

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ
им. Н. ИСАНОВА**

На правах рукописи

УДК 674.048.001; 691.115.674

Матыева Акбермет Карыбековна

**РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ
ОБЛЕГЧЕННОГО АРБОЛИТА ИЗ ОСТАТКОВ ОДНОЛЕТНИХ
РАСТЕНИЙ И МЕСТНОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГО**

05.23.05 – строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени

доктора технических наук

Научный консультант:

Заслуженный работник

образования КР,

д.т.н., профессор

Курдюмова Валентина

Мифодьевна

Бишкек - 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО АРБОЛИТА НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНО- РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ	17
1.1. Принципиальные схемы рациональной технологии арболита на эффективных способах подготовки сырьевых компонентов	17
1.2. Теоретические предпосылки и обоснование новых технологических решений в производстве арболита на древесно-растительном сырье и полимерсиликатно - гипсовом вяжущем	86
1.3. Концептуальные положения теории полимерсиликатов в процессах создания композиций с органическим заполнителем и модифицированным минеральным вяжущим	88
1.4. Синергетический эффект при комплексном применении разработанных способов подготовки сырьевых компонентов при получении арболита	92
1.5. Основные требования, предъявляемые к строительно- техническим свойствам стеновых блоков из облегченного арболита	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 1	101

ГЛАВА 2. ИСХОДНОЕ СЫРЬЕ И МАТЕРИАЛЫ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	104
2.1. Основные характеристики используемых исходных материалов	104
2.2. Принятая методика исследований физических и технических свойств облегченного арболита	115
2.3. Методика выполнения экспериментальных исследований	117
2.4. Методы исследования структуры в РЭМ	118
2.5. Метод математико-статистического моделирования	121
2.6. Оборудование и приборы, применяемые при экспериментальных исследованиях	123
2.7. Определение теплофизических свойств стеновых конструкций из арболита	124
2.8. Определение статистической достоверности результатов исследований	127
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 2	128
ГЛАВА 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРБОЛИТА С КОМПЛЕКСНЫМИ ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ РГЗК	131
3.1. Реализация способа облагораживания заполнителя из растительного сырья комплексными модификаторами	131
3.2. Теоретические предпосылки состояния движущейся сжимаемой пластической среды из РГЗК с учетом динамики вязкопластической среды	142
3.3. Термодинамический анализ структуры облегченного	

арболита	153
3.4. Исследование адгезии и контактной зоны в структуре модифицированного арболита	161
3.5. Анализ кинетики твердения и взаимодействия компонентов в органоминеральной полимерсиликатной композиции арболита	174
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 3	180
ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ОБЛЕГЧЕННОГО АРБОЛИТА ДЛЯ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ НА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБАХ ПОДГОТОВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ	183
4.1. Оптимизация составов и свойств облегченного арболита с заданными свойствами методом математического планирования эксперимента	183
4.2. Разработка рациональных технологических параметров подготовки сырьевых компонентов в производстве модифицированного арболита	195
4.3. Энергосберегающая технология изготовления атмосферостойкого, облегченного арболита из ПСГЗЩ композиции	203
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 4	212
ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И СТОЙКОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО, ОБЛЕГЧЕННОГО АРБОЛИТА К ЦИКЛИЧЕСКИМ ВЛАГОПЕРЕМЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ	215
5.1. Зависимость прочности модифицированного, облегченного арболита от состава	215
5.2. Снижение влажностных деформаций растительного заполнителя в композите	218

5.3. Гидрофизические свойства модифицированной композиции арболита для стеновых блоков	221
5.4. Упругие свойства атмосферостойкого облегченного арболита	226
5.5. Теплофизические свойства облегченного арболита	227
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 5	232
ГЛАВА 6. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ ОБЛЕГЧЕННОГО АРБОЛИТА И ЕГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ	233
6.1. Технология получения опытных партий облегченного арболита в условиях производства	234
6.2. Производственное внедрение облегченного арболита в ОсОО «Домостроительный сервис «Азат» и технико-экономическая эффективность	238
6.3. Производственное внедрение облегченного арболита в ОсОО «Меркит-Курулуш» и «Элит-Строй-Сити» в Ошской области и технико-экономическая эффективность	249
6.4. Рекомендации к строительному раствору	254
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 6	260
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	262
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	267
ПРИЛОЖЕНИЯ	316

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АЛСА – атмосферостойкий лигнополимерсиликатный арболит;
- КТИМ – конструкционно-теплоизоляционный материал;
- РГК – растительно-гипсовая композиция;
- РГЗК – растительно-гипсозольная композиция;
- ПСК – полимерсиликатная композиция;
- РВК – растительно-вяжущая композиция;
- РГС – растительно-гипсовое сырье;
- ПСД – полимерсиликатные добавки;
- ПЦК – портландцементный клинкер;
- ГГ – глино-гипс;
- ЛСТ – лигносульфат технический;
- ГЗЩВ – гипсозольнощелочное вяжущее;
- ПСГЗЩК – полимерсиликатная гипсозольнощелочная композиция;
- ТПФН – триполифосфат натрия;
- НПФК – нитропериметилфосфорная кислота;
- СДБ – сульфатно-дрожжевая бражка;
- СФЖ – фенолформальдегидная смола;
- СКС – бутадиенстирольный латекс;
- Na_2SiF_6 – кремнефтористый натрий;
- λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К;
- ρ – плотность материала, кг/м³;
- α – коэффициент звукопоглощения;
- β – коэффициент выхода поромассы;
- НГ – нормальная густота;
- $R_{сж}$ – прочность на сжатие, Мпа;
- R_i – прочность на изгиб, Мпа;
- Å – Ангстрем.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В основных направлениях экономического и социального развития Кыргызской Республики предусмотрено преимущественное развитие производства сейсмостойких строительных изделий и конструкций с пониженной металлоемкостью, стоимостью и трудозатратами, обеспечивающие уменьшение материалоемкости, массы зданий и сооружений, улучшение их теплозащиты.

При этом возникает необходимость широкого вовлечения в хозяйственный оборот вторичных материальных и топливно-энергетических ресурсов, отходов и попутных продуктов, что способствует, помимо всего прочего, оздоровлению окружающей среды.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, одним из эффективных путей решения этой задачи является строительство из арболита – легкого бетона на органических заполнителях, позволяющее утилизировать отходы производства сельскохозяйственных культур (соломы). Поэтому производство арболита в Кыргызской Республике является перспективной отраслью промышленности строительных материалов. Ее развитию способствуют многие факторы, как традиционные – возможность получения легкого деревобетона для жилищного строительства, так и новые – резкий дефицит деловой древесины в Кыргызской Республике, и в то же время возрастающие требования к биостойкости и огнестойкости конструкций, экологическая обстановка. Новые факторы стимулируют изготовление арболита из всевозможных растительных отходов сельскохозяйственных культур взамен древесных отходов и использования местных модифицированных вяжущих.

Научно-исследовательские разработки в области создания атмосферостойкого арболита с использованием соломы злаковых и гипсозолощелочных вяжущих по энергоресурсосберегающим технологиям мало освещались в специальной литературе и не получают достаточного

развития. В странах СНГ и РФ работы отечественных ученых: Хрулева В.М., Касимова И.К., Батырбаева Г.А., Акчабаева А.А., Курдюмовой В.М., Ферронской А.В., Рыбьева И.А., Абдыкалыкова А.А. и др. посвящены созданию искусственных строительных конгломератов (ИСК), в т.ч. и арболита из органического сырья на полимерных и минеральных вяжущих.

В предлагаемой работе повышение стойкости арболита из местного сырья, особенно к тепловлажностным и атмосферным воздействиям достигается путем стабилизации размеров частиц соломы методом модифицирования их специальными водостойкими составами и применением минеральных вяжущих, невосприимчивых к экстрактивным веществам органоуплотнителя.

Преимущество этого метода состоит в том, что блокируя гидрофильные группы веществ растительной массы, модифицирование как бы выравнивает свойства частиц из остатков сельскохозяйственных растений. Снижается также негативное влияние ширины частиц при использовании несепарированных мелких отходов, т.е. значительно расширяется сырьевая база материала. Одновременно повышается водо-, био-, огне- и химическая стойкость арболита, обеспечивающие долговечность строительных изделий и конструкций зданий.

Кроме того, по сравнению с традиционной технологией часть технологических операций сокращается (предварительное вымачивание, сушка органоуплотнителя и дополнительная термообработка изделий из арболита).

Вышеуказанное определяет экономическую целесообразность создания нового атмосферостойкого арболита из местного сырья и применением его в малоэтажном домостроении КР.

Арболит – строительный материал межотраслевого производства. Его качественные показатели и нормативные характеристики регламентируются единым государственным стандартом [90].

Как строительный материал арболит достаточно прочен (сопротивление сжатию 0,5-4,0 МПа), огнестоек (1-я группа трудногорючих материалов), биостоек (трудно заражается дереворазрушающими грибами),

малотеплопроводен (коэффициент теплопроводности 0,081-0,294 Вт/м⁰ С), легок (плотность 400-800 кг/м³).

Себестоимость изделий из арболита на 25-30% ниже, чем бетонов на пористых заполнителях и ячеистых. Затрата на 1 м² стены и трудоемкость монтажа в 3-4 раза меньше, чем из кирпича.

В работе приводятся методы повышения долговечности арболита, нашедшие применение в строительстве. По расчетам, продление срока службы арболитовых конструкций до 30-50 лет может дать экономию в строительстве в сотни миллионов сомов.

Разработка состава и технологии получения атмосферостойкого арболита из местного сырья для ограждающих конструкций зданий весьма перспективна для строительного комплекса Кыргызской Республики. По данным предыдущих исследований [31, 45, 105, 110, 272, 141, 151, 270] 1 м³ арболита экономит 1-2 м³ деловой древесины.

Связь темы диссертации с приоритетными научными направлениями, крупными научными программами (проектами), основными научно-исследовательскими работами, проводимыми образовательными и научными учреждениями. Настоящая работа проводилась в рамках «Государственной, комплексной программы развития науки, техники и новых технологий Кыргызской Республики на период 2010-2017 годы (раздел «Строительство и стройиндустрии», проект №1 «Разработка прогрессивных технологий производства экологически и энергетически эффективных композиционных материалов полифункционального назначения для строительства) и по плановой научно-исследовательской тематике кафедры «СКЗС» Кыргызского Государственного университета, строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

Цель работы. Разработать и научно обосновать энергосберегающую технологию, новый состав сырьевой смеси для получения облегченного арболита из остатков растениеводства (соломы) и местного

многокомпонентного модифицированного вяжущего с прогнозируемыми свойствами.

Задачи исследований:

- научно обосновать концепцию состава вязкопластической среды из растительно-гипсозолощелочной композиции (РГЗЩК) с модифицирующими добавками для получения облегченного арболита с улучшенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами;
- разработать рациональные технологические параметры модификации частиц растительного сырья с учетом влажностных деформаций органозаполнителя;
- выявить влияние гидрофобных добавок и катализаторов на свойства гипсозолощелочного модифицированного вяжущего и привести экспериментально-теоретические исследования по повышению прочности гидрофизических и термодинамических свойств материала;
- методом математико-статистического моделирования оптимизировать новый состав атмосферостойкого арболита из остатков растениеводства и местного вяжущего с эффективными модификаторами. Раскрыть основные закономерности процессов структурообразования контактной зоны модифицированного вяжущего и особенности адгезии его с органозаполнителем с учетом динамики движущейся вязкопластической среды растительно-гипсозолощелочной композиции (РГЗЩК) в условиях плоской деформации;
- раскрыть основные закономерности процессов структурообразования контактной зоны модифицированного вяжущего и особенности адгезии его с органозаполнителем с учетом динамики движущейся вязкопластической среды РГЗЩК в условиях плоской деформации;
- предложить энергосберегающую технологию получения безцементного атмосферостойкого, облегченного арболита из отходов растениеводства и местного модифицированного вяжущего с прогнозируемыми свойствами

для применения его в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала в строительстве;

- выявить закономерность кинетики твердения и взаимодействия компонентов в структуре облегченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего;
- выполнить испытания опытно-промышленной партии атмосферостойкого, облегченного арболита в производственных условиях по основным строительно-техническим свойствам;
- разработать нормативно-регламентирующую документацию на изготовление безцементного атмосферостойкого, облегченного арболита и рекомендации по его применению в сейсмостойком строительстве.

Научная новизна работы:

- впервые разработана энергоресурсосберегающая технология и рациональный новый состав модифицированного вяжущего для производства безцементного облегченного, атмосферостойкого арболита на основе остатков однолетних растений (солома), это способствует образованию плотной структуры с ускоренным набором прочности;
- разработаны впервые технологические параметры модификации частиц растительного сырья с учетом влажностных деформаций органозаполнителя и выявлено влияние гидрофобных добавок и катализаторов на свойства гипсозолощелочного вяжущего;
- научно обоснованы теоретические предпосылки состояния движущейся сжимаемой пластической среды из РГЗЦК в условиях плоской деформации в процессе формирования при структурообразовании арболита;
- методом экспериментально-статистическим моделированием установлены оптимальные составы безцементного облегченного арболита из соломы и местного вяжущего с эффективными модификаторами;
- выявлены впервые процессы структурообразования контактной зоны модифицированного вяжущего с различными органозаполнителями с учетом их физико-механических свойств;

- установлено, что использование химически активных заполнителей, пластифицирующих добавок совместно с остатками однолетних растений способствующее повышению реологических свойств РГЗК, направленному структурообразованию и получению атмосферостойкого, облегченного арболита плотной структуры с повышенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты работы являются новым этапом в развитии и совершенствовании производства и применения в строительстве безцементного атмосферостойкого, облегченного арболита из остатков однолетних растений (соломы) и местного модифицированного вяжущего.

Разработанные безцементные арболитовые блоки из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего позволяют заменить дорогостоящие портландцемент, древесину и др. строительные материалы, обеспечив строительство не дорогими и достаточно прочными эффективными изделиями повышенной прочности по ресурсо-энергосберегающей технологии.

Разработаны технологические регламенты получения атмосферостойкого арболита и проведены промышленные испытания его в производственных условиях ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»».

Разработаны теоретические основы способов повышения качества атмосферостойкого лигнополимерсиликатного арболита с учетом динамики движущейся вязкопластической среды РГЗК.

Результаты полученных исследований внедрены в производство ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» г. Бишкек, ОсОО «Элит-строй-Сити» г.Ош, ОсОО «ТИНИАЛ» Республика Таджикистан, г.Худжанд, «КазНИИСА» Республика Казакстан г Алматы, ОсОО «Меркит-Курулуш» г.Ош, а также используются в учебном процессе (лекции, лабораторные работы и практические занятия, выпускные квалификационные работы, магистерские

диссертации) при подготовке дипломированных специалистов, магистров, аспирантов по направлению «Строительство».

Экономическая значимость полученных результатов. При внедрении предложенной энергоресурсосберегающей технологии получен положительный экономический эффект от изготовления и применения атмосферостойкого, облегченного гипсозолощелочного арболита с улучшенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами для строительного комплекса КР. Экономический эффект от внедрения НИР составляет 936140 сом в год, при объеме выпуска 1000 м³ атмосферостойких арболитовых блоков в год. Разработаны рекомендации по изготовлению и применению атмосферостойкого арболита для стеновых блоков, а также даны все расчетные характеристики при использовании его в качестве конструкционно-теплоизоляционных материалов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- эффективный способ подготовки (облагораживания) органического заполнителя (сечки соломы) пленкообразующим составом (малоконцентрированная фенолформальдегидная смола СФЖ-3066, жидкое натриевое стекло и катализаторы);

- рациональный комплексный новый состав растительно вяжущей композиции (РВК) для облегченного, атмосферостойкого стенового арболита из местного сырья, состоящий из соломы, гипса Г-7 с катализатором, золы, глиногипса (гажа), смолы СФЖ-3066 с катализатором, отвердителем, модификаторов и пластификаторов: ЛСТ, СКС, СДБ, М-4 и воды;

- механизм активации РВК при совместном использовании комплексных добавок и интенсивности процессов гидратации;

- влияние пленко-образующих полимерсиликатных и пластифицирующих добавок на адгезионную прочность частиц соломы с комплексным местным минеральным вяжущим (гипс+зола БТЭЦ). + ПЦК+ГГ.

- теоретические основы состояния движущейся сжимаемой пластической среды из растительно гипсозольной (РГЗК) в условиях плоской деформации в процессе формирования структурообразования;

- процессы и закономерности структурообразования контактной зоны растительно вяжущей композиции (РВК) с заполнителем из соломы и получение атмосферостойкого арболита плотной структуры с повышенными гидрофизическими и термодинамическими характеристиками;

- энергоресурсосберегающая технология производства атмосферостойкого, облегченного арболита для стеновых блоков на основе остатков однолетних растений (соломы) и местного модифицированного вяжущего с полимерсиликатными добавками;

- результаты испытаний опытно-промышленной партии атмосферостойкого, облегченного арболита и технико-экономическая оценка результатов работы при изготовлении и применении атмосферостойкого арболита в сейсмостойком строительстве.

Личный вклад соискателя заключается в выполнении экспериментально-теоретических исследований, при получении и применении облегченного арболита, анализе и обобщении результатов, полученных научных и практических данных, выявлении закономерностей процессов структурообразования, внедрении результатов исследований в производственную и научно-педагогическую деятельность. Разработка нормативно-технической документации.

Апробация результатов исследования. Основные результаты работы докладывались на: Международной научно-технической конференции «Рахматулинские чтения» (26-27 мая 2011 г.), г. Бишкек; Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в образовании: состояние, проблемы, и перспективы» (1-2 июля 2011 г.), г. Бишкек; X Международной научно-технической интернет-конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве» (25 ноября-25 декабря 2011 г.), г. Харьков; Международной научно-практической

конференции «Инновации в области строительства и образования Кыргызской Республики» (12-13 ноября 2012 г.), г. Бишкек; I Международной межвузовской научно-практической конференции-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (16-17 мая 2013 г.), г. Бишкек; Международной научной конференции «Рахматулинские – Ормонбнковские чтения» (27-29 июня 2013 г.), г. Бишкек; Международной научно-практической конференции «Насирдин Исанов-видный государственный деятель Кыргызской Республики» (1-2 ноября 2013г.), г. Бишкек; II-й международной межвузовской научно-практической конференции-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (15-17 мая 2014 г.), г.Бишкек; Международной научно-практической конференции «Современные тенденции в архитектуре, строительстве и образовании в Республике Таджикистан» (03-04 июня 2014 г.); Международной научно-практической конференции «Строительное образование и наука Кыргызстана: перспективы интеграции, инновации и партнерства» (18-19 декабря 2014 г.), г. Бишкек; Межвузовской научно-практической конференции-конкурса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (19-20 мая 2015 г.), г. Бишкек; III Международной научно-практической конференции «Качество и безопасность среды жизнедеятельности: проектно-строительная деятельность в новых условиях» (8-9 октября 2015 г.), г. Алматы; Международной научной конференции «Рахматулинские – Ормонбековские чтения» (23-24 октября 2015 г.), г. Бишкек; научно-технических советах КГУСТА им. Н.Исанова и МУИТ; Международной научно-практической конференции «Инновации в области строительстве транспортных сооружений: Становление, проблемы, перспективы (2-3 марта 2016 г.), г. Бишкек; XI Международной научно-практической конференции «Научный поиск в современном мире», г.Махачкала, 31 января 2016 г; II Интернациональной научно-практической конференции «Innovative Technologies in Science (February 25-26, 2016, Dubai,

UAE)»; I Международной научно-практической конференции по сейсмостойкому строительству (25-31 августа, 2016 г., Бишкек-Иссык-Куль); Международной научно-практической конференции «Новые строительные тренды в XXI веке», посвященной 80-летию академика НИА РК Кулибаева А.А., 2017 г., г. Алматы; II-й международной научно-практической конференции по сейсмостойкому строительству, 2018 г., Бишкек-Иссык-Куль; Международной выставке BOOKEXPO AMERICA 2019 (США, Нью-Йорк, 29-31 мая 2019 года).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По результатам диссертационной работы опубликовано 43 научных публикаций, в том числе 4 в рекомендованных журналах ВАК КР, 12 РИНЦ КР, 8 зарубежных журналах РИНЦ, 1 монография.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем работы составляет 315 страниц машинописного текста и содержит 54 рисунка, 54 таблицы, списка использованных источников из 419 наименований, в.т.ч. 65 – на иностранных языках на 49 страницах, а также 6 приложений.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОГО АРБОЛИТА НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНО-РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

1.1. Принципиальные схемы рациональной технологии арболита на эффективных способах подготовки сырьевых компонентов

В основных направлениях экономического и социального развития Кыргызской Республики (КР) поставлена задача по созданию энерго-ресурсосберегающих материалов для строительства из местного сырья с улучшенными техническими свойствами. Это обеспечит повышение уровня индустриализации, сокращение сроков строительства и его стоимости за счет импортозамещения аналогичных строительных материалов. А также предусмотрено развитие производства сейсмостойких строительных изделий и конструкций с пониженной металлоемкостью, стоимостью и трудозатратами, обеспечивающие уменьшение материалоемкости, массы зданий и сооружений, улучшение их теплозащиты [151, 153, 154, 156, 168, 287].

Для производства арболита, фибролита, стружко-, скопо- и опилкобетона и др. материалов из растительно-вяжущей композиции, используются целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения, к которым относятся отходы деревообрабатывающей (станочная стружка, щепа, низкосортная и некондиционная древесина, тонкомер, неделовой горбыль срезки, торцы, лесорамные опилки, одубина), сельскохозяйственной (солома, костра льна, кенафа, джута, стебли хлопчатника, камыша) и целлюлозно-бумажной (скоп и др.) промышленности. Обладая общей специфичностью свойств, эти заполнители оказывают существенное влияние на технологические и эксплуатационные свойства, а

также на процессы структурообразования растительно-вяжущих композитов (РВК) [144, 145].

В условиях центрально-азиатского региона, в частности в Кыргызской Республике, где дефицитом является деловая древесина и ее отходы, но достаточно растительных отходов сельского хозяйства, которые почти не утилизируются, целесообразно их применение в качестве заполнителя вместо древесины в производстве арболита (солома, стебли хлопчатника, табака и др.) [213, 216].

Одним из таких материалов является арболит. Положительные свойства арболита позволили перевести значительную часть домостроения на использование его в качестве ограждающих конструкций [123, 124, 126, 129].

Принятая в Кыргызстане Государственная программа «Доступное жилье в Кыргызской Республике (КР)» на 2015–2020 гг. включает мероприятия по обеспечению строительную отрасль местными стеновыми материалами, к которым относится атмосферостойкий арболит [151, 153, 154, 158, 159].

Применяя отходы деревообработки и сельского хозяйства сокращается расход металла и достигается существенное удешевление конструкций из арболита по сравнению с другим аналогичными материалами. Так 1 м² традиционных стен дороже на 40% чем 1 м² стены из блоков арболита [273].

Однако значительная рассредоточенность объектов сельского и поселкового жилищного строительства, необходимость в больших капиталовложениях при строительстве предприятий и высокая суммарная трудоемкость процесса в системе завод – транспорт – монтаж сдерживают развитие производства и применение арболитовых изделий заводского изготовления.

Качественно новым этапом повышения технического уровня возведения объектов является малоэтажное домостроение. Оно позволяет ускоренными темпами выполнять задачу улучшения жилья. Применение материалов в жилищном строительстве должно соответствовать эксплуатационным

требованиям, экологическим, экономически эффективным, изготовленным по малоэнергоемкой технологии с применением местного сырья.

Общие требования к строительным материалам таковы, что они должны быть гигиеничными и удовлетворять законам прочности, створа и конструкции. И это не полный перечень требований к строительным материалам, применяемым в современном строительстве и улучшению состояния окружающей среды.

Малоэтажное домостроение дает возможность более чем вдвое, по сравнению с кирпичным и крупнопанельным домостроением, снизить единовременные затраты на создание материально-технической базы строительства. По сравнению со стоимостью возведения домов из кирпича стоимость возведения домов из арболита уменьшается на 20-25 %, а по сравнению с возведением домов из панелей – на 10-12 %. Суммарная трудоемкость возведения домов из арболита снижается по сравнению с аналогичной трудоемкостью возведения домов из кирпича вдвое. Обеспечивается также экономия энергетических ресурсов на 25-35 %, в арматурной стали на 7-25 % [174, 273, 275].

Абсолютные значения технико-экономических показателей сравниваемых проектных решений жилых домов даны в табл. 1.1.

Анализ приведенных данных показал, что дома со стенами из арболитовых блоков выигрывают по сравнению с др. проектными решениями. Эти экспериментальные данные в целом соответствуют действительности и подтверждены соответствующими нормативными документами.

Он устойчив против гниения, обладает морозостойкостью, стены из него не сыреют при перепадах температуры и влажности воздуха, хорошо удерживают штукатурку, пилится и гвоздится.

Таблица 1.1. - Сравнительные данные потребности в строительных материалах [8]

№№	Наименование показателя	Единица измерения	Характеристика проектных решений жилых домов			
			Со стенами из кирпича т.п.184-12	Со стенами из деревянных панелей т.п.181-115	Со стенами из арболита т.п.183-115	Из объемных деревянных блоков т.п.186-000
1	2	3	4	5	6	7

I. Объемно-планировочные показатели

1	Площадь застройки	м ²	176,78	103,70	116,60	101,18
2	Строительный объем	м ³	391,45	229,70	261,90	202,95
3	Жилая площадь	м ²	59,71	38,94	50,40	40,74
4	Общая площадь	м ²	98,55	63,61	81,30	61,57

II. Затраты труда / на 1 м² приведенной общей площади/

1	Затраты труда в построечных условиях	чел/дн	1,9	0,7	1,2	0,51
2	Затраты труда на изготовление в заводских условиях	чел/дн	0,9	2,0	1,2	2,9
3	Затраты труда на транспортировку с заводов	чел/дн	0,247	0,383	0,3	0,237
4	Общие затраты труда	чел/дн	4,069	4,3	3,605	4,34

III. Показатели потребности к основным материалам

1	2	3	4	5	6	7
1	Бетон и железобетон монолитный тяжелый	м ³	0,254	0	0	0
2	Бетон и железобетон монолитный легкий	м ³	0	0	0,2	0
3	Бетон и железобетон тяжелый сборный	м ³	0,135	0	0	0
4	Бетон и железобетон легкий сборный	м ³	0	0,06	0	0
5	Общий расход стали на конструкции	кг	6,9	3,87	0,24	0,38
6	Общий расход цемента	кг	131	30	51	0
7	Кирпич	тыс.шт.	0,46	0,004	0,027	0
8	Лесоматериалы	м ³	0,186	0,36	0,023	0,53
9	Эффективные термоизоляционные материалы	м ³	0,186	0,17	0,05	0,05
10	Местные материалы	м ³	0,03	0,1	0,05	0,1

Для изделий из арболита («арбо» - дерево, «лит» - камень) характерны: малая объемная масса ($\rho \geq 400 \text{ кг/м}^3$), повышенные теплоизоляционные свойства и ($\lambda = 0,06 \dots 0,12 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$) и достаточная механическая прочность ($R_{сж} = 0,6 \dots 4 \text{ МПа}$).

Изделия из арболита достаточно прочны, огнестойки (группа трудносгораемых материалов), биостойки (трудно заражается дереворазрушающими грибами), малотеплопроводны, легкие (плотность $\rho > 350 \text{ кг/м}^3$) [59, 88, 110, 122, 140, 156].

Изделия из арболита, делятся на следующие группы: теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные, неармированные и армированные, гладкие (плоские) и сложного профиля, офактуренные и неофактуренные.

Арболит – строительный материал межотраслевого производства. Его качественные показатели и нормативные характеристики регламентируются единым стандартом – ГОСТ 19222-84*.

Достоинством науки, изучающей строительные материалы, является «Общая теория искусственных строительных конгломератов» [59, 260] разработанная проф. И.А. Рыбьевым и его научной школой. В ней дается логическое обобщение опыта производства и научный анализ закономерностей формирования сложных по составу, но сходных по типу материалов, что является методической основой исследования строительных конгломератов, в т. ч. арболита.

Прочность арболита обуславливается следующими основными качественными показателями свойств заполнителя: химическим и гранулометрическим составом, а также коэффициентом формы зерен, деформативностью. Требуемые активность и расход вяжущего, а также плотность получаемого арболита при его оптимальной структуре и при оптимальном составе смеси обеспечивают необходимую прочность структурных связей между затвердевшим вяжущим и органическим заполнителем. Далее прочность арболита зависит от правильно выбранного режима твердения.

Применение химических добавок (жидкое стекло и хлористый кальций) позволило нейтрализовать действие экстрактивных веществ заполнителя на цемент путем образования дополнительных химических связей в зоне контакта и уменьшить их отравляющее действие на цемент по мере удаления от этой зоны. Таким образом, термическая обработка рисовой лузги является эффективным способом повышения прочности арболита и адгезионного сцепления с цементом. Класс арболита по прочности на сжатие повышен до В1,5, то есть получен арболит теплоизоляционно-конструкционного

назначения, что расширяет область его применения в качестве стеновых ограждений малоэтажного строительства [32, 33, 47].

Структура арболита близка к структуре крупнопористых легких бетонов на пористых минеральных заполнителях. В отличие от последних, прочность арболита зависит от значительно большего количества факторов, а именно от химической активности заполнителя, его анизотропности, влажностных деформаций и коэффициентов линейного расширения, значительно отличающихся от соответствующих коэффициентов цементного камня.

Взаимодействие заполнителя из древесины щепы и цемента исследуется давно и многими учеными [61, 96, 123, 201, 226, 233, 235].

Согласно исследованию Шербакова А.С. и Е.А. Рудге, древесные образцы, неоднократно бывшие в контакте с цементным вяжущим, имели повреждения в присутствии воды. После анализа исследованных образцов пришли к выводу, что цемент, агрессивен к древесине за счет выделения из нее экстраактивных веществ [103, 334]. Путем интенсивного выщелачивания древесины водными растворами была достигнута потеря массы древесины свыше 5%. При этом было замечено значительное уменьшение щелочности цементного раствора, которое он объясняет возникновением органических кислот, быстро переходящих из углеводов в раствор гидроксида кальция.

К веществам, оказывающим отрицательное воздействие, относятся: сахара, кислоты, дубильные вещества, камеди, фенолы и хиноны. Целлюлоза и лигнин вредного влияния на процесс гидратации цемента практически не оказывают.

Механизм воздействия экстрактивных веществ на процессы твердения цемента и гидратации пока точно не объяснен. На этот счет имеются самые различные мнения [63].

Исследования МЛТИ [315] также показали, что водорастворимые частицы органических заполнителей отрицательно влияют на процессы гидратации и твердения цемента. Результаты всех приведенных выше исследований показывают необходимость локализации экстрактивных частиц

на гидратацию и твердение минерального вяжущего, чтобы в результате получить качественный конгломератный материал.

Следовательно, для локализации содержащихся в органическом заполнителе экстрактивных веществ, требуется применять различные методы. В большинстве своем способы экстрагирования растворимых веществ из заполнителя предусматривают достаточно сложные технологические процессы, требующие многоступенчатой обработки заполнителя различными химикатами с последующим кипячением или промывкой, выдержки в силосах для стабилизации его свойств или сушкой и т.д.

Распространенным методом обработки заполнителя является длительное выдерживание в воде при температурах (18-20⁰С). Это увеличивает прочность арболита на 12-15 % по сравнению с не обработанным заполнителем. Однако в процессе вымачивания извлекаются только легкорастворимые вещества, но остаются полисахариды, продолжающие тормозить твердение цемента. Обработка горячей водой несколько усложняет технологию обработки.

Необходимо отметить, что степень отрицательного воздействия влажностных деформаций органического заполнителя на прочность арболита в большей мере определяется показателями сцепления двух различных по своей природе материалов, в связи с этим изучение влияния данных факторов целесообразно во взаимосвязи [234, 226, 192].

В Кызылординском государственном университете им. Коркыт ата, были проведены экспериментальные работы по обработке заполнителя щелочной водой с добавлением извести в количестве 1–1,5%. При этом происходит химическое модифицирование поверхности заполнителя – рисовой лузги, стеблей хлопчатника – за счет химической реакции щелочной среды с гидроксильными группами целлюлозы. Предложенный способ приготовления арболитовой смеси позволяет повысить адгезию заполнителя с золоцементными вяжущими и в последующем прочность конечных изделий. В качестве вяжущего использованы портландцемент ЦЕМ I, портландцементный клинкер кл. 95-100 и золошлаковые смеси. Освоение производства

строительных материалов на основе этих сырьевых ресурсов является эффективным не только с экологической, но и с экономической точки зрения [296, 298].

В НГАСУ [1] апробирован и предложен метод облагораживания заполнителя путем покрытия полимерцементной защитной пленкой. В качестве полимера использована разбавленная дисперсия бутадиенстирольного латекса. По данной технологии водорастворимые экстрактивные вещества блокируются полимерцементной защитной пленкой, что способствует нормальному процессу твердения цементного камня.

В Алматинском НИИСТРОМПРОЕКТ исследовалось и апробировалось получение арболита из стеблей хлопчатника, рисовой лузги [6, 7, 8, 9, 44, 39] на цементном вяжущем, включающий: сортировку лузги, вымачивание частиц соломы в воде при 20 °С в течение 12-24 часов, модифицирование поверхности вымоченного заполнителя раствором карбоксиметилцеллюлозы, обработка хлоридом кальция, смешивание с портландцементом. Состав 1 м³ вяжущего: портландцемент – 360 кг, рисовая лузга – 240 кг, карбоксиметилцеллюлоза – 9,5 кг, хлорид кальция – 5,5 кг, вода – 430 кг.

Недостатком этого способа является сложность и трудоемкость процесса вымачивания заполнителя, продолжительное схватывание цемента более 2 часов, невысокая прочность (1,8 МПа) и необходимость тепловой обработки. Получение арболита с улучшенными теплотехническими показателями на основе органоминеральной композиции невосприимчивых к экстрактивным частицам заполнителей комбинированной пористой структурой материала при минимальном расходе вяжущего является весьма актуальной.

Введение пористых минеральных или органических пластифицирующих добавок обеспечивает снижение коэффициента теплопроводности арболита и его массы, а также повышает деформативность его снижая демпферный эффект.

Одним из видов вяжущих веществ для производства арболита мог бы служить гипс (β -модификации). Но ввиду низкой водостойкости он в производстве арболита ранее не применялся.

М.И. Клименко исследовала возможность получение легкого бетона (арболита) на основе гипса Г16 (α -модификации), обладающего повышенной водостойкостью [170, 171, 172] по сравнению с β -модификацией. Ее исследования показали, что арболит относится к широкой группе материалов с конгломератной структурой, свойства которого подчиняются закономерностям, вскрытым в работах проф. И.А. Рыбьева и его научной школы. Высокопрочный гипс для получения арболита является быстротвердеющим и выгодно отличается от портландцементного арболита как по технологии производства, так и по качеству (высокая прочность и скорость твердения). Однако производство его имеет местное значение для районов Средней Волги, так как высокопрочный гипс выпускается в ограниченном количестве только на нескольких гипсовых комбинатах РФ [258, 259].

Известна сырьевая смесь [67, 69, 79, 9, 4] при производстве конструкционно-теплоизоляционного материала, составом: двухводный гипс, негашеную известь, органический наполнитель и воду, %:

Двухводный гипс	– 63...76
Известь негашеная	– до ...0,035
Костра льна	– 3,4...7,8
Вода	– остальное

Приведенная сырьевая смесь позволяет решить задачу утилизации отходов льняного производства и фарфорофаянсовой промышленности и получить конструкционно-теплоизоляционный материал с улучшенными свойствами.

Известен также способ изготовления гипсовых строительных изделий, включающий замачивание путем глубокой пропитки древесной стружки водой, смешивание с гипсовым вяжущим, укладку полученной смеси в форму и уплотнение под давлением, при этом пропитке подвергают древесную стружку

при соотношении длины, ширины и толщины 1:1:0,1...0,2 водой затворения при водогипсовом отношении 0,2...0,3, а уплотнение осуществляют при давлении 4...22 Н/мм².

Указанный способ изготовления гипсовых строительных изделий имеет недостаток, связанный с ограниченностью использования древесного заполнителя в виде древесной стружки и ее пропитки водой, что ограничивает возможность получения качественных изделий.

Дальнейшее улучшение технических свойств изделий из арболита может быть достигнуто их термообработкой и применением специальных добавок, как это предусмотрено в известном способе [201] изготовления арболитных изделий. В сырьевую смесь на основе цемента входит пеностекло 20 - 50% от массы органозаполнителя, перемешивание древесного заполнителя с 0,4 - 0,6 частью воды затворения и пеностеклом 2-5 мин., и в полученную смесь вводят цемент и остальную воду, до однородной консистенции.

Недостатками известного способа получения арболита являются необходимость вымачивания древесного заполнителя, отмеченная выше в связи с использованием в качестве вяжущего цемента, и применение термообработки изделия, так как древесный (целлюлозосодержащий) заполнитель деформируется под действием переменной влажности и тепловой обработки в процессе твердения арболита и нарушает целостность изделий, которые в результате обладают низкими качественными показателями.

Повышение эксплуатационных и водостойких свойств гипсовых вяжущих достигается введением в них извести, шлаков с пуццолановыми добавками. Разработанные под руководством А.В. Волженского Уральским политехническим институтом вяжущие называются гипсоцементно-пуццолановыми, гипсоизвестково-шлаковыми и гипсошлако-пуццолановыми вяжущими [73, 74].

С целью повышения водостойкости и снижения расхода гипса предлагается использование в составе гипсовых смесей до 12-15 %

асбестоцементных отходов, 3,9-7,0 % портландцемента, 13,7-19,15 % золы-уноса и остальное – вода.

Однако в составе ГЦПВ содержится до 20 % портландцемента, что повышает энергоемкость и стоимость материала.

В МГСУ разработана технология гипсовых водостойких вяжущих – и гипсовых композиционных и вяжущих водостойких гипсовых низкой водопотребности, которые допускаются по ТУ-21-53-110-91 [136, 223, 224, 221]. Используя основы механо-химической активации, варьируя сырьевые материалы, в основном техногенные, можно получить вяжущие высокой прочности, водопотребностью от 0,28 до 0,4, коэффициентом размягчения более 0,8, способные твердеть и при отрицательных температурах.

В Казахской ГАСА [33] разработаны и изучены физико-химические особенности процесса гидратации пластифицированных гипсовых вяжущих, полученных методом введения пластифицирующих добавок суперпластификаторов на стадии переработки материала для снижения водопотребности и улучшения их прочностных характеристик. В результате проведенных исследований были получены два новых типа гипсовых вяжущих – пластифицированные и низкой водопотребности [31, 33].

Для повышения свойств изделий из гипсовых вяжущих по водостойкости и морозостойкости в НИИПТИ «Стройиндустрия» были выполнены исследования, в которых улучшение структуры и свойств плотных и пористых гипсобетонов достигалось путем введения катализаторов, гидрофобных и полимерных добавок.

Полимерная смола с катализатором подвергается процессу поликонденсации с образованием полимеризованных частиц, для чего разработать оптимальные режимы твердения, обеспечивающие сроки схватывания гипсового вяжущего со временем поликонденсации смолы, что требует дополнительных исследований.

Причину низкой прочности гипсового камня практически все исследователи объясняют его высокопористым строением с преобладанием в

нем макропор. Более 90 % объема пор в гипсовом камне составляют макропоры диаметром более 0,01 мкм, в том числе объем пор, проницаемых для воды, т.е. диаметром более 1 мкм не менее 40-70 %. Образование макропористой структуры гипсового камня обусловлено тем, что при затворении вяжущего водой образуются крупные игольчатые кристаллы двухводного гипса (со средними размерами 20-40x0,5-2 мкм), которые хаотично переплетаясь между собой, образуют высокопористую «войлочную» структуру. По своей породе гипсовый камень характеризуется довольно плотной структурой, водостоек (коэффициент размягчения выше 0,60).

Экспериментальные подтверждения факта низкой прочности гипсовых материалов вследствие его высокой пористости нашло в работах Г.С. Рантунович, В.Б.Ратинова, С.Г. Караханиди, В.В. Мышлеева, Р.В. Иванникова, В.В. Иваницкий [38, 116, 263].

Гипсовые материалы получали путем прессования смеси при водогипсовом отношении, равном 0,18-0,22 из низкомарочного вяжущего β -модификации, и путем литья смеси при водогипсовом отношении, равном 0,25 из супергипса α -модификации. При обоих способах формования образуется структура материала с низкой пористостью и высокой прочностью порядка 50-60 МПа. Так, общая пористость, в частности прессованного материала, составляет около 15% с распределением пор по размерам в области 0,01 мкм, в то же время как материала, полученного путем литья из того же вяжущего (при водогипсовом отношении 0,3) – 40 % с максимумом кривых распределения пор в области 0,2-10 мкм. Таким образом, гипсовые материалы по приближенным характеристикам и проценту пор, близки к цементным, их прочностные показатели становятся сопоставимыми.

Таким образом, одним из условий для улучшения прочностных свойств и показателей водостойкости гипсового камня является регулирование пористости твердеющей гипсовой смеси.

В работе [116] установлено, что низкая водостойкость и снижение прочности гипсового камня происходит при его увлажнении до 65-70 % влаги.

Это объясняется расклинивающим действием воды и только 12-15 % потери прочности протекает в период растворения кристаллов двуводного гипса.

В работе Р.В. Иванниковой [89] выявлено, что потери прочности изделий из гипса при контакте с поверхностно-активной средой обусловлено адсорбционным эффектом, влияние которого во влажной среде усиливается растворяющим действием воды. Таким образом, для увеличения показателей водостойкости этих материалов необходимо отдать предпочтение использованию добавок и наполнителей, способствующих повышению плотности изделия, уменьшению дефектности кристаллов двуhydrата, блокированию кристаллизационных контактов гипсового сростка труднорастворимыми соединениями.

Разработанные Уральским политехническим институтом вяжущие называются гипсоизвестковошлаковыми вяжущими (гипс+известь+шлаки+пуццоланические добавки).

ОА «ВНИИСтром им. П.П. Будникова» предложены технологии «супергипса» и ИТТФ АН Украины, Пермский политехнический институт, УралНИИСтромпроект технологии высокопрочного гипса. Отличительной особенностью технологии Пермского политехнического института является то, что при использовании рядового гипсового сырья можно получать вяжущее с регулируемыми в широком диапазоне сроками схватывания, водопотребностью и прочностью (до 1000 кг/см²), что особенно важно на действующем оборудовании гипсовых предприятий. Однако, указанные технологии отличаются сложностью технологического процесса.

Используя основы механо-химической активации, варьируя сырьевые материалы, в основном техногенные, можно получить вяжущие высокой прочности, водопотребностью 0,28 до 0,4, с коэффициентом размягчения более 0,8, способные твердеть и при отрицательных температурах.

Разработанное под руководством проф. А.В. Ферронской водостойкое гипсовое вяжущее низкой водопотребности позволило снизить количество используемого в его составе потрландцемента в 2-3 раза по сравнению с ГЦПВ,

и получить вяжущее для бетонов повышенной долговечности [303, 307, 308, 310]. Однако в составе этих вяжущих содержится определенное количество портландцемента, что также сказывается на стоимости вяжущего.

М.С. Садуакасовым [264, 268] разработаны пластифицированные гипсовые вяжущие, полученные введением пластифицирующих добавок на стадии переработки материала. При этом снижалась водопотребность и повышались прочностные характеристики вяжущих. Были получены два новых гипсовых вяжущих – пластифицированные и низкой водопотребности.

Однако использование химических и полимерных добавок иногда затруднено недоступностью из-за отсутствия в данном экономическом регионе соответствующей отрасли и осложнением технологического процесса ввиду установки дополнительного оборудования для доставки, хранения, дозирования.

Повышение водостойкости и прочностных характеристик гипсовых вяжущих осуществляется использованием наполнителей и модифицирующих добавок [43, 37, 17].

В работе [38] исследовало влияние различных наполнителей на технические свойства материалов на основе гипса. Наполнители были разделены на три группы: 1-гипсовая мука, доломитовая мука, мелкий кварцевый песок, размолотый; 2-кварцевый песок, подвергнутый активации путем измельчения с химическими добавками; 3-добавки, подвергшиеся термоактивации: цеолитсодержащие туфы, подвергнутые термоактивации при температуре 750 °С в течение 1 ч.

Установлено, что наиболее долговечны изделия с наполнителями: гипсовой мукой; кварцевым песком и термоактивированным-цеолитсодержащим туфом, активированными известью, и натриевым жидким стеклом.

Физико-химическими методами установлено, что тонкоизмельченный гипс (гипсовая мука) при рекристаллизации заполняет капиллярные поры и снижает общую пористость гипсового камня.

При взаимодействии извести и активного кремнезема и глинозема в термоактивированном цеолитсодержащем туфе, возможно образование аморфных низкоосновных гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, также уплотняющих поровую структуру гипсового камня за счет образования малорастворимых соединений.

Наиболее эффективными оказались химические добавки, имеющие общий ион Ca^{2+} с гипсом и дающие щелочную среду водной вытяжки: известь, силикаты и алюминаты кальция.

Коровяковым В.Ф., Ферронской А.В. [140, 141, 142, 307] при разработке гипсовых композиционных вяжущих, в качестве наполнителей были использованы в качестве добавок (диатомиды, трепелы, опоки, глиежи), вулканического (пеплы, туфы, трассы) и малоактивные добавки (глиежи, пылевидные отходы при обжиге керамзита, а также золы, шