред.	40,9	30,7	0,75
8	30	70	11	0,2	Y1	41,9	35,3	0,84
					Y2	39,4	36,8	0,93
					Y3	46,2	39,7	0,86
					Y4	46,2	36,8	0,80
					Y5	40,2	35,3	0,88
					Усред.	42,8	36,8	0,86

Влияние добавки Пенетрон Адмикс на свойства прессованного
искусственного каменного материала на основе ОДКП

Таблица П. 10.1

**Формирование прочностных характеристик и водостойкости прессованного
каменного материала, модифицированного добавкой Пенетрон Адмикс**

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Пенетрон Адмикс, % от массы цемента	Результаты экспериментального исследования			
	Цемент	ОДКП	Вода		№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости
1	10	90	13	1	У1	20,3	12,2	0,60
					У2	22,5	14,3	0,64
					У3	20,3	13,2	0,65
					У4	23,8	14,8	0,62
					У5	21,2	13,5	0,64
					Усред.	21,6	13,6	0,63
2	20	80	13	1	У1	28,1	19,7	0,70
					У2	28,4	17,1	0,60
					У3	29,2	19,5	0,67
					У4	27,5	17,9	0,65
					У5	27,3	18,8	0,69
					Усред.	28,1	18,6	0,66
3	30	70	13	1	У1	42,5	31,4	0,74
					У2	36,4	26,0	0,72
					У3	34,5	25,2	0,73
					У4	39,8	29,4	0,74
					У5	38,3	28,0	0,73
					Усред.	38,3	28,0	0,73
4	40	60	13	1	У1	41,5	30,1	0,72
					У2	41,5	32,7	0,79
					У3	39,0	35,1	0,90
					У4	44,0	36,4	0,83

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Пенетрон Адмикс, % от массы цемента	Результаты экспериментального исследования			
	Цемент	ОДКП	Вода		№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости
					У5	41,5	32,7	0,79
					Усред.	41,5	33,4	0,81
5	50	50	13	1	У1	54,0	41,3	0,76
					У2	46,0	43,4	0,94
					У3	48,0	43,4	0,90
					У4	50,0	38,0	0,76
					У5	52,0	40,5	0,78
					Усред.	50,0	41,3	0,83
6*	10	90	13	1	У1	24,0	19,8	0,82
					У2	24,0	21,3	0,89
					У3	26,3	20,9	0,79
					У4	27,3	21,1	0,77
					У5	24,8	23,4	0,94
					Усред.	25,3	21,3	0,84
7*	20	80	13	1	У1	28,1	28,7	1,02
					У2	29,3	29,8	1,02
					У3	30,5	28,1	0,92
					У4	30,8	27,6	0,90
					У5	29,3	29,3	1,00
					Усред.	29,6	28,7	0,97
8*	10	90	13	0	У1	22,0	14,5	0,66
					У2	23,1	13,3	0,58
					У3	21,1	14,9	0,70
					У4	21,1	13,3	0,63
					У5	22,7	13,5	0,60
					Усред.	22,0	13,9	0,63

№ серии эксперимента	Рецептура состава, % от массы сухих материалов			Пенетрон Адмикс, % от массы цемента	Результаты экспериментального исследования			
	Цемент	ОДКП	Вода		№ измерения выхода	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в сухом состоянии	Предел прочности образцов при сжатии (МПа) в насыщенном водой состоянии	Коэффициент водостойкости
9*	20	80	13	0	У1	31,1	20,6	0,66
					У2	27,8	19,8	0,71
					У3	29,0	19,0	0,66
					У4	29,9	18,2	0,61
					У5	30,2	21,4	0,71
					Усред.	29,6	19,8	0,67

Примечание. В составах 1-5 прессование производилось под давлением 15 МПа, в составах 6-9*, применено прессующее давление 18 МПа. В составах 6* и 7* применена технология твердения, предусматривающая погружение образцов в водную среду через 72 часа после формовки.

Минералогический и рентгенофазовый анализ цементного камня при различном содержании добавки Пенетрон Адмикс

Таблица П. 11.1

Анализ минералогического состава цементного камня при различном содержании добавки Пенетрон Адмикс

Исходный номер пробы	№ 1 исходный	№ 2 1 % модиф. Н.У.	№ 3 2% модиф. Н.У.	№ 4 3% модиф. Н.У.	№ 5 1% модиф. В.С.	№ 6 2% модиф. В.С.	№ 7 3% модиф. В.С.	
	Лаб. №	243	244	245	246	247	248	249
Минеральный состав								
трехкальциевый силикат C3S (Ca3SiO5)	38,6	34,6	35,0	31,7	32,3	33,2	30,7	
двухкальциевый силикат C2S (Ca2SiO4)	24,7	31	29,2	32,8	33	31,2	32,2	
трехкальциевый алюминат C3A (Ca3Al2O6)	6,1	4,5	4,3	8,4	5,5	4	3	
четырекальциевый алюмоферрит C4AF (Ca2AlFeO2)	11,1	10,6	11,4	9,6	10,0	10,3	11,5	
кристаллогидраты, включая этtringит	0,7	0,7	0,7	0,7	0,4	0,6	0,7	
портландит	18,8	18,6	19,4	16,8	18,8	20,7	19,2	

Примечание: проба № 1 (исходный) - цементный камень без модификатора; Условия твердения: Н.У. - нормальные условия; В.С. - твердение в водной среде.

Рентгенофазовый анализ цементного камня при различном содержании добавки Пенетрон Адмикс представлен на рисунках П.11.1 - П.11.7

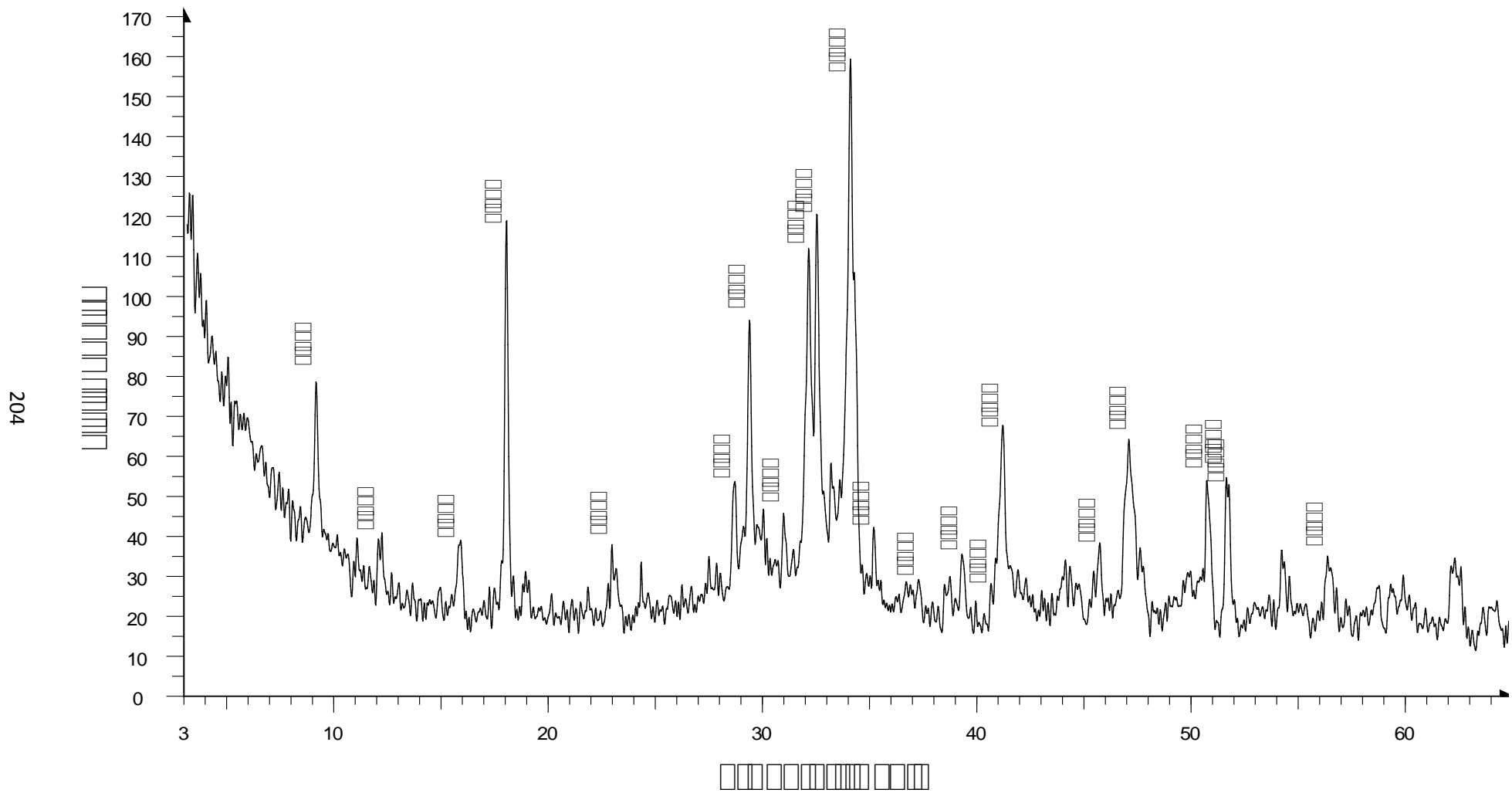


Рисунок П.11.1 Рентгенофазовый анализ цементного камня без модификатора (Лаб. № 243)

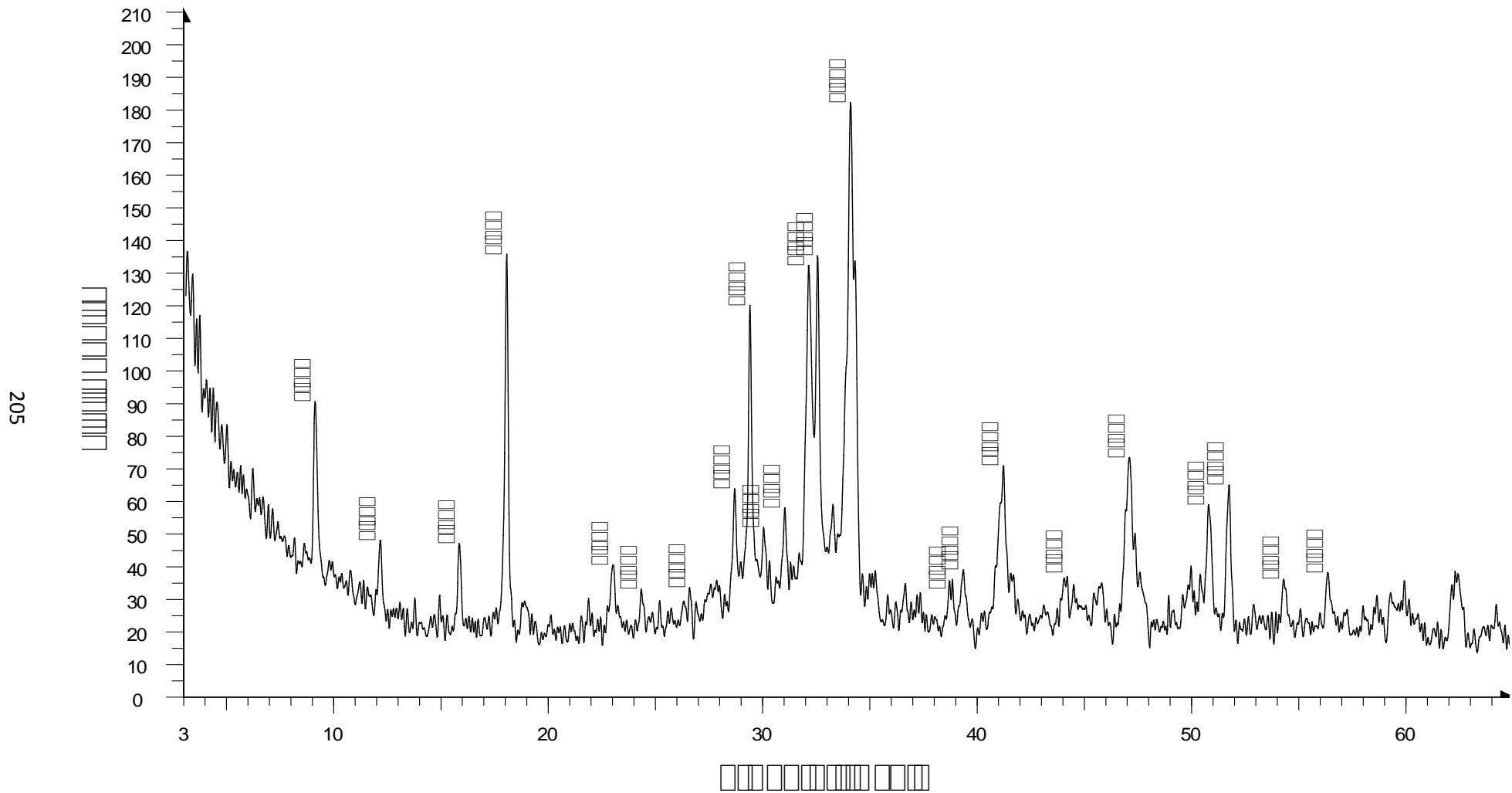


Рисунок П.11.2 Рентгенофазовый анализ цементного камня с добавкой Пенетрон Адмикс в количестве 1 %, твердевшего в нормальных условиях (Лаб. № 244)

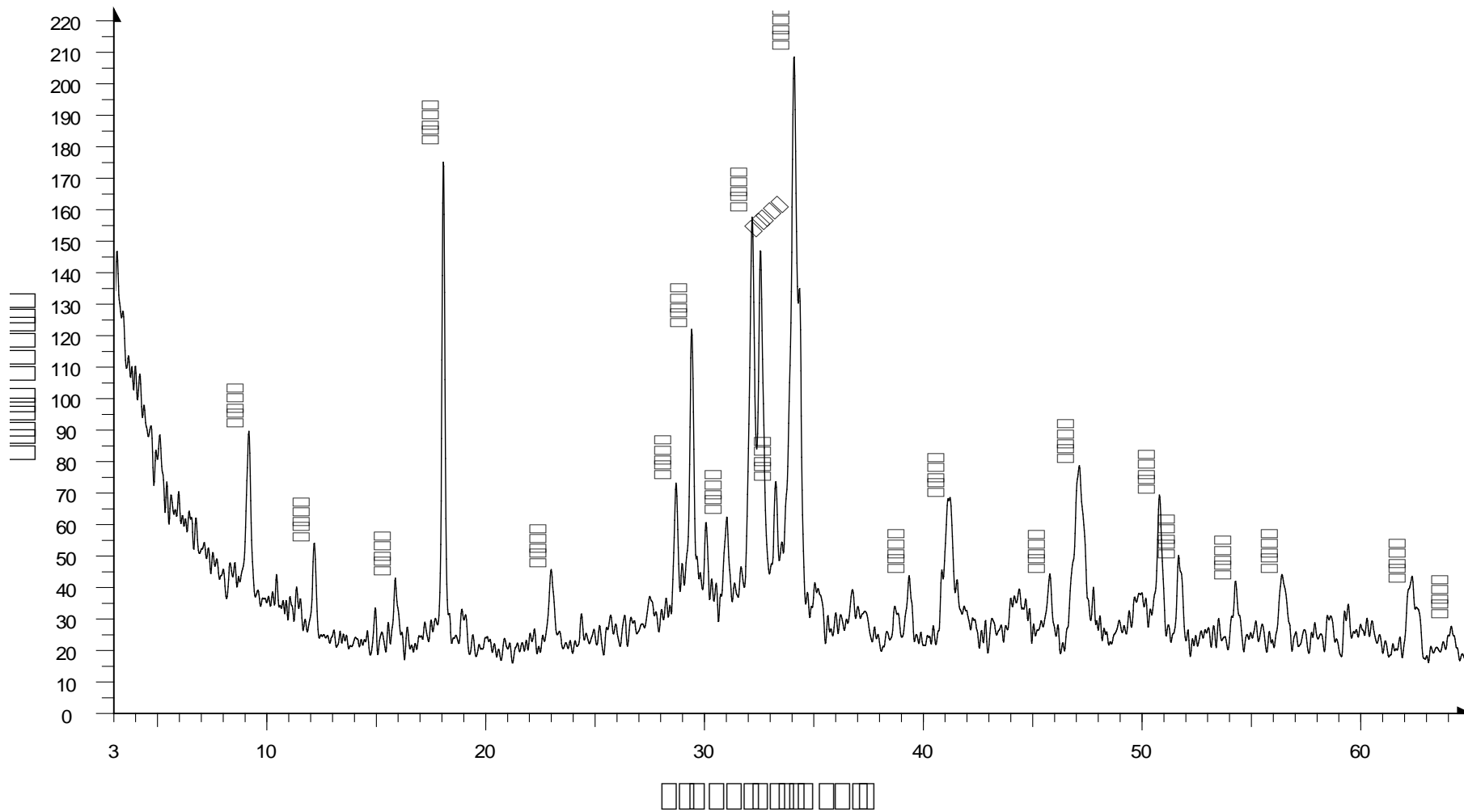


Рисунок П.11.3 Рентгенофазовый анализ цементного камня с добавкой Пенетрон Адмикс в количестве 2 %, твердевшего в нормальных условиях (Лаб. № 245)

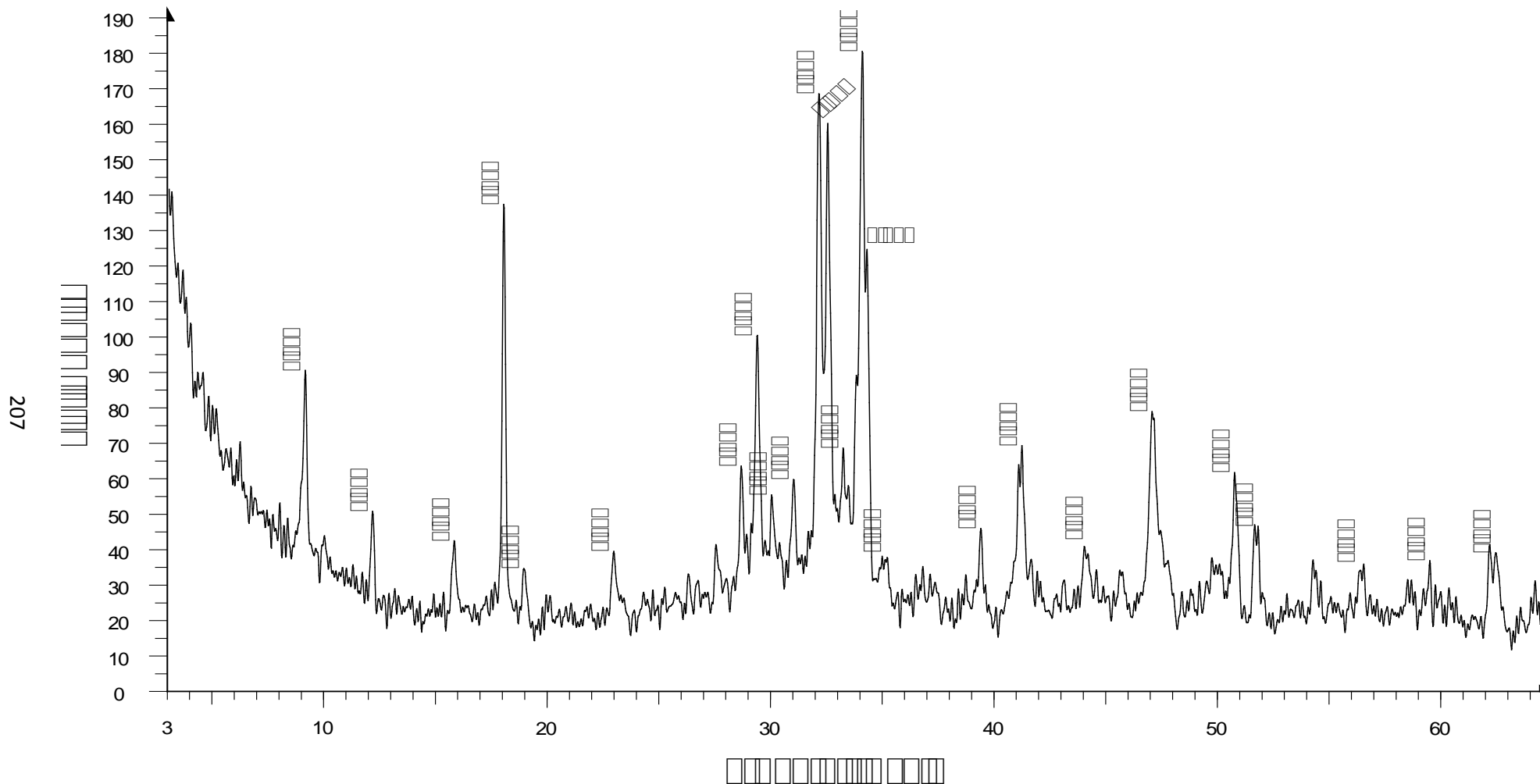


Рисунок П.11.4 Рентгенофазовый анализ цементного камня с добавкой Пенетрон Адмикс в количестве 3 %, твердевшего в нормальных условиях (Лаб. № 246)

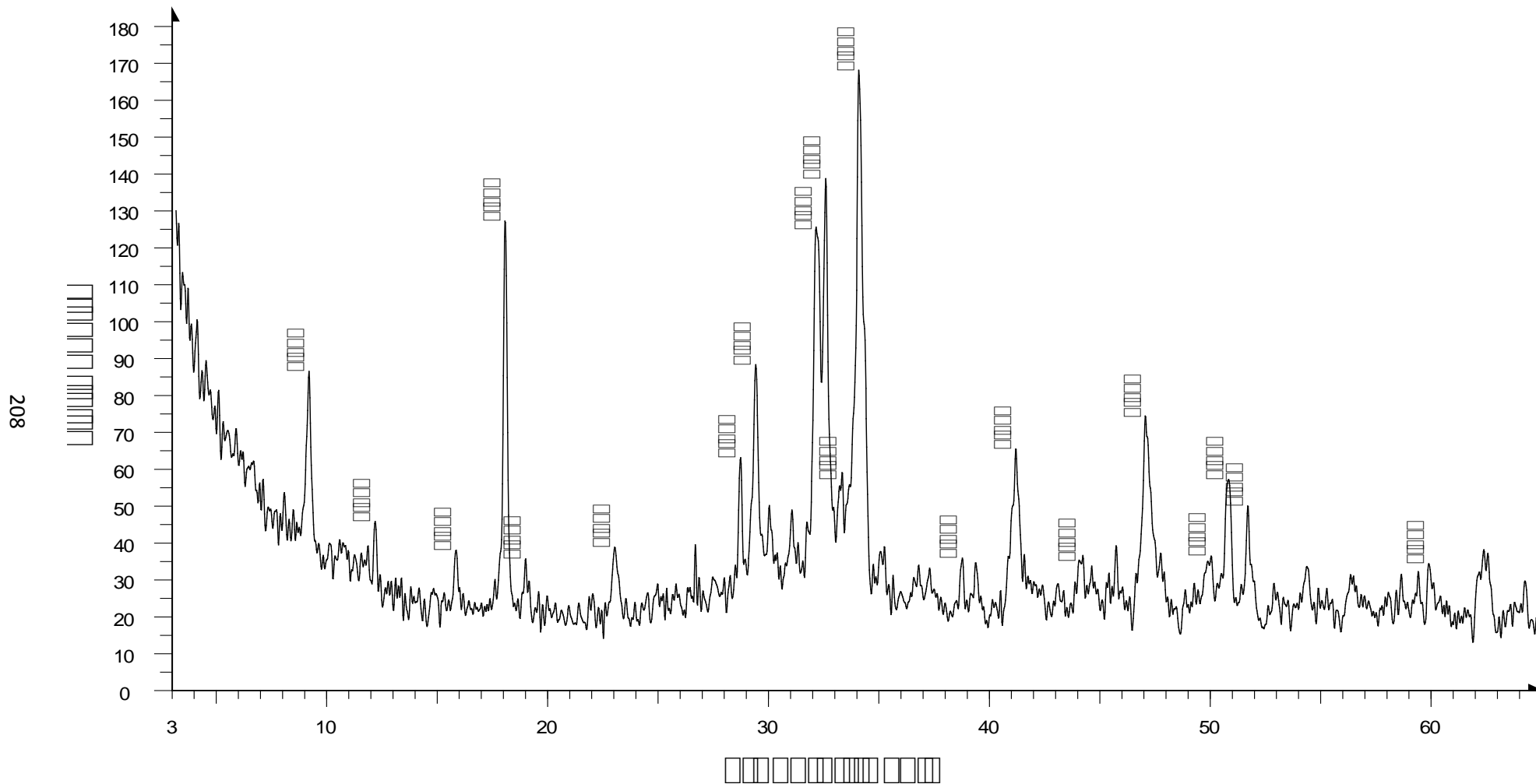


Рисунок П.11.5 Рентгенофазовый анализ цементного камня с добавкой Пенетрон Адмикс в количестве 1 %, твердевшего в водной среде (Лаб. № 247)

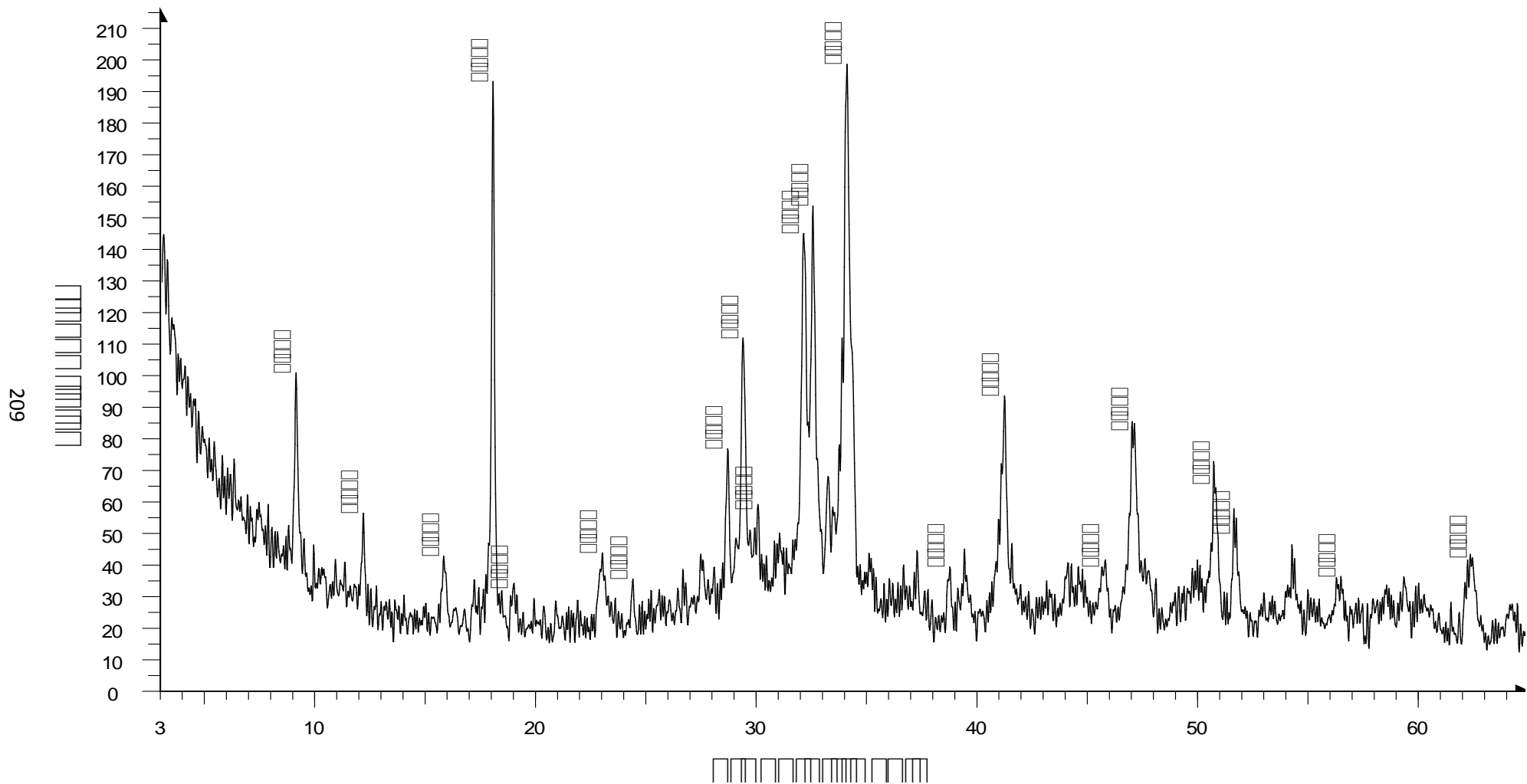


Рисунок П.11.6 Рентгенофазовый анализ цементного камня с добавкой Пенетрон Адмикс в количестве 2 %, твердевшего в водной среде (Лаб. № 248)

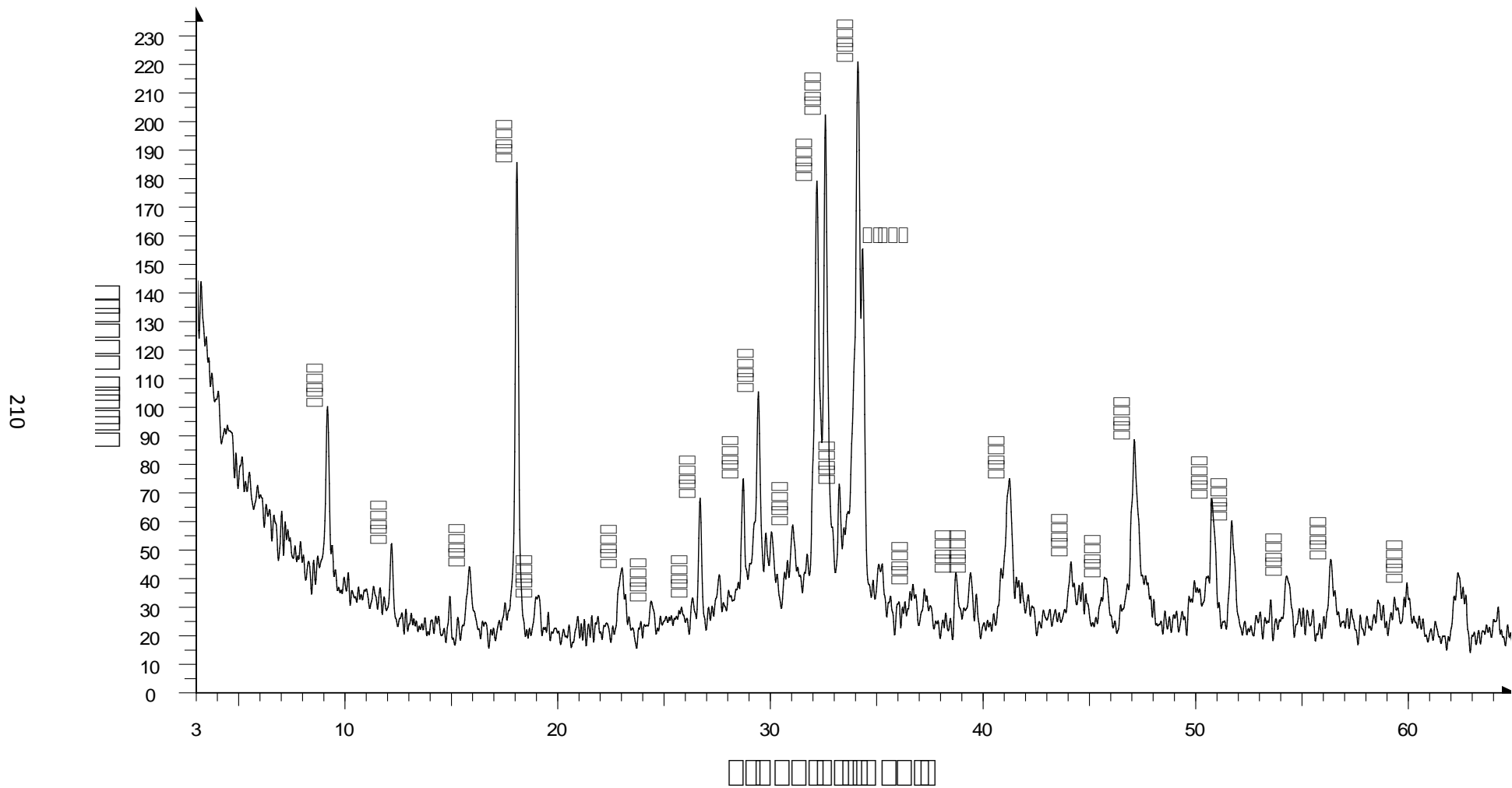


Рисунок П.11.7 Рентгенофазовый анализ цементного камня с добавкой Пенетрон Адмикс в количестве 3 %, твердевшего в водной среде (Лаб. № 249)

**Кирпич прессованный цементно-доломитовый
на основе отсевов дробления карбонатных пород республики Марий Эл**

Технические условия ТУ 5741-001-28860912-15

Вводятся впервые

Дата введения: «20» января 2015 г.

Разработчики:
инженер Черепов В.Д.
к.т.н., доцент Кононова О.В.

Настоящие условия разработаны на основе нормативно-технической литературы [170, 171, 172] распространяются на неокрашенный полнотелый кирпич, изготовленный на основе отсеков дробления карбонатных пород республики Марий Эл по технологии полусухого прессования. Кирпич предназначен для возведения несущих и ограждающих конструкции, а также облицовки наружных стен отапливаемых и неотапливаемых зданий при расчетных температурах наружного воздуха, регламентированных строительными нормами и правилами.

Примеры условного обозначения:

Кирпич прессованный цементно-доломитовый полуторный неокрашенный марки по прочности 200, марки по морозостойкости F 50:

Кирпич ПЦДПН-200/50 ТУ 5741-001-28860912-13

Кирпич прессованный цементно-доломитовый полуторный неокрашенный марки по прочности 150, марки по морозостойкости F35:

Кирпич ПЦДПН-150/35 ТУ 5741-001-28860912-13

1 Технические требования

Кирпич прессованный, изготовленный на основе отсевов дробления карбонатных пород республики Марий Эл (далее кирпич) должен соответствовать требованиям настоящих технических условий и изготавливаться в соответствии с технологическим регламентом, утвержденным в установленном порядке.

1.1. Основные типы, параметры и характеристики

1.1.1 В зависимости от назначения кирпич подразделяется на:

кирпич неокрашенный для кладки внутренних несущих стен и простенков;

кирпич лицевой неокрашенный для кладки наружных стен отапливаемых и неотапливаемых зданий.

1.1.2 Лицевой неокрашенный кирпич имеет светло-серый цвет с мраморовидной поверхностью;

1.1.3 Кирпич полнотелый в форме прямоугольного параллелепипеда должен изготавливаться с размерами: длина – 250мм, ширина – 120мм, высота – 88мм.

1.1.4 Отклонения от линейных размеров кирпича и количество внешних дефектов не должно превышать указанных в таблице П.11.1.

1.1.5 Трещины на лицевой поверхности лицевого кирпича не допускаются.

1.1.6 Количество половняка в партии лицевых изделий не должно быть более 2%. Половняком считаются изделия, состоящие из парных половинок.

1.1.7 Масса кирпича в сухом состоянии не должна превышать 6,1 кг.

1.1.8 По прочности на сжатие кирпич подразделяется на марки 150, 200, 250.

1.1.9 Основные требования к показателям кирпича должны соответствовать указанным в таблице П.11.2.

Отклонение от линейных размеров кирпича

Наименование параметра	Допускаемые отклонения для лицевого кирпича
Отклонение от геометрических размеров кирпича, мм: по длине по ширине по толщине	±2 ±2 ±2
Непараллельность граней, мм	2
Отбитости углов глубиной от 10 до 15 мм., шт	не допуск
Отбитости и притупленности ребер глубиной от 5 до 10мм., шт.	не допуск
Шероховатости или срыв лицевой грани глубиной , мм.	не допуск
Включения размером от 5 до 10мм.: в изломе, шт. на лицевой поверхности, шт.	3 не допуск

Основные требования к показателям кирпича

Тип кирпича	Марка кирпича	Предел прочности при сжатии, МПа, не менее		Коэффициент водостойкости	Марка по морозостойкости
		среднее	миним.		
ПКПН	150	15,0	12,5	не менее 0,8	F35-F50
	200	20,0	17,5	не менее 0,8	не менее F50
	250	25	23,5	не менее 0,8	не менее F50

1.1.10 Отпускная прочность кирпича не должна быть ниже проектной:

- в летний период для марок 150, 200 и 250 – 50%;
- в холодное время для всех марок по прочности – 85%.

1.1.11 При отпуске кирпича с прочностью ниже проектной марки в соответствии с ГОСТ Р 53231 предприятие-изготовитель обязано

гарантировать достижение проектной марки в возрасте 28 суток со дня изготовления.

1.1.12 За марку по морозостойкости принимают число циклов попеременного замораживания и оттаивания, после которых в изделии отсутствуют признаки повреждений (шелушение, расслоение, выкрашивание и др.), а снижение прочности при сжатии не превышает 20%.

1.1.13 Для обеспечения требуемой морозостойкости кирпича в состав формовочной смеси следует вводить специализированные химические добавки.

1.1.14 Изделия, предназначенные для кладки наружных стен зданий и сооружений, должны подвергаться испытанию на теплопроводность.

1.1.15 Кирпич должен быть атмосферостойким, без появления признаков снижения декоративности, выдерживать не менее ста циклов попеременного солнечного воздействия на открытом воздухе.

1.2 Требования к сырью и материалам

1.2.1 В качестве вяжущего рекомендуется использовать бездобавочный портландцемент по ГОСТ 10178-85.

1.2.2 Отсевы дробления карбонатных пород следующих действующих карьеров республики Марий Эл:

- Коркатовский карьер;
- Памашьяльский карьер;
- Новоторьяльский карьер;
- Ронгинский карьер;
- Чукшинский карьер.

1.2.3 В качестве заполнителя используются отсеvy дробления карбонатных пород, удовлетворяющие следующим требованиям:

- наибольший размер зерен – не более 5мм;
- содержание фракции 1,25–5мм – 3 %;
- содержание фракции 0,16-1,25мм – 37%;
- содержание фракции 0,063-0,16 мм – 55%;

содержание частиц крупностью менее 0,16 мм – 5%.

удельная эффективная активность естественных радионуклидов должна быть не более 370 Бк/кг

1.2.4 Вода для приготовления цементно-минеральной композиции должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732.

1.3 Маркировка

1.3.1 По одному в каждом верхнем и нижнем ряду.

1.3.2 На тычковую грань кирпича наносят несмываемой краской при помощи трафарета (штампа) товарный знак предприятия-изготовителя.

1.3.3 Каждое грузовое место (пакет) должно иметь транспортную маркировку по ГОСТ 14192.

1.4 Упаковка

1.4.1 Кирпич подлежит укладке в пакеты или на поддоны, обеспечивающие сохранность изделия.

1.4.2 В качестве средств пакетирования следует применять поддоны типа ПОД по ГОСТ 18343.

1.4.3 На поддоне изделия должны быть уложены в елочку, «на плашок» или на «ребро» с перекрестной перевязкой

Масса одного пакета должна быть не больше 0,85 т.

1.4.4 Пакеты кирпича, уложенные с перекрестной перевязкой, должны быть упакованы металлической лентой по ГОСТ 3560 или термоусадочной пленкой по ГОСТ 25951.

2 Требования безопасности и охраны окружающей среды

2.1 Удельная эффективная активность естественных радионуклидов в изделии должна быть не более 370 Бк/кг, что соответствует изделиям I класса и обеспечивает пригодность для всех видов строительства без ограничений в соответствии с ГОСТ 30108.

2.2 Погрузочно-разгрузочные, транспортные работы и работы при кладке стен должны выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.3.048-2002.

2.3 Продукция не оказывает химического, механического, радиационного, электромагнитного, термического и биологического воздействия на окружающую среду.

2.4 Кирпич относится к группе негорючих строительных материалов по ГОСТ 30244.

3 Правила приемки

3.1 Изделия должны быть приняты техническим контролем предприятия-изготовителя.

3.2 Приемку кирпича следует производить партиями в соответствии с требованиями ГОСТ 13015 и настоящих технических условий.

3.3 Партия должна состоять из кирпича одного вида и одной марки по прочности и должна быть изготовлена из материалов одного вида и качества в течение не более одной рабочей недели.

Размер партии устанавливается с учетом стабильности производства, но не более 10 тыс. шт.

3.4 Для проверки соответствия кирпича требованиям настоящих технических условий производит приемосдаточные и периодические испытания.

3.5 Приемосдаточные испытания осуществляются по внешнему виду (отбитости углов, отбитости или притупленности ребер, шероховатости), размерам и правильности формы, массе, отпускной прочности, пределу прочности при сжатии в проектном возрасте.

3.6 Периодические испытания производят не реже одного раза:

в месяц – для определения средней плотности и предела прочности при изгибе кирпича марки 150 и выше;

в квартал – для определения водо- и морозостойкости каждой партии кирпича;

в год – для определения атмосферостойкости;

в год – для определения удельной эффективности радионуклидов при отсутствии документов поставщика сырья и материалов о ее значении в поставляемых материалах.

3.7 Периодические испытания следует производить также каждый раз при изменении исходного сырья или технологии (состава формовочной смеси, параметров прессования, режимов твердения).

3.8 Для проведения приемосдаточных и периодических испытаний изделия отбирают методом случайного отбора из разных мест партии в количестве, указанном п.п. 3.9 и 3.10 (таблицы П.11.3 и П.11.4).

3.9 Приемку изделий по показателям внешнего вида проводят по двухступенчатому нормальному плану контроля, при этом объем выборки, приемочные и браковочные числа должны соответствовать указанным в таблице 3. Для контроля принимают приемочный уровень дефектности, равный 6,5%.

Таблица П.12.3

Приемка изделий по показателям внешнего вида

Объем партии изделий, шт.	Степень контроля	Объем выборки	Общий объем выборки	Приемочное число A_c	Браковочное число R_c
501 - 1200	I	20	20	3	7
	II	20	40	8	9
1201 – 3200	I	32	32	5	9
	II	32	64	12	13
3201 – 10 000	I	50	50	7	11
	II	50	100	15	19

Партию принимают, если количество дефектных изделий в выборке для первой степени меньше или равно приемочному числу A_c для первой степени контроля.

Партию не принимают, если количество дефектных изделий больше или равно браковочному числу R_c для первой степени контроля.

Если количество дефектных изделий в выборке первой степени контроля больше приемочного числа A_c , но меньше браковочного числа R_c , переходят к контролю второй степени, для чего отбирают выборку такого же объема, как и в первой степени контроля.

Партию изделий принимают, если общее количество дефектных изделий в выборках первой и второй степени меньше или равно приемочному числу A_c .

Партию изделий не принимают, если общее количество дефектных изделий в выборках первой и второй ступени равно или больше браковочного числа R_c для второй ступени контроля.

3.10 Для проведения приемосдаточных и периодических испытаний из выборки изделий, соответствующих требованиям настоящих технических условий по показателям внешнего вида, отбирают количество образцов в соответствии с таблицей 4.

Таблица П.12.4

Выборки для приемосдаточных испытаний

Наименование показателя	Число образцов
Размеры и правильность формы	24
Наличие и размер включений	5
Масса, водопоглощение	3
Средняя плотность	3
Предел прочности при сжатии	10 (или 10 парных половинок)
Предел прочности при изгибе	5
Морозостойкость	20
Водостойкость	20
Атмосферостойкость	5

Наличие и размеры включений допускается определять на изломах изделий, полученных после испытания на прочность при изгибе.

Если при проверке размеров и правильности формы отобранных от партии изделий окажется, что одно изделие не соответствует требованиям технических условий, партию принимают, в случае, если подобных изделий два - партия не подлежит приемке.

Если при испытаниях изделий по другим показателям, указанным в таблице П.11.4, получены неудовлетворительные результаты, проводят повторные испытания по этому показателю удвоенного количества образцов, отобранных от этой партии.

Если результаты повторных испытаний удовлетворяют требованиям настоящих технических условий, партию изделий принимают, если не удовлетворяют - партия приемке не подлежит.

3.11 Радиационно-гигиеническую оценку материалов, применяемых для изготовления кирпича, осуществляют по документам о качестве, выдаваемым предприятием- поставщиком этих материалов.

В случае отсутствия данных о содержании естественных радионуклидов изготовитель один раз в год, а также при каждой смене поставщика определяет удельную эффективность естественных радионуклидов $A_{эфф.}$ по ГОСТ 301083.

3.12. Каждая партия кирпича должна сопровождаться документом о качестве.

В документе о качестве должны быть указаны:

- наименование и адрес предприятия-изготовителя;
- наименование изделия и его обозначение;
- номер и дата выдачи документа;
- номер партии и количество отгружаемых изделий;
- физико-механические свойства кирпича:

Уровень содержания естественных радионуклидов;

Обозначение настоящих технических условий.

3.13 Контрольную проверку качества кирпича может осуществлять государственная инспекция по качеству или потребитель в присутствии представителя предприятия-изготовителя, соблюдая указанный порядок отбора образцов и применяя установленные настоящими техническими условиями методы испытаний.

4. Методы контроля.

4.1 Показатели качества исходных материалов определяют по методикам ГОСТ 310.1-76, ГОСТ 310.2-76, ГОСТ 310.3-76, ГОСТ 310.4-81, ГОСТ 8735-88.

4.2 Предел прочности при изгибе и при сжатии определяют по ГОСТ 379-2007, ГОСТ 8462-85.

Допускается испытывать кирпич неразрушающими методами: ультразвуковым по ГОСТ 17624 и механическими по ГОСТ 22690.

4.3 Массу и плотность определяют по ГОСТ 12730.1, водопоглощение по ГОСТ 7025.

4.4 Морозостойкость кирпича определяют по ГОСТ 7025-91 после достижения им проектной марки.

4.5 Атмосферостойкость кирпича определяют путем воздействия на него солнечного облучения на открытом воздухе с регистрацией изменения цвета и появления других признаков коррозии (появление белесости, налета и др.)

4.6 Теплопроводность изделия определяется в соответствии с действующими методиками ГОСТ 7079.

4.7 Удельную эффективную активность радионуклидов определяют по ГОСТ 30108.

5. Транспортирование и хранение изделий

5.1 Транспортирование кирпича должно производиться на специализированных многооборотных поддонах или пакетами с применением двух или четырехсторонних захватов разными видами транспорта в соответствии с требованиями документации по погрузке и транспортированию грузов, действующими в установленном порядке.

Допускается транспортирование рядового кирпича автомобильным транспортом технологическими (разреженными) пакетами без поддонов с применением в качестве средств пакетирования укрепляющих устройств (съёмных и стационарных) по ГОСТ 23421 в кузовах автомобильных средств.

5.2 Погрузка и выгрузка пакетов изделий должна производиться механизированным способом при помощи специальных грузозахватных устройств.

5.3 Запрещается погрузка кирпича навалом (набрасыванием) и разгрузка его сбрасыванием.

5.4 Кирпич должен храниться пакетами на поддонах отдельно по видам и по маркам, в сложенных одноленточных штабелях высотой не более 2-х метров. Для хранения лицевого кирпича М200 и выше допускается установка пакетов друг на друга.

5.5 Допускается хранение кирпича без поддонов в одноленточных штабелях, уложенных на ровные площадки с твердым покрытием и с водоотводами.

5.6 При хранении кирпич должен быть защищен от атмосферных осадков.

6. Указания по эксплуатации

6.1 Кирпич следует применять для выполнения надземной кладки простейшей, простой и средней сложности с применением различных перевязок стен в соответствии с проектными решениями.

6.2 Облицовка наружных стен лицевым кирпичом должна выполняться одновременно с кладкой стен с перевязкой облицовочного слоя с основным массивом кладки стен путем укладки тычковых рядов в облицовочном слое.

6.3 При кладке стен и перегородок кирпичи укладывают на известково-цементном или цементном растворе марки по прочности не ниже М50, растворенной смеси марки по подвижности – Пк 8 по ГОСТ 28013, приготовленных на песке с крупностью зерен не более 1,25мм.

7. Гарантии изготовителя

7.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие кирпича требованиям настоящих технических условий при соблюдении потребителем правил транспортирования, хранения и эксплуатации, установленных настоящими техническими условиями.

7.2 Предприятие-изготовитель дает гарантию на выпускаемую продукцию сроком 12 месяцев при условии соблюдения требований настоящих технических условий, а так же правил транспортирования, хранения и эксплуатации, установленных настоящими техническими условиями.

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц в документе)	№ документа	Входящий номер	Подпись	Дата
	измененных	замененных	новых	аннулированных					

Общество с ограниченной ответственностью «Корвет»



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ООО «Корвет»

Ершов И.Г.

2012 г.

А К Т

опытно-производственных испытаний составов сырьевой смеси для формовки прессованного искусственного строительного камня на основе модифицированных отсевов карбонатных пород, применяемого в качестве стенового материала

Мы, нижеподписавшиеся, директор ООО «Корвет» Ершов И.Г., главный инженер ООО «Корвет» Дудин П.И., ассистент со стажем, аспирант кафедры Строительных материалов и технологии строительства ФГБОУ ВПО "Поволжский государственный технологический университет" Черепов В.Д., составили настоящий акт по результатам опытно-производственных испытаний четырех составов сырьевой смеси для формовки прессованного искусственного строительного камня на основе модифицированных отсевов дробления карбонатных пород.

В процессе проведения испытаний соблюдался следующий технологический режим: продолжительность перемешивания сырьевой смеси в смесителе БС-750/500 объемом 750 л - 2 мин.; цикл формования при величине прессующего давления 18,0 МПа - 19 с; длительность процесса тепло-влажностной обработки - 48 часов (с температурой изотермического прогрева $40 \pm 5^{\circ}\text{C}$).

Для изготовления составов были использованы следующие материалы: цемент ОАО «Мордовцемент» ЦЕМ I 42,5Б (ПЦ 500 Д0), отсева дробления карбонатных пород (ОДКП) Новоторьяльского карьера республики Марий Эл (фракция < 5 мм), химические модификаторы - Пенетрон Адмикс группы компаний Пенетрон Россия по ТУ 5745-001-77921756-2006 и RheoFIT 774 компании ООО "БАСФ Строительные системы" по производству строительной химии в России.

Результаты опытно-производственных испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты опытно-производственных испытаний составов сырьевой смеси для формовки пресованного искусственного строительного камня на основе модифицированных отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП)

Код	Состав сырьевой смеси, масс. %				Результаты испытания		
	Цемент, %	ОДКП, %	Химическая добавка Тип	Вода, % от массы сухих материалов	Предел прочности при сжатии, образцов из 2-х кирпичей размерами 250×120×88 мм, МПа, в возрасте 28 суток по ГОСТ 8462-85, среднее из 5	Коэффициент водостойкости, K _в	Марка по морозостойкости
O1	10	90	1,0 Пенетрон Адмикс, % от массы цемента	13	21,1	0,84	F50
O2	20	80	1,0 RheoFIT 774, л на 100 кг цемента	13	24,7	0,97	F50
O3	10	90		13	18,4	0,83	F50
O4	20	80		13	21,2	0,71	F35

Полученные результаты подтверждают эффективность химического модифицирования сырьевой смеси на основе цемента и ОДКП добавками Пенетрон Адмикс и RheoFIT 774. Предложенные составы отличаются повышенными эксплуатационными характеристиками прессованного стенового строительного камня (водостойкостью выше 0,8 и морозостойкостью F50), что значительно расширяет область его применения.

Директор ООО «Корвет»



 Ершов И.Г.

Главный инженер ООО «Корвет»

 Дудин П.И.

Ассистент со стажем, аспирант кафедры СМиТС
ФГБОУ ВПО "Поволжский государственный
технологический университет"

 Черепов В.Д.

МП

Общество с ограниченной ответственностью «Корвет»



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ООО «Корвет»

Ершов И.Г.

2012 г.

А К Т

о внедрении результатов

диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук
Черепова Владимира Дмитриевича

Комиссия в составе: председатель директор ООО «Корвет» Ершов И.Г., члены комиссии: главный инженер ООО «Корвет» Дудин П.И., к.т.н., доцент каф. СМиТС ФГБОУ ВПО «ПГТУ» Кононова О.В. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук аспиранта кафедры СМиТС ФГБОУ ВПО «ПГТУ» Черепова Владимира Дмитриевича внедрены в производство, на предприятии ООО «Корвет» РМЭ, в виде следующих составов прессованного искусственного стенового строительного камня на основе химически модифицированных отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП):

№ п/п	Состав сырьевой смеси				Результаты испытания составов		
	Цемент, %	ОДКП, %	Вода, % от массы сухих материалов	Пенетрон Адмикс, % от массы цемента	Предел прочности при сжатии образцов-кирпичей размерами 250×120×88 мм в возрасте 28 суток по ГОСТ 8462-85 МПа	Кoeffициент водостойкости, К _в	Морозостойкость, циклов
1	10	90	13	1	25,3	0,84	F50
2	20	80	13	1	29,6	0,97	F50

Эффективность внедрения разработанных составов заключается в повышении значений основных физико-технических свойств материала (предела прочности при сжатии, водостойкости и морозостойкости) и обеспечении рационального использования минеральных ресурсов республики Марий Эл без существенных дополнительных материальных затрат.

Члены комиссии:

Главный инженер ООО «Корвет»

Дудин П.И.

к.т.н., доцент каф. СМиТС ФГБОУ ВПО «ПГТУ»

Кононова О.В.

МП

Общество с ограниченной ответственностью «Корвет»



«УТВЕРЖДАЮ»
 Директор ООО «Корвет»
 Ершов И.Г.
 2012 г.

А К Т

о внедрении результатов
 диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук
Черепова Владимира Дмитриевича

Комиссия в составе: председатель директор ООО «Корвет» Ершов И.Г., члены комиссии: главный инженер ООО «Корвет» Дудин П.И., к.т.н., доцент каф. СМиТС ФГБОУ ВПО «ПГТУ» Кононова О.В. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук аспиранта кафедры СМиТС ФГБОУ ВПО «ПГТУ» Черепова Владимира Дмитриевича внедрены в производство, на предприятии ООО «Корвет» РМЭ, в виде следующих составов прессованного искусственного стенового строительного камня на основе химически модифицированных отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП):

№ п/п	Состав сырьевой смеси				Результаты испытания составов		
	Цемент, %	ОДКП, %	Вода, % от массы сухих материалов	RheoFIT 774, л на 100 кг цемента	Предел прочности при сжатии образцов-кирпичей размерами 250×120×88 мм в возрасте 28 суток по ГОСТ 8462-85 МПа	Коэффициент водостойкости, K_v	Морозостойкость, циклов
1	10	90	13	0,2	22,1	0,83	F50

Эффективность внедрения разработанных составов состоит в повышении водостойкости (выше 0,8) и морозостойкости (до F50) при сохранении прочности прессованного искусственного стенового строительного камня, получаемого на основе модифицированных отсевов дробления карбонатных пород без существенных дополнительных материальных затрат. Внедрение составов расширяет область применения выпускаемого стенового материала и способствует рациональному использованию минеральных ресурсов республики Марий Эл.

Члены комиссии:

Главный инженер ООО «Корвет»

 Дудин П.И.

к.т.н., доцент каф. СМиТС ФГБОУ ВПО «ПГТУ»

 Кононова О.В.

МП

АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ВНЕДРЕНИЯ РАЗРАБОТАННОГО МАТЕРИАЛА НА ВПЕРВЫЕ ОРГАНИЗУЕМОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

1. Введение

В качестве экономической составляющей настоящей диссертационной работы выступает разработка инвестиционного проекта, направленного на внедрение результатов представленных выше научных разработок в реальный сектор экономики, посредством создания малого наукоемкого производства.

Целью данного инвестиционного проекта является создание малого инновационного предприятия для производства следующих видов продукции – стенового искусственного строительного камня (кирпича полуторного и одинарного), получаемого методом полусухого прессования на основе комплексного использования отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП).

2. Краткая характеристика создаваемого предприятия

ООО "Инновационные строительные материалы" (сокращенное название ООО "ИСМ") - малое инновационное предприятие (МИП), создаваемое при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Поволжский государственный технологический университет". Представленный университет имеет более чем 50-летнюю историю подготовки высококвалифицированных кадров в различных областях строительной отрасли. На базе Строительного факультета ФГБОУ ВПО "ПГТУ" имеется комплекс современного сертифицированного и поверенного оборудования, позволяющий проводить широкий спектр научно-исследовательских работ в области исследования свойств и разработки новых видов высокоэффективных строительных материалов. Коллектив факультета

составляют первоклассные специалисты, обладающие значительным опытом ведения научных исследований и внедрения полученных результатов в реальный сектор экономики.

Краткая характеристика предприятия представлена в таблице П.1.

Таблица П.1

Краткая характеристика ООО «ИСМ»

Полное наименование:	Общество с ограниченной ответственностью "Инновационные строительные материалы"
Отрасль:	Производство строительных материалов
Юридический адрес:	424000, РФ, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3
Почтовый адрес:	424000, РФ, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3
Телефон:	(8362) 68-78-53
Факс:	(83633) 68-68-61
Руководство:	Черепов Владимир Дмитриевич - директор
Планируемое количество сотрудников:	4 человека (на 01.01.2014 г.)
Уставный капитал:	21430 руб.

Основной целью общества является получение прибыли от предпринимательской деятельности и ее распределение среди участников общества.

Основными видами деятельности ООО «ИСМ» являются:

- производство прессованного кирпича (одинарного и полуторного) марки М 100 - М 200 с ограниченной областью применения (внутренние стены и перегородки) по технологии полусухого прессования на основе запатентованных рецептурных составов, полученных в результате проведения научно-инновационных разработок на базе ФГБОУ ВПО "Поволжский государственный технологический университет";
- производство прессованного кирпича (одинарного и полуторного) марки М 200 - М 250 с повышенными показателями водостойкости и морозостойкости по технологии полусухого прессования на основе запатентованных рецептурных составов, полученных в результате проведения научно-инновационных разработок на базе ФГБОУ ВПО "Поволжский государственный технологический университет";

- производство прессованной брусчатки в соответствии действующими стандартами и техническими требованиями к данному виду продукции по технологии полусухого прессования на основе запатентованных рецептурных составов, полученных в результате проведения научно-инновационных разработок на базе ФГБОУ ВПО "Поволжский государственный технологический университет";

- выполнение прикладных научно-исследовательских работ в области исследования технико-эксплуатационных свойств строительных материалов, подбора оптимальных составов бетона, исследования уровня эффективности введения в рецептурный состав композиционных строительных материалов химических добавок, на основе прямых договоров с предприятиями строительной отрасли;

- оптовая и мелкооптовая торговля производимой продукцией;

- другие виды деятельности, не запрещенные действующим законодательством.

Предлагаемая инновационная идея ориентирована на получение высококачественных экологически чистых строительных материалов на основе местных осадочных пород (отсевов дробления карбонатных пород) с применением технологии, предусматривающей химическое модифицирование сырья с целью повышения прочности и долговечности материалов и конструкций, изготавливаемых на их основе. Преимущество разрабатываемой технологии состоит в том, что предлагаемый метод модифицирования обеспечивает химическое взаимодействие с карбонатным наполнителем и оказывает положительное влияние на формирование структуры искусственного камня с цементным вяжущим. Кроме того, стоит отметить, что использование отсевов дробления карбонатных пород обеспечивает решение проблемы их утилизации.

3. Оборудование

Для изготовления основных видов производимой продукции (прессованного искусственного строительного камня различного функционального назначения) необходимо запустить специализированную технологическую линию, принципиальная схема которой представлена на рисунке П.1.

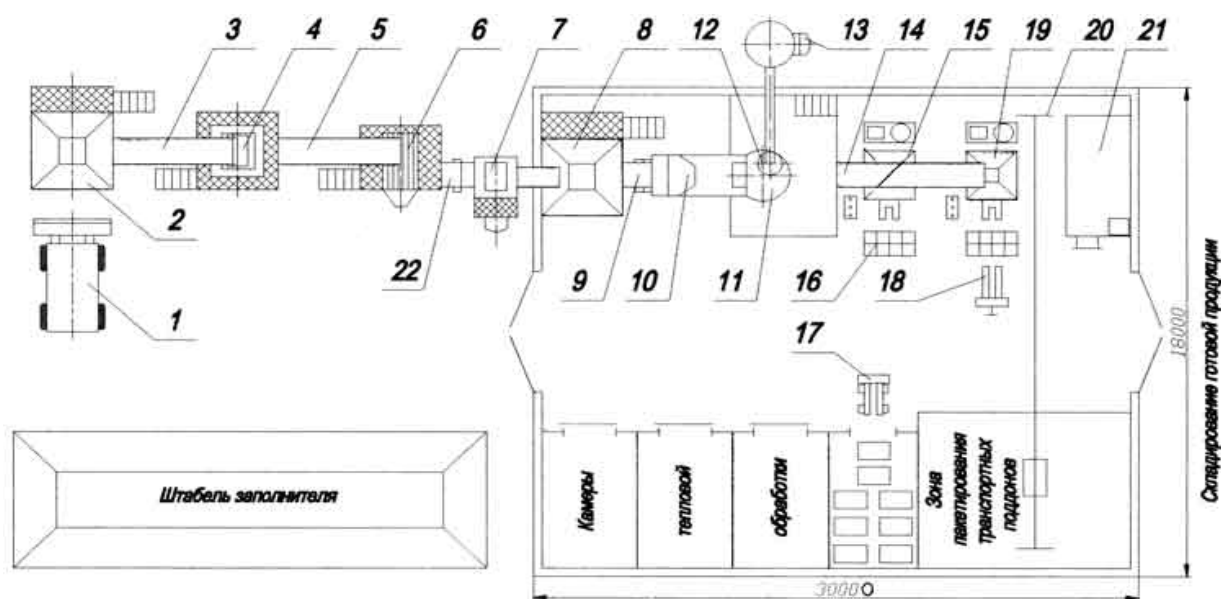


Рис. П.1 Принципиальная технологическая схема производства кирпича

В состав технологической линии входит оборудование, представленное в таблице П.2.

Таблица П.2

Спецификация оборудования

№ поз.	Наименование оборудования	№ поз.	Наименование оборудования	№ поз.	Наименование оборудования
1	Погрузчик ковшовый	9	Конвейер ленточный, L=5м	17	Штабелер
2	Бункер приемный	10	Дозатор заполнителя	18	Тележка ручная
3	Конвейер ленточный, L=12м	11	Бетоносмеситель	19	Установка формования: - пресс; - гидроагрегат; - шкаф управления
4	Дробилка молотковая	12	Дозатор цемента		
5	Конвейер ленточный, L=9м	13	Склад цемента		
6	Грохот	14	Конвейер ленточный, L=10м	20	Кран мостовой
7	Элеватор ленточный	15	Сбрасыватель плужковый	21	Бак для воды
8	Бункер расходный	16	Поддон технологический	22	Конвейер ленточный, L=4м

Схематический чертеж установки формования АВ 6430 представлен на рисунке П.2.

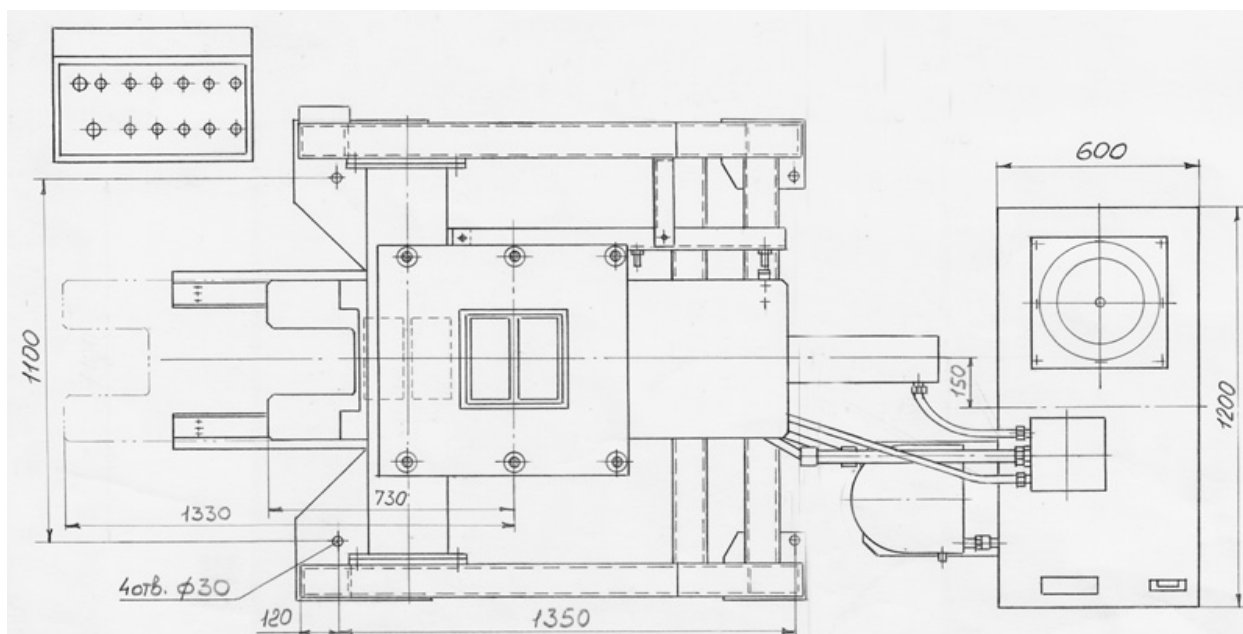
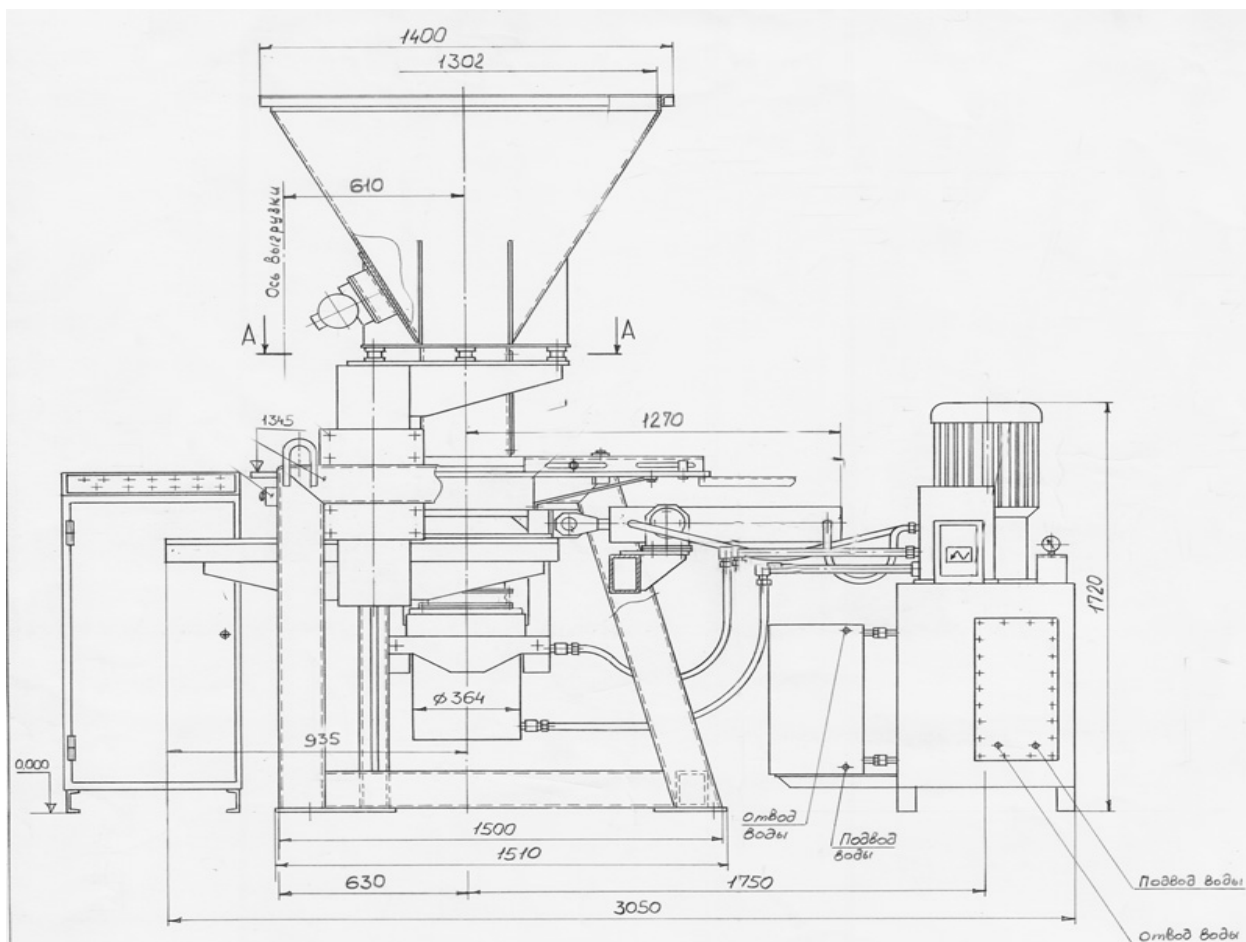


Рис. П.2 Схематический чертеж установки формования АВ 6430

Фотоизображение и основные технические характеристики установки формования АВ 6430 представлены в таблице П.3.

Таблица П.3

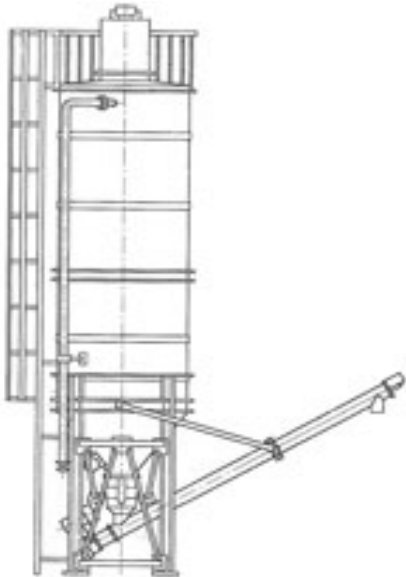
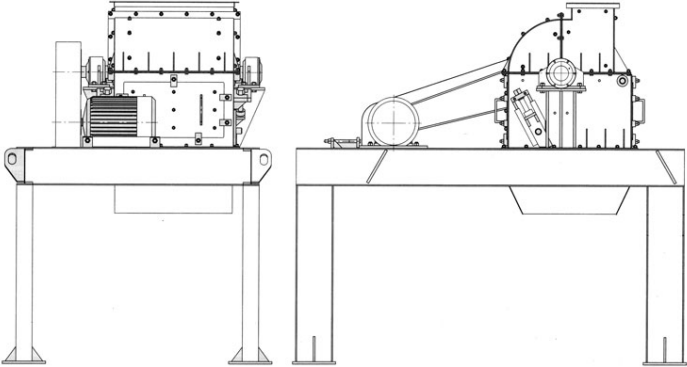
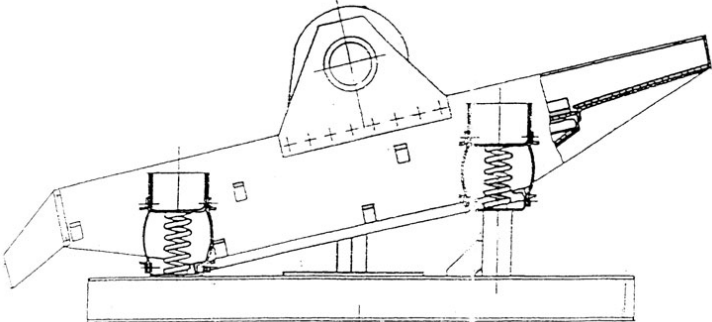
Фотоизображение установки формования АВ 6430			
			
Технические характеристики установки формования АВ 6430		Технические характеристики установки формования АВ 6430	
Наименование показателя	Значение показателя	Наименование показателя	Значение показателя
1. Максимальная производительность, шт. одинарного кирпича/час: полуторного в пересчете на одинарный	400 550	6. Объем бункера, м ³ .	0,75
2. Количество одновременно формуемых кирпичей, шт.	2 (на пласт)	7. Цикл формования, с	19
3. Удельное давление на кирпич, МПа	20	8. Габаритные размеры (с гидроагрегатом), мм: - длина - ширина - высота (с бункером)	1510 1440 2830
4. Точность изготавливаемого кирпича по высоте, мм.	1,0	9. Масса (без гидроагрегата), кг.	4300
5. Установленная мощность, кВт.	18,75	10. Размер изготавливаемых кирпичей в одной формооснастке, мм: - длина - ширина - высота	250 120 65; 76; 88

Комплект установки формирования АВ 6430 включает в себя пресс, гидроагрегат и шкаф управления. Пресс оборудован силовым гидроцилиндром. Одновременно формуются 2 кирпича, уложенных на плась, под давлением до 20 МПа. Шкаф управления выполнен на базе блока электроники и обеспечивает работу в режимах "НАЛАДКА", "РУЧНОЙ" и "АВТОМАТИЧЕСКИЙ".

Краткая информация и эскизные чертежи/фотографии основного технологического оборудования представлены в таблице П.4.

Таблица П.4

№ п/п	Эскизный чертеж / фото элемента технологической линии	Примечание
1	 <p data-bbox="414 1848 973 1892">Бетоносмеситель БП-375/250 со скипом</p>	<p data-bbox="1093 1052 1484 1377">Технологическая линия комплектуется смесительным блоком, включающим в себя смеситель принудительного действия с объемом по загрузке 250 литров и скиповыми подъемниками.</p> <p data-bbox="1093 1422 1484 1713">Дозирование заполнителя в ведется взвешиванием ковша скипового подъемника, устанавливаемого на весовую платформу с автоматическим взвешиванием.</p>

№ п/п	Эскизный чертеж / фото элемента технологической линии	Примечание
2	 <p style="text-align: center;">Склад цемента на 24 тонны</p>	<p>Линия формирования комплектуется складом цемента емкостью 24 тонны. Загрузка силосов склада производится из автоцементовозов, выдача цемента винтовым питателем в автоматическом режиме.</p>
3	 <p style="text-align: center;">Дробилка молотковая</p>	<p>Устанавливается в случае использования нефракционного заполнителя с максимальным размером до 100 мм. Обеспечивает размер выходящей фракции 0..5 мм. Производительность 15 т/ч при влажности материала до 8%.</p>
4	 <p style="text-align: center;">Грохот</p>	<p>Наклонный инерционный грохот предназначен для отсева из исходной массы заполнителя фракции материала более 5 мм.</p> <p>Площадь просеивающей поверхности 1,5м². Производительность 15 т/ч при влажности материала до 8%.</p>

№ п/п	Эскизный чертеж / фото элемента технологической линии	Примечание
5	 <p data-bbox="544 640 839 674">Ленточный конвейер</p>	<p data-bbox="1098 353 1469 607">Горизонтальное перемещение заполнителя производится ленточными конвейерами с желобчатыми и плоскими роlikоопорами, ширина ленты 650 мм.</p>
6	 <p data-bbox="507 1328 882 1361">Дозатор цемента на 300 кг</p>	<p data-bbox="1098 757 1481 1375">Дозаторы весового типа. Пределы дозирования цемента 50...250 кг, заполнителя - 300...1200кг. В дозаторах применена тензометрическая весоизмерительная система на базе контроллера "ДОЗА-4". Дозатор цемента загружается винтовым питателем от склада цемента. Программа прибора обеспечивает работу дозатора в автоматическом режиме набора доз.</p>

Рассматриваемая технологическая линия будет смонтирована в арендуемом производственном цехе, располагающемся в Звениговском районе, в 10 км от д. Коркатово. Подобное географическое место расположения планируемого производства продиктовано в первую очередь близостью действующего щебеночного карьера (Коркатовского карьера), являющегося поставщиком одного из основных рецептурных компонентов производимого искусственного строительного камня - отсеков дробления карбонатных пород.

Финансовые вложения, для покупки оборудования, составят 6386503,00 тыс. руб. (таблица П.5). Поскольку поставщик оборудования

самостоятельно обеспечивает доставку и сборку, то дополнительных финансовых затрат не потребуется.

Таблица П.5

Перечень основного оборудования для организации производства продукции

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Балансовая стоимость, руб.
1	Установка формования АВ6430 с давлением прессования 18 МПа в составе: пресс, бункер, гидростанция, автоматический пульт управления, ЗИП)	1 комп.	2 120 588,00
2	Бетоносмеситель - БП-375/250 со скипом	1 шт.	299 226,00
3	Дозатор цемента на 300 кг с терминалом, контроллером «ДОЗ-4» для автоматического взвешивания доз	1 шт.	280 211,00
4	Платформенные весы под СКИП с терминалом и весовым контроллером «ДОЗ-4» для автоматического взвешивания заполнителя	1 комп.	207 125,00
5	Склад цемента - на 24 т	1 шт.	427 456,00
6	Конвейеры ленточные В = 650 мм	40 п.м	2 005 520,00
7	Шнек подачи цемента дл. = 6 м	1 шт.	156 625,00
8	Грохот	1 шт.	339 752,00
9	Дробилка	1 шт.	550 000,00
ВСЕГО			6 386 503,00

4. Исследование рынка

Одна из основных задач организации – изучение рынка. Изучению рынка придается особое значение, поскольку это исследование служит основой разрабатываемой фирмой стратегии и тактики выступления на рынке.

Так как никакое исследование рынка не может быть целенаправленным без определения того, какие продукты желает производить предприятие, анализ начинается с изучения данных продуктов.

- Изучение продукта:

Кирпич прессованный представляет собой двух компонентную смесь (цемент+ОДКП), модифицированную специализированными химическими модификаторами, формуемую под высоким давлением.

- Изучение рынка как такового:

✓ географическое положение

Республика Марий Эл, республика Татарстан, республика Башкортостан, республика Чувашия, Кировская обл., Нижегородская обл., Ульяновская обл.

Предполагаемая территориальная зона реализации производимого пресованного искусственного строительного камня представлена на рисунке П.3.



Рис. П.3 Субъекты Российской Федерации, входящие в предполагаемый географический рынок сбыта продукции(Кировская область, Нижегородская область, Ульяновская область, республика Марий Эл, республика Чувашия, республика Татарстан, республика Башкортостан, республика Мордовия)

✓ емкость рынка

Стабилизация и высокие темпы роста экономики страны в последнее время послужили серьезным стимулом к развитию строительной отрасли, особенно частного домостроения, темпы которого за последние годы значительно возросли. Факт роста данного сегмента отрасли можно также объяснить введением ряда федеральных целевых программ, направленных на улучшение жилищных условий ряда социальных групп посредством выдачи земельных участков на льготных условиях.

Одновременно с этим прослеживается четкая тенденция к росту эстетических потребностей предъявляемых представителями среднего класса по отношению к условиям проживания. Что неминуемо привело к повышению соответствующих требований к строительным материалам, используемым в процессе возведения жилых зданий.

Функционирующие в настоящее время крупные предприятия, специализирующиеся на производстве строительных материалов и использующие отлаженную технологию и постоянный рынок сбыта, медленно и неохотно реагируют на вновь формирующиеся потребности рынка, вследствие чего не могут удовлетворить их в полной мере.

Создаваемое предприятие ООО «ИСМ» начнет производство разноплановой, востребованной продукции, отвечающей всем эстетическим потребностям современного потребителя, обеспечивая при этом постоянное высокое качество в области технико-эксплуатационных свойств материала и низкую стоимость конечного продукта по сравнению с аналогами вследствие внедрения результатов научно-инновационных исследований. Таким образом, избежит прямой конкуренции с крупными предприятиями рассматриваемой территориальной зоны.

4.1 Оценка конкурентов

Для анализа конкурентов был проведен мониторинг основных конкурентов на территории субъектов РФ, входящих в планируемую область реализации продукции.

Таблица П.6

Непрямые конкуренты ООО «ИСМ»

Наименование предприятия	Адрес предприятия
Республика Башкортостан	
Башкирский кирпич	Уфа, ул. Силикатная, 3
Кирпичный завод Керамика	Адрес: Уфа, ул. Менделеева, 25, оф. 411
Давлекановский кирпичный завод	Республика Башкортостан, Давлекановский р-н, Давлеканово г., ул. Ленина, 60
Кирпичный завод Асылташ	Уфа, ул. Российская, 163/1, оф. 60
Кирпичный завод БашСтандарт	Уфа, ул. Бакалинская, 9/3
Кирпичный завод Стройинвестиции	Уфа, ул. Коммунистическая, 80

Наименование предприятия	Адрес предприятия
Кирпичный завод Башстройкерамика	Уфа, ул. Ленина, 99, оф. 4
Андреевский кирпичный завод	452271, Республика Башкортостан, Илишевский р-н, с. Андреевка, Заводская улица
Башкирский керамический завод	452420, Республика Башкортостан, Иглинский р-н, р.п. Кудеевский, Советская Площадь улица, 7
ООО "Бижбулякстрой"	452040, Республика Башкортостан, с. Бижбуляк, Трудовая улица, 82
Бураевская ПМК №6, ОАО	452960, Республика Башкортостан, с. Бураево, Строителей улица, 10
Джуг-СТ, завод силикатного кирпича, ООО	450077, г. Уфа, Коммунистическая улица, 128/4
Завод строительных материалов и конструкций, ООО	453000, Республика Башкортостан, г. Салават, Южная станция, 13
Ермекеевская ПМК, ООО	452190, Республика Башкортостан, с. Ермекеево, Советская улица, 77
Керамика, кирпичный завод, ОАО	452005, Республика Башкортостан, г. Белебей, Сыртлановой улица, 1а
Кумертауский кирпичный завод, ООО	453304, Республика Башкортостан, г. Кумертау, Апрельская улица, 19
Дуванский межхозяйственный кирпичный завод, ООО	452530, Республика Башкортостан, с. Месягутово, Тракторная улица, 10
Стерлитамакский завод силикатного кирпича, ОАО	453102, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, Джамбула улица, 5
Стерлитамакский кирпич, ООО	453114, Республика Башкортостан, г. Стерлитамак, Белорецкий тракт, 24
Чекмагушевский кирпичный завод, МУП	452200, Республика Башкортостан, с. Чекмагуш, Заводская улица, 39
Юмагузинский кирпичный завод, ОАО	453336, Республика Башкортостан, Кугарчинский р- н, пос. Юмагузино
ШаранПромИнвест, ПКФ, ООО	452630, Республика Башкортостан, Шаранский р-н, с. Наратасты, Транспортная улица, 1 а
Мелеузовский кирпичный завод	453851, Башкортостан, г. Мелеуз, пл. Кирзавода
Республика Марий Эл	
Марийскстройматериалы	Йошкар-Ола, ул. Советская, 125, литера А
ОАО Стройкерамика	Йошкар-Ола, ул. Героев Сталинградской Битвы, 27
ОАО Горномарийский кирпичный завод	Республика Марий Эл, Козьмодемьянск, Промышленная улица, 22
Республика Мордовия	
ООО "Рузаевский кирпичный завод"	Республика Мордовия, г. Рузаевка, ул. Станиславского д.1
ООО «Саранский завод лицевого кирпича»	Республика Мордовия, г. Саранск, Александровское шоссе, 35
ОАО Керамик	Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Осипенко, 7
ОАО Ковылкинский завод силикатного кирпича	Республика Мордовия, г. Ковылкино, п. Силикатный
Дубенский кирпичный завод	Республика Мордовия, с. Дубенки, Кирпичный завод

Наименование предприятия	Адрес предприятия
Рузаевский завод керамических стеновых материалов	Республика Мордовия, г. Рузаевка, п. Кирзавод
ООО "Рузаевская керамика"	Республика Мордовия, Г Рузаевка, посКирзавод
ОАО ЗЖБК №1	Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Титова, 4
ООО "Кирпичный завод Зубово-Полянский"	Республика Мордовия, рп Зубова Поляна, ул Автотранспортная, д 28
Республика Татарстан	
Арский кирпичный завод	Казань, Оренбургский пр-д, 123
Казанский комбинат Строительных Материалов	Казань, ул. Аделя Кутуя, 86
ООО "КамаСтройИндустрия"	Набережные Челны, Промкомзона-2
ОАО "Елабужская Керамика"	Елабуга, посКирпичный завод
ЗАО "Керамик"	Пестречинский район, с. Кошачово
Казанский завод силикатных стеновых материалов	Казань, ул. Тэцевская, 3
Челнинский силикатный кирпич комбинат строительных материалов, филиал в г. Казани	Казань, ул. Юлиуса Фучика, 87
Арский кирпичный завод ОАО «АСПК»	Республика Татарстан, г. Арск, ул. Кирпичная, 2
Республика Чувашия	
Стэв	Чебоксары, ул. Хузангая, 14
Чебоксарская керамика	Чебоксары, просп. И. Яковлева, 35
Сюрбеевский Кирпичный завод	Чувашская республика, Комсомольский р-н, Старочелны-Сюрбеевос.
Цивильский Кирпичный завод	Чувашская республика, Цивильск г., ул. Северная, 13а
Янтиковский Кирпичный завод	Чувашская республика, Янтиковский р-н, Янтиково с., ул. Строительная, 17
Моргаушский Кирпичный завод	Чувашская республика, Моргаушский р-н, Моргауши с., ул. Восточная, 1
Канашская Керамика	Чувашская республика, Канаш г., Ульяновское ш.
Ибресинский Кирпичный завод МП	Чувашская республика, Ибреси пос., ул. Новая, 45
Яльчикский Кирпичный завод	Чувашская республика, Яльчики с.
Нижегородская область	
Кирпичный завод ОАО "Керма"	Нижегородская обл., Кстовский р-н, Афонино дер.
Борский силикатный завод	Нижний Новгород, ул. Варварская, 40а
Кирпичный завод Финко	Нижний Новгород, ул. Заовражная, 7а, офис 12
ОАО "Навашинский завод стройматериалов"	Нижегородская область, г. Навашино, ул. Силикатный поселок, дом 32
Ульяновская область	
Ульяновский комбинат строительных материалов	Ульяновск, Луговое с., ул. Хваткова, 18

Приведенный выше анализ рынка стеновых строительных материалов позволяет утверждать, что в исследуемой территориальной зоне,

включающей республику Башкортостан, республику Марий Эл, республику Мордовия, республику Чувашия, республику Татарстан, а также Кировскую, Нижегородскую и Ульяновскую области, отсутствуют крупные производственные предприятия, специализирующиеся на изготовлении пресованного искусственного строительного камня на основе отсеков дробления карбонатных пород методом полусухого прессования.

Значительная концентрация прямых конкурентов, производящих схожую продукцию, расположена на территории Тульской области. Данный факт обоснован двумя основными факторами:

1) наличие большого числа разрабатываемых месторождений карбонатных пород и как следствие - отсеков их дробления;

2) наличие на территории Тульской области промышленного предприятия, производящего специализированное оборудование для изготовления искусственного строительного камня методом полусухого прессования.

Кроме того, в ряде представленных регионов организовано незначительное количество частных фирм, выпускающих крайне малые партии аналогичного искусственного строительного камня. Основными недостатками прямых конкурентов, производящих пресованный каменный материал на основе ОДКП являются:

1. Отсутствие базовых рецептур составов, подобранных на основе научно-практических исследований, позволяющих получать пресованный искусственный строительный камень с заранее задаваемым и стабильным во времени набором технико-эксплуатационных свойств;

2. Использование нестабильного по своим свойствам сырья (отсеков дробления карбонатных пород) без химической модификации, что зачастую приводит к неконтролируемому скачкообразному изменению свойств конечного материала, в том числе в пределах одной партии;

3. Использование устаревшего и "кустарного" оборудования;

4. Отсутствие патентной защиты, как рецептурных составов, так и способа изготовления продукта;

5. Практически полное отсутствие мероприятий, направленных на продвижение продукта на рынке строительных материалов.

Исходя из представленного выше анализа конкурентов, можно заключить, что основные предприятия, выпускающие схожую продукцию, располагаются в Тульской области, в частности, в городе Ясногорск.

В таблице П.7 приведен сравнительный анализ продукции, производимой на ООО «ИСМ» с основными конкурентами. Для сравнения были выбраны 3 предприятия: компания КЛИНКЕРПРО, производящая кирпич «WAND ZIEGEL» г. Тула, ООО «Гиперпресс» с одноименной продукцией г. Ясногорск Тульская области, а также ОАО "Марийский завод силикатного кирпича", располагающийся в п. Силикатный республики Марий Эл. Последнее предприятие было выбрано в качестве прямого конкурента всвязи с тем, что оно как и ООО "ИСМ" располагается в республике Марий Эл и является крупным поставщиком стенового материала на строительный рынок региона.

Таблица П.7

Сравнительная характеристика продуктов

Изготовитель	ООО «ИСМ»	компания «КЛИНКЕРПРО»	ООО «Гиперпресс»	ОАО «МЗСК»
Характеристика	М-200	М-200	М-200	М-150
	10 баллов	10 баллов	10 баллов	7 баллов
Морозостойкость	F-50	F-50	F-50	F-25
	10 баллов	10 баллов	10 баллов	5 баллов
Цена	18,60 руб.	19,00 руб.	18,00 руб.	9,63 руб.
	5,18 балла	5,07 балла	5,35 баллов	10 баллов
Удаленность (см. ниже)	10 баллов	2,1 балла	2,2 балла	10 баллов
Сумма баллов	35,18	27,17	27,55	32

Для оценки параметра «Удаленность» с целью определения привлекательности продукции, производимой ООО «ИСМ», для конечных потребителей в обозначенной ранее территориальной зоне, с точки зрения затрат на транспортировку, был проведен сравнительный анализ расстояния

от места расположения заводов-изготовителей прессованного и силикатного кирпича (г. Тула, г. Ясногорск, пос. Силикатный и д. Коркатово) до столиц соответствующих субъектов Российской Федерации, представленный в таблице П.8.

На рисунке П.4 представлен многогранник конкурентоспособности ООО "ИСМ" и предприятий - конкурентов, построенный на основании рассчитанных бальных оценок, представленных в таблице П.7.

Таблица П.8

Сравнительный анализ удаленности производителей искусственного каменного материала от конечных потребителей продукции

№ п/п	Отправная точка	Расстояние до пункта назначения, км							
		г. Киров	г. Нижний Новгород	г. Ульяновск	г. Йошкар-Ола	г. Чебоксары	г. Казань	г. Уфа	г. Саранск
1	Республика Марий Эл, Звениговский район, д. Коркатово	345	352	302	91,8	112	133	598	411
2	г. Тула	1300	600	1000	940	840	990	1500	690
3	Тульская область, г. Ясногорск	1145	575	835	897	808	955	1434	633
4	Республика Марий Эл, Медведевский район, п. Силикатный	400	380	300	37	140	120	650	450
	Отношение п.2 к п.1	3,77	1,70	3,31	10,24	7,50	7,44	2,51	1,68
	Отношение п.3 к п.1	3,32	1,63	2,76	9,77	7,21	7,18	2,40	1,54
	Отношение п.4 к п.1	1,16	1,08	0,99	0,40	1,25	0,90	1,09	1,09

Основываясь на данных, приведенных в таблице П.8, можно утверждать, что расстояние от г. Ясногорска до столиц республик и областей, входящих в потенциальную географическую зону распространения продукции, производимой ООО «ИСМ», превышает аналогичное расстояние от места расположения создаваемого производства в среднем в 4,48 раза; от

Тулы – в 4,77 раза. Таким образом, можно заключить, что при условии сохранения выбранных географических границ рынка сбыта и постоянного контроля качества реализуемой продукции, конкуренция со стороны предприятий Тульской области будет минимизирована вплоть до незначительного уровня.

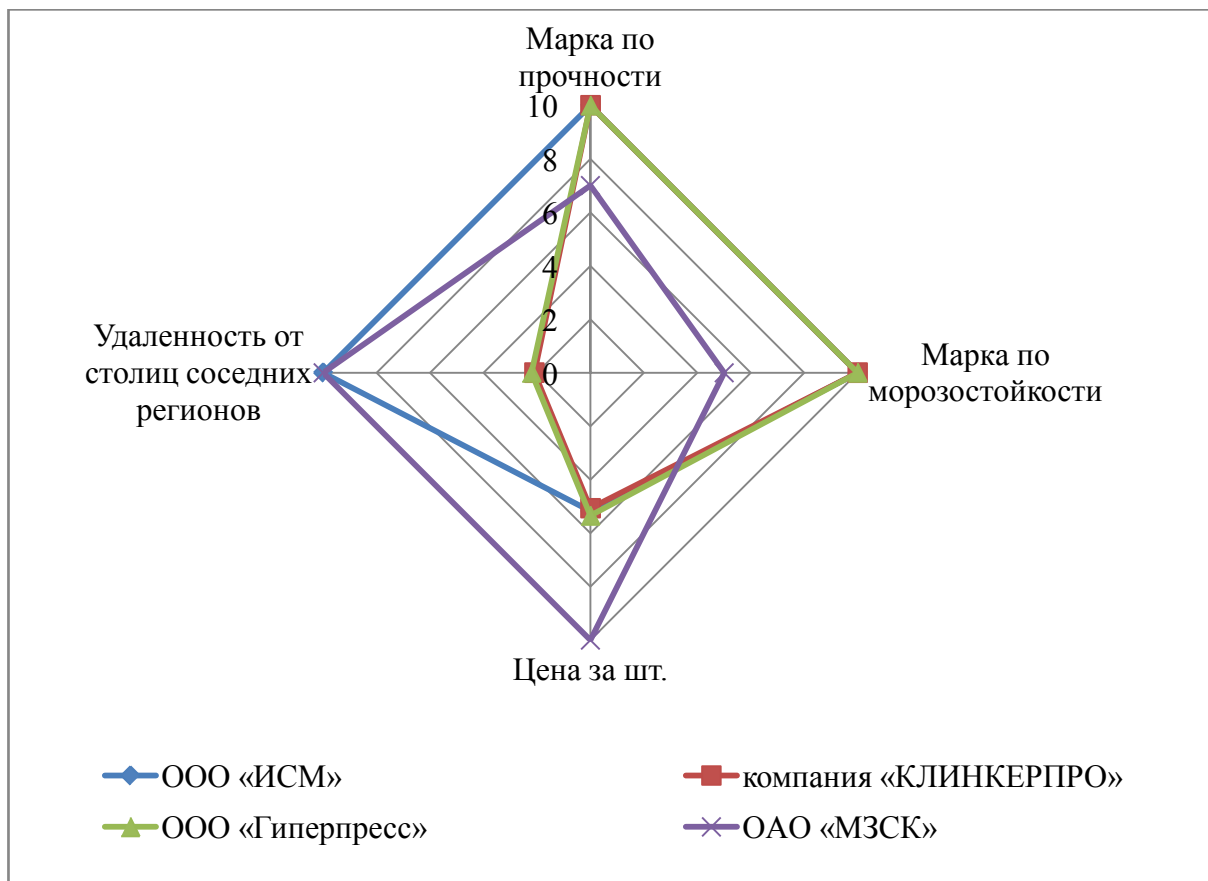


Рис. 5.4. Многогранник конкурентоспособности

Показатель уровня конкурентоспособности ООО «ИСМ» относительно предприятий-конкурентов определен как отношение площадей «многогранника конкурентоспособности» данной фирмы к площади «многогранника конкурентоспособности» предприятия-конкурента, составляет:

$$\frac{S_{\text{ООО "ИСМ"}}}{S_{\text{ООО "Гиперпресс"}}} = \frac{10 * 10 + 10 * 5,18 + 5,18 * 10 + 10 * 10}{10 * 10 + 10 * 5,35 + 5,35 * 2,2 + 2,2 * 10} = \frac{303,6}{187,27} = 1,621;$$

$$\frac{S_{\text{ООО "ИСМ"}}}{S_{\text{компания "КЛИНКЕРПРО"}}} = \frac{10 * 10 + 10 * 5,18 + 5,18 * 10 + 10 * 10}{10 * 10 + 10 * 5,07 + 5,07 * 2,1 + 2,1 * 10} = \frac{303,6}{182,35} = 1,665;$$

$$\frac{S_{\text{ООО "ИСМ"}}}{S_{\text{ОАО "МЗСК"}}} = \frac{10 * 10 + 10 * 5,18 + 5,18 * 10 + 10 * 10}{7 * 5 + 5 * 10 + 10 * 10 + 10 * 7} = \frac{303,6}{255} = 1,191.$$

Показатели конкурентоспособности ООО «ИСМ» выше единицы, что свидетельствует о более выгодном положении предприятия среди конкурентов. Основным преимуществом является географическая близость к потенциальным потребителям и, как следствие, существенное снижение транспортных издержек и сроков поставки.

4.2 Стратегия и план маркетинга

Общая стратегия маркетинга

Маркетинговая ориентация проекта – удовлетворение потребностей покупателей в современных стеновых строительных материалах, отвечающих требованиям всех действующих нормативных документов в области качества, долговечности и экологичности, а также эстетическим требованиям конкретных конечных потребителей продукта вследствие широкой цветовой палитры, фактуры и формы производимого материала.

Ценообразование

Создаваемое предприятие будет использовать в качестве сырья для производства строительного камня отсева дробления карбонатных пород, которые являются отходами промышленного производства Коркатовского карьера РМЭ. Вследствие чего, ОДКП имеют крайне низкую стоимость.

Кроме того, близкое расположение к карьере (10 км.) позволит снизить транспортные расходы. Таким образом, предприятие сможет обеспечить себе конкурентное преимущество в ценах.

Сбытовая политика

Сбытовая политика будет ориентирована как на частных потребителей, ведущих индивидуальное строительство, так и на крупные строительные компании, а также региональные строительные супермаркеты.

Реклама и продвижение товара на рынок

Важным элементом маркетинга является реклама, предназначенная для информирования покупателей, привлечения их внимания к производимым

товарам и распространения предложений, советов, рекомендаций по приобретению данной продукции.

Основные мероприятия по продвижению товара на рынок представлены в таблице П.9.

Таблица П.9

Перечень основных рекламных мероприятий

№ п/п	Содержание мероприятия
1	Создание и продвижение специализированного сайта, посвященного номенклатуре, свойствам, областям применения, конкурентным преимуществам и технологии производства основных видов продукции.
2	Телевизионная реклама в предполагаемой территориальной зоне реализации производимой продукции
3	Радио - реклама в предполагаемой территориальной зоне реализации производимой продукции
4	Реклама в местных и региональных печатных СМИ, в том числе специализированных строительных информационно-аналитических изданиях (например «Стройка», «Все для ремонта» и т.д.)
5	Участие в специализированных тематических выставках, конференциях и семинарах.
6	Реклама посредством обустройства демонстрационных стендов в крупных строительных торговых центрах (например в региональной сети магазинов «Мегастрой», «ОВИ», а также в местных строительных супермаркетах «БауМаркет», «Мегахол» (г. Йошкар-Ола), «МегаМол» (г. Чебоксары) и т.п.)
7	Установка рекламных щитов и широкоформатная реклама на фасадах зданий

4.3 Прогноз объема продаж

Прогнозирование продаж является начальной точкой финансовых расчетов в инвестиционном проекте. Это чрезвычайно важный момент, поэтому здесь следует обратить внимание на реалистичность оценок.

В прогноз объема продаж заложена производительность оборудования на 80-95% от максимально возможной. Это связано с тем, что КИРПИЧпрессованный достаточно специфический товар. На рынке широко распространено большое количество разных модификаций керамического и силикатного кирпича, которые являются привычными для потребителей. Новые товары и технологии всегда вызывают некоторые опасения у покупателей, в связи с этим достаточно сложно спрогнозировать спрос на продукцию.

5. Производственный план

5.1 Производственная мощность

Кирпич прессованный представляет собой двух компонентную смесь (цемент+ОДКП), модифицированную специализированными химическими модификаторами, формуемую под высоким давлением. Базовый вес кирпича составляет 5,8-6,1. В качестве ингредиентов используют:

- цемент (ЦЕМ I 42,5Б (ПЦ 500 Д0))
- ОДКП (фракция 0-5 мм.)
- химические добавки (Пенетрон Адмикс)
- краска (при производстве цветной продукции; минеральные пигменты).

Технология производства прессованного искусственного строительного камня

В основе технологического процесса производства кирпича без обжига лежит метод гиперпрессования, который не имеет ничего общего с традиционными технологиями:

- не использует глину, не сушит и не обжигает сформованный кирпич, как технология производства керамического кирпича;
- не использует песок и известь, не пропаривает формованный кирпич в автоклаве.

Технология гиперпрессования основывается на процессе холодной сварки, происходящем при прессовании подготовленной массы под высоким давлением.

Гиперпрессование - это технология сварки сыпучих минеральных материалов под воздействием высокого давления в присутствии вяжущих компонентов и воды, завершающаяся выдержкой на складе в течение 3-5 суток до созревания.

На первой стадии исходное сырье дробится до фракции 3-5 мм, после чего поступает в приемный бункер. Затем, пройдя по ленточному

транспортеру через расходный бункер и питательный дозатор, материал попадает в бетоносмеситель. Там происходит его смешивание с цементом до получения однородной массы. На второй стадии осуществляется поставка готового материала по ленточному конвейеру через двухрукавную течку на установку формования. После прессования кирпич можно сразу помещать на технологические поддоны. На них он и размещается на складе, где происходит естественная выдержка в течение 3-7 суток. После этого производится отгрузка готового кирпича потребителю.

Технологию процесса производства можно подразделить на несколько этапов:

1. Подготовка сырья

Технология гиперпрессования позволяет превращать в высококачественные лицевые кирпичи самые разнообразные минеральные промышленные отходы:

- **отсевы от производства щебня из нерудных пород;**
- отходы от добычи и распила облицовочного камня;
- отходы от обогащения каменного угля (сгоревшие терриконы);
- отходы от обогащения медных и железных руд (хвосты);
- доменные шлаки и т.д.

В отличие от других технологий, технология гиперпрессования позволяет использовать как каждый из вышеприведенных отходов, так и всевозможные их комбинации. Причем, доля отходов в готовом гиперпрессованном кирпиче может достигать 90%.

Наиболее благоприятными и доступными породами для производства лицевых гиперпрессованных кирпичей являются карбонатные породы. В России сырьевые ресурсы данных пород практически неисчерпаемы. Известняки добываются карьерами в Подмосковье, Ленинградской (облицовочный), Архангельской, Вологодской, Тульской, Белгородской, Воронежской областях, в Предуралье (Пермская область) и Поволжье, Краснодарском крае, на Северном Кавказе, на Урале, в ряде районов

Восточной Сибири. В республике Марий Эл постоянно функционируют 5 крупных карьеров, производящих карбонатный щебень:

1. Коркатовский карьер; 2. Памашьяльский карьер; 3. Новоторьяльский карьер; 4. Ронгинский карьер; 5. Чукшинский карьер.

Основным отходом производства на данных предприятиях является отсев дробления карбонатных пород, который до настоящего времени не находил применения в каком-либо производстве в качестве одного из основных компонентов. Утилизация данного вида отхода связана с серьезными организационными и экономическими трудностями. В результате вопрос остается нерешенным, а экологическая обстановка в районе скопления отходов постоянно ухудшается.

Технология производства гиперпрессованного кирпича является экологически чистой. Линии не дают ни твердых, ни жидких, ни газообразных отходов, а в качестве собственного сырья используют отход производств карбонатного щебня.

2. Дозирование компонентов и приготовление активированной пресс-массы

Первым этапом технологического процесса является приготовление прессуемой смеси. Смесь для изготовления кирпичей состоит из 3 компонентов:

основное сырье (отсев дробления карбонатных пород);

цемент (портландцемент, марка которого, в зависимости от требований к изготавливаемому кирпичу, колеблется от 300 до 500);

пигмент (используются обыкновенные минеральные пигменты или подручные мелкоперемолотые породы нужной окраски);

В процессе перемешивания, в смесь по мере необходимости добавляется **вода** (до 7%). Для исключения нежелательных эффектов, особое внимание желательно уделять чистоте воды, вода должна быть проточной, питьевой.

Заполнитель (отсев) загружается из оперативного склада в расходный бункер отсева. Вяжущее поступает в цементный приемный бункер. На весовом контроллере начинается процесс дозирования, при котором материал подается в передвижной контейнер, заранее установленный на весовую платформу. Аналогичным способом происходит дозирование пигмента. В процессе дозирования отсев проходит через вибросито, установленное между бункером и ленточным питателем, для дополнительного отсева крупных фракций сырья.

3. Дробление и смешивание

Дозированная смесь подается в смеситель-дробилку, в которой происходит процесс смешивания, дробления, и активации прессуемой смеси. Высокая степень гомогенности смеси достигается с помощью скоростного ротора, который вращается со скоростью 1480 об./мин. При необходимости в смеситель – дробилку через дозировочный насос подается необходимое количество воды. Полученная смесь направляется по транспортеру в приемный бункер прессы.

4. Формование изделий

Для получения высококачественного кирпича в процессе формования необходимо контролировать основные параметры: давление прессования и высоту изделия-сырца. Формование изделий в прессе происходит в автоматическом режиме, с одновременным контролем параметров качества прессуемого изделия. Электронный контроллер прессы позволяет следить за высотой изделия и значением давления прессования одновременно. В зависимости от оборудования, позволяет получать кирпич одинарный, полуторный или снижать толщину до плитки (20 мм).

5. Пропаривание

Свежие отформованные изделия укладываются на технологические поддоны оператором прессы. После укладки изделий поддоны помещаются в пропарочные камеры и выдерживаются при температуре 40-70 °С в течение 8-10 часов. После пропаривания изделия набирают 50-70% марочной

прочности, их можно рустировать, укладывать на транспортные поддоны и отправлять на стройплощадку. Окончательную прочность изделия набирают в течение 30 дней при плюсовой температуре уже в кладке.

В зимнее время года рекомендуется увеличить время пропаривания, а перед отправкой выдержать изделия в течение 2–3 суток в помещении при плюсовой температуре. Это позволит набранной влаге испариться, и избежать разрушения кирпича при замораживании.

Возможный годовой объем производства продукции определяется исходя из количества закупаемого оборудования и его сменной производительности (таблица П.10). Сменная производительность линии – 2500 шт.

Таблица П.10

Расчет максимально возможного годового объема производства

Показатель	Ед. изм.	Значение показателя
1. Сменная производительность (принимается по паспорту машины, технологической линии)	шт.	2500
2. Количество закупаемого оборудования		1 технологическая линия
3. Число рабочих дней за год (общее число дней в году минус выходные, праздничные дни)	дни	249
4. Коэффициент технической готовности		0,8
5. Отработано машино-дней с учетом коэффициента технической готовности	м/дни	199
6. Коэффициент сменности		2
7. Фонд времени работы оборудования – отработано машино-смен	м/см	398
8. Максимально возможный годовой объем производства	шт.	995 000

На любом предприятии не может быть абсолютной готовности оборудования к работе. Часть станков и механизмов находится в ремонте, на техобслуживании. Поэтому в расчет вводится такой показатель, как коэффициент технической готовности. На создаваемом предприятии он равен 0,8. Расчет объемов производства по годам осуществления инвестиционного проекта, исходя из графика освоения производственной мощности, произведен в таблице П.11.

**График освоения производственной мощности (в процентах от проектной мощности)
и годовые объемы производства продукции**

Производственная мощность, всего	Макс. возм. год-ой объем произв-ва	2014	2015	2016	2017	2018
1. Производственная мощность всего в год, %	100	70	85	95	95	95
в том числе:						
1.1 кирпич прессованный Т1, %	25,0	17,5	21,25	23,75	23,75	23,75
1.2 кирпич прессованный Т2, %	55,0	38,5	46,75	52,25	52,25	52,25
1.3. кирпич прессованный Т3, %	20,0	14	17	19	19	19
2. Производственная мощность по видам продукции	995000,00	696500	845750	945250	945250	945250
2.1 кирпич прессованный Т1, шт.	248750	174125	211437,5	236312,5	236312,5	236312,5
2.2 кирпич прессованный Т2, шт.	547250	383075	465162,5	519887,5	519887,5	519887,5
2.3 кирпич прессованный Т3, шт.	199000	139300	169150	189050	189050	189050

5.2 Расчет потребности в сырье и материалах

Капитальные вложения на прирост оборотных средств

Для загрузки приобретаемого оборудования требуется создание запасов сырья и материалов. Поэтому в инвестиционном проекте рассчитываются капитальные вложения на прирост оборотных средств.

К производству планируются три вида кирпича прессованного, их основные характеристики приведены в таблице П.12.

Виды планируемой к производству продукции

Характеристики	Тип 1 (Т1)	Тип 2 (Т2)	Тип 3 (Т3)
Марка	М 150	М 200	М 250
Водостойкость	Коэффициент водостойкости менее 0,8	Коэффициент водостойкости более 0,8	Коэффициент водостойкости более 0,8

Характеристики	Тип 1 (Т1)	Тип 2 (Т2)	Тип 3 (Т3)
Морозостойкость	F 15	F50	F50
Область применения	Для возведения простенков и внутренней отделки	Для возведения всех видов несущих и ограждающих конструкций, облицовки фасадов	Для возведения всех видов несущих и ограждающих конструкций, облицовки фасадов

Основными видами сырья для производства рассматриваемых строительных материалов являются: цемент (ЦЕМ I 42,5Б (ПЦ 500 Д0)), ОДКП, химические добавки (Пенетрон Адмикс), краска (минеральные пигменты).

Таблица П.13

Рецептура (расход сырья) на 1шт.кирпича прессованного Т1

Сырье	Количество, кг
1. Цемент	0,61
2. Вода	0,793
3. ОДКП	5,49
4. Химические добавки	0
5. Краска	0,012
Итого	6,905

В качестве химического модификатора выступала добавка Пенетрон Адмикс.

Таблица П.14

Рецептура (расход сырья) на 1 шт. кирпича прессованного Т2

Сырье	Количество, кг
1. Цемент	0,61
2. Вода	0,7625
3. ОДКП	5,49
4. Химические добавки	0,0061
5. Краска	0,012
Итого	6,8806

Таблица П.15

Рецептура (расход сырья) на 1 шт. кирпича прессованного Т3

Сырье	Количество, кг
1. Цемент	1,22
2. Вода	0,732

Сырье	Количество, кг
3. ОДКП	4,88
4. Химические добавки	0,0122
5. Краска	0,012
Итого	6,8442

Зная расход каждого вида сырья, годовой объем производства строительных материалов и цены на сырье, в таблицах П.13-П.15 рассчитаем стоимость сырья и материалов на весь годовой объем производства.

Таким образом, на производство 796 тыс. штук прессованных кирпичей в год необходимо закупить сырья на сумму 5274,65 тыс. руб.

Таблица П.16

**Расчет потребности в сырье на годовой объем производства
строительных материалов**

Наименование сырья	Расход на ед. продукции, кг	Годовая потребность в сырье, т	Цена за т сырья, руб.	Стоимость сырья, тыс. руб.
Кирпич прессованный, тип 1				
1. Цемент	0,61	106,22	4700	499,22
2. Вода	0,793	138,08	53,75	7,42
3. ОДКП	5,49	955,95	104	99,42
4. Химические добавки	0	0,00		0
5. Краска	0,012	2,09	90000	188,06
Всего	х	х	х	794,11
Кирпич прессованный, тип 2				
1. Цемент	0,61	233,68	4700	1098,28
2. Вода	0,7625	292,09	53,75	15,70
3. ОДКП	5,49	2103,08	104	218,72
4. Химические добавки	0,0061	2,34	260000	607,56
5. Краска	0,012	4,60	90000	413,72
Всего	х	х	х	2353,97
Кирпич прессованный, тип 3				
1. Цемент	1,22	169,946	4700	798,7462
2А. Вода	0,732	101,9676	53,75	5,4807585
3. ОДКП	4,88	679,784	104	70,697536
4. Химические добавки	0,0122	1,69946	260000	441,8596
5. Краска	0,012	1,6716	90000	150,444
Всего	х	х	х	1467,228095
Итого	х	х	х	4615,314306

На основании информации, представленной в таблице П.16, заполняется таблицу П.17.

Расчет оборотного капитала, необходимого для финансирования производственных запасов и резервов денежных поступлений по готовой продукции, представленный в таблице 5,17, производится по следующим формулам:

1) расчет потребности оборотного капитала по производственным запасам:

$$A_{\text{ПЗ}} = \sum A_{\text{ПЗ}_i}, \quad (5.1)$$

где $A_{\text{ПЗ}}$ - потребность в оборотном капитале по производственным запасам в целом; $A_{\text{ПЗ}_i}$ - потребность в оборотном капитале по i - му виду сырья.

$$A_{\text{ПЗ}_i} = \frac{3M_i}{P} \times \left(d_i + \frac{q_i}{2} \right), \quad (5.2)$$

где $3M_i$ - годовые затраты на сырье, материалы данного вида;

P - продолжительность шага в днях (год = 365 дней);

d_i - величина страхового запаса в днях;

q_i - периодичность поставок в днях;

2) расчет потребности оборотного капитала по готовой продукции:

$$A_{\text{ГП}} = \text{РП} \times \frac{P_0}{P \times 2}, \quad (5.3)$$

где РП - реализованная продукция;

P_0 - периодичность отгрузки в днях.

Таблица П.17

Расчет капитальных вложений на прирост оборотных средств

Оборотные активы	Норма запаса, дн.	Стоимость однодневного запаса, руб.	Потребность в оборотном капитале, тыс. руб.
I. Производственные запасы:			
Кирпич прессованный Т1			
1. Цемент	4	2867,00	11468,00
2. ОДКП	4	570,96	2283,84
4. Химические добавки	0	0	0,00
5. Краска	14	1080	15120,00
Всего	х	х	28871,84

Оборотные активы	Норма запаса, дн.	Стоимость однодневного запаса, руб.	Потребность в оборотном капитале, тыс. руб.
Кирпич прессованный Т2			
1. Цемент	4	6307,40	25229,60
3. ОДКП	4	1256,11	5024,45
4. Химические добавки	30	3489,2	104676
5. Краска	14	2376	33264,00
Всего	х	х	134930,05
Кирпич прессованный Т3			
1. Цемент	4	4587,20	18348,80
3. ОДКП	4	406,02	1624,06
4. Химические добавки	30	2537,60	76128,00
5. Краска	14	864	12096,00
Всего	х	х	96100,86
II. Готовая продукция:			
Кирпич прессованный Т1	2	2746,2	5492,4
Кирпич прессованный Т2	2	8143,08	16286,16
Кирпич прессованный Т3	2	4346,16	8692,32
Всего	х	х	30470,88
Итого	х	х	290373,63

5.3 Трудовые ресурсы, необходимые для реализации инвестиционного проекта

Затраты на оплату труда производственных рабочих с соответствующими отчислениями на социальные нужды относятся к прямым затратам, входящим в состав себестоимости производимой продукции. Первичные документы (табель использования рабочего времени, наряды, маршрутные листы, сменные задания, листки о простое, акты о браке и т.д.) являются основой для составления ведомости распределения расходов на оплату труда, отчислений в государственные внебюджетные социальные фонды и образования резерва на оплату очередных отпусков рабочим.

Для работы на закупаемом оборудовании, согласно штатного расписания, требуется 4 основных и 6 вспомогательных рабочих, занятых обслуживанием технологической линии. Продолжительность одного рабочего дня равна 8 часов. Для изготовления годового объема производства требуется отработать 398 машино-смен.

В таблице П.18 рассчитаны трудозатраты производственных рабочих, в таблице П.19 - общий фонд заработной платы производственных рабочих.

Таблица П.18

Расчет трудозатрат производственных рабочих*

Виды работ	Фонд рабочего времени, календ., дней	Фонд рабочего времени, факт., дней	Фонд рабочего времени 1 рабочего, ч.	Численность работников, чел.	Трудо-затраты, ч.
I. Основное производство	365	249	1986	4	7944
II. Вспомогательное производство	365	249	1986	6	11916

*При 40 часовой рабочей неделе.

Таблица П.19

Расчет издержек на оплату труда производственных рабочих

Виды работ	Трудо-затраты, ч.	Средне-часовая тарифная ставка, руб.	Тарифный фонд заработной платы, тыс. руб.	Коэффициент перехода от тарифного фонда заработной платы к общему фонду оплаты труда	Общий фонд заработной платы, тыс. руб.
I. Основное производство	7944	65	516,36	1,8	929,448
II. Вспомогательное производство	11916	60	714,96	1,5	1072,44
III. Итого	x	x	x	x	2001,888

Тарифный фонд заработной платы для основных и вспомогательных рабочих рассчитывается произведением трудозатрат на среднечасовую тарифную ставку основных или вспомогательных рабочих.

Для определения общего фонда зарплаты используются коэффициенты перехода от тарифного фонда заработной платы к общему фонду оплаты труда.

6. Оценка коммерческой эффективности инвестиционного проекта

6.1 Денежный поток от операционной деятельности

Денежные потоки инвестиционного проекта – это совокупность всех доходов и расходов инвестиционного проекта. Денежный поток при оценке коммерческой эффективности проекта в целом состоит из потока от операционной и инвестиционной деятельности.

Расход сырья и материалов рассчитан в таблице П.16, расходы на оплату труда основных производственных рабочих – в таблице П.19.

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования представлены в таблице П.20.

Начисление амортизации производится линейным способом исходя из нормативного срока службы оборудования, составляющего 12 лет.

Норма амортизации за год: $100 \% / 12 \text{ лет} = 8,33 \%$.

Общая сумма отчислений на социальные нужды равна 30%.

Таблица П.20

Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Расходы	Сумма, тыс. руб.
1. Оплата труда вспомогательного и обслуживающего персонала	1072,44
2. Суммы отчислений на социальные нужды	321,732
3. Амортизационные отчисления	532,21
4. Расходы на ремонт оборудования	373,16
5. Прочие расходы	229,64
6. Электроэнергия	203,77
7. Топливо и ГСМ	25,87
Всего	2758,82

Калькуляция себестоимости продукции представлена в таблице П.16. Однако поскольку основную долю себестоимости составляет статья «Сырье и материалы», приведем ее подробную расшифровку (таблица П.21).

Таблица П.21

Калькуляция сырья и основных материалов для изготовления продукции

Сырье и материалы	Расход на 1 шт., кг	Цена за тонну, руб.	Стоимость, руб.
Кирпич прессованный Т1			
1. Цемент	0,61	4700	2,87
2. Вода	0,793	53,75	0,04
3. ОДКП	5,49	104	0,57
4. Химические добавки	0	0	0
5. Краска	0,012	90000	1,08
Всего	х	х	4,56
На годовой объем производства			794111,65
Кирпич прессованный Т2			
1. Цемент	0,61	4700	2,87
2. Вода	0,7625	53,75	0,04
3. ОДКП	5,49	104	0,57
4. Химические добавки	0,0061	260000	1,59
5. Краска	0,012	90000	1,08
Всего	х	х	6,14
На годовой объем производства			2353974,57
Кирпич прессованный Т3			
1. Цемент	1,22	4700	5,73
2. Вода	0,732	53,75	0,04
3. ОДКП	4,88	104	0,51
4. Химические добавки	0,0122	260000	3,17
5. Краска	0,012	90	1,08
Всего	х	х	10,53
На годовой объем производства			1467228,09
Итого на годовой объем производства			4615314

Таблица П.22

Калькуляция себестоимости продукции

Статьи расходов	Годовой объем, шт.	
	сумма, тыс. руб.	на 1 вид изделия, руб.
1. Сырье и основные материалы	4615314,31	6,63
Т1	794111,65	4,56
Т2	2353974,57	6,14
Т3	1467228,09	10,53
2. Оплата труда производственных рабочих, в том числе	929448,00	1,33
Т1	232362,00	1,33

Статьи расходов	Годовой объем, шт.	
	сумма, тыс. руб.	на 1 вид изделия, руб.
T2	511196,40	1,33
T3	185889,60	1,33
3. Суммы отчислений на социальные нужды	278834,40	0,40
T1	69708,60	0,40
T2	153358,92	0,40
T3	55766,88	0,40
4. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	2758820,58	3,96
T1	689705,15	3,96
T2	1517351,32	3,96
T3	551764,12	3,96
5. Всего прямых расходов	8582417,29	12,32
T1	1785887,39	10,26
T2	4535881,21	11,84
T3	2260648,69	16,23
в т.ч. без амортизационных отчислений	8050208,71	11,56
6. Расходы на управление производством и общехозяйственные нужды	500000,00	0,72
в том числе арендная плата	312000,00	
T1	125000,00	0,72
T2	275000,00	0,72
T3	100000,00	0,72
7. Производственная себестоимость, всего:	9082417,29	13,04
T1	1910887,39	10,97
T2	4810881,21	12,56
T3	2360648,69	16,95
8. Расходы на продажу	454120,86	0,65
T1	113530,22	0,65
T2	249766,48	0,65
T3	90824,17	0,65
9. Полная себестоимость	9536538,15	13,69
T1	2024417,61	11,63
T2	5060647,68	13,21
T3	2451472,86	17,60

Расходы на производство и продажу продукции, выручка и прибыль

Наименование показателей	Год				
	2014	2015	2016	2017	2018
1. Объем продажи (производства) продукции (услуг) в натуральном выражении, шт.	696500	845750	945250	945250	945250
в том числе:					
1.1 Т1	174125	211437,5	236312,5	236312,5	236312,5
1.2 Т2	383075	465162,5	519887,5	519887,5	519887,5
1.3 Т3	139300	169150	189050	189050	189050
2. Цена продажи ед. продукции, руб.					
2.1 Т1	13,80	14,49	15,21	15,98	16,77
2.2 Т2	18,60	19,53	20,51	21,53	22,61
2.3 Т3	27,30	28,67	30,10	31,60	33,18
3. Выручка от продажи, руб.	13331010,0	16997037,75	19946523,71	20943849,90	21991042,39
3.1 Т1	2402925,00	3063729,38	3595376,53	3775145,36	3963902,63
3.2 Т2	7125195,00	9084623,63	10661073,02	11194126,67	11753833,00
3.3 Т3	3802890,00	4848684,75	5690074,16	5974577,87	6273306,76
4. Внереализационные доходы	-	-	-	-	-
5. Расходы на производство и продажу продукции, всего	9536538,15	11580082,04	14107264,66	15376918,47	16760841,14
в том числе:					
5.1 Производственные издержки, всего	9082417,29	11028649,57	12021228,03	13103138,55	14282421,02
5.2. Расходы на продажу продукции	454120,86	551432,48	601061,40	655156,93	714121,05
6. Прибыль до налогообложения	3794471,85	5416955,71	5839259,06	5566931,42	5230201,26
7. Платежи из прибыли в бюджет	799860,60	1019822,27	1196791,42	1256630,99	1319462,54
с доходов (6%)	799860,60	1019822,27	1196791,42	1256630,99	1319462,54
с доходов -расходы (15%)	569170,78	812543,36	875888,86	835039,71	784530,19
8. Чистый доход	2994611,25	4397133,44	4642467,63	4310300,43	3910738,71

6.3 Оценка коммерческой эффективности инвестиционного проекта

Эффективность инвестиционных проектов определяют с использованием различных показателей, к которым относятся:

- 1) чистый дисконтированный доход (ЧДД), или интегральный эффект;
- 2) индекс доходности (ИД);

3) внутренняя норма доходности (ВНД);

4) срок окупаемости.

Для расчета вышеперечисленных показателей необходимо рассчитать норму дисконта. Для данного проекта примем ее равной 19%, на уровне средней процентной ставки по депозитам с учетом инфляции.

Данные для расчета показателей эффективности инвестиционного проекта представлены в таблице П.25.

Таблица П.25

Денежные потоки инвестиционного проекта, тыс. руб.

Показатели	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1. Денежный поток от операционной деятельности	196,82	4326,68	5949,16	6371,47	6099,14	5762,41
- денежные притоки	1300,00	13863,22	17529,25	20478,73	21476,06	22523,25
-денежные оттоки	896,82	9536,54	11580,08	14107,26	15376,92	16760,84
2. Денежный поток от инвестиционной деятельности	-6386,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- денежные притоки	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- денежные оттоки	-6386,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4. Сальдо суммарного потока от операционной и инвестиционной деятельности	-6189,68	4326,68	5949,16	6371,47	6099,14	5762,41
5. Сальдо накопленного потока	-5889,68	-1563,00	4386,17	10757,63	16856,77	22619,18
6. Коэффициент дисконтирования	0,00	0,84	0,71	0,59	0,50	0,42
7. Дисконтированное сальдо суммарного потока	-5153,51	3635,87	4201,09	3780,93	3041,45	2414,73
8. Накопленное дисконтированное сальдо суммарного потока	-4853,51	-2253,81	1947,28	5728,21	8769,66	11184,39

Чистый накопленный доход (ЧД) и чистый дисконтированный доход (ЧДД) должны быть положительны.

$$\text{ЧД} = 22619,18 \text{ тыс. руб.} > 0 ;$$

$$\text{ЧДД} = 11184,39 \text{ тыс. руб.} > 0 , \text{ значит, проект эффективен.}$$

Индекс доходности простой (ИДпр) представляет собой отношение суммы эффектов к величине капиталовложений и рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИД}_{\text{прост}} = \frac{1}{\text{КВ}} * \text{ЧД} = \frac{1}{6386,50} * 22619,18 = 3,542$$

Индекс доходности дисконтированный (ИДдиск.) представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине капиталовложений и рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ИД}_{\text{диск}} = \left(\frac{1}{\text{КВ}} * \text{ЧДД} \right) + 1 = \left(\frac{1}{6386,50} * 11184,39 \right) + 1 = 2,751$$

Индексы доходности > 1 , значит, проект эффективен.

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой ту норму дисконта, при которой величина приведенных эффектов равна приведенным капиталовложениям. ВНД проекта сравнивается с требуемой инвестором нормой дохода на вкладываемый капитал (WACC). Если $\text{ВНД} \geq \text{WACC}$, то инвестиции в данный инвестиционный проект оправданы. В противном случае инвестиции в данный проект нецелесообразны.

$$\text{ВНД} = \sqrt{\frac{\text{ЧДД}}{\text{КВ}}} \times 100\% = \sqrt{\frac{11184,39}{6386,50}} * 100\% = 132,34\%$$

В нашем случае $\text{WACC} = 19\%$, $\text{ВНД} = 132,34\% > \text{WACC} \Rightarrow$ инвестиции эффективны.

Окупаемость проекта достигается на втором шаге (2015 г.) расчетного периода, как без, так и с учетом дисконтирования. Более точный расчет срока окупаемости проекта производится по формуле:

$$\text{Ток} = \frac{\text{число лет, предшествующих периоду окупаемости}}{\text{невозмещенная стоимость на начало периода окупаемости}} + \frac{\text{приток наличности в течение периода окупаемости}}{\text{невозмещенная стоимость на начало периода окупаемости}}$$

$$\text{Ток} = 2 + \frac{1562997,70}{5949164,29} = 2 + 0,262 = 2,262 \text{ года} = 2 \text{ года } 4 \text{ месяца}$$

$$T_{\text{ок диск}} = 2 + \frac{2253812,22}{4201090,52} = 2 + 0,537 = 2,537 \text{ года} = 2 \text{ года } 7 \text{ месяцев}$$

Кроме того, проанализируем основные прогнозные экономические показатели работы МИП ООО «ИСМ» до 2018 г.

Таблица П.26

Основные экономические показатели

Показатели	Годы				
	2014	2015	2016	2017	2018
1. Выручка от продажи продукции, тыс. руб.	15235,44	16997,04	19946,52	20943,85	21991,04
2. Выпуск продукции, шт.	796000	845750	945250	945250	945250
3. Выпуск продукции, тыс. руб.	9741,75	10350,61	11282,16	12297,56	13404,34
4. Среднегодовая стоимость основных средств, тыс. руб.	6386,50	6386,50	6386,50	6386,50	6386,50
5. Прибыль (убыток) от продаж, тыс. руб.	5006,60	6128,90	6706,58	6512,31	6260,66
6. Чистая прибыль (убыток), тыс. руб.	4092,48	5109,08	5509,78	5255,67	4941,20
7. Фондоотдача, руб./ руб.	1,53	1,62	1,77	1,93	2,10
8. Фондоёмкость, руб./ руб.	0,66	0,62	0,57	0,52	0,48
9. Рентабельность продаж, %	51,39	59,21	59,44	52,96	46,71
в т.ч. по видам продукции					
T1	27,96	23,27	18,74	18,39	18,19
T2	71,64	65,34	59,27	53,43	47,80
T3	99,01	91,71	84,67	77,89	71,37

Выводы

Значения показателей экономической эффективности разрабатываемого инвестиционного проекта, целью которого является создание малого инновационного предприятия для производства новых видов продукции – стенового искусственного строительного камня (кирпича полуторного и одинарного), получаемого методом полусухого прессования на основе комплексного использования отсевов дробления карбонатных пород (ОДКП), приведенные в таблице П.27, позволяют сделать вывод о том, что рассматриваемый инвестиционный проект целесообразен и эффективен с коммерческой точки зрения и может быть рекомендован к внедрению.

Таблица П.27

Оценка коммерческой эффективности проекта (расчетный период 5 лет)

Показатель эффективности проекта	Ед. измер.	Значение показателя
Чистый доход	тыс. руб.	22619,18
Чистый дисконтированный доход	тыс. руб.	11184,39
Индекс доходности	–	3,542
Индекс доходности (дисконтированный)	–	2,751
Внутренняя норма доходности	%	132,34
Срок окупаемости	мес.	28
Срок окупаемости (дисконтированный)	мес.	31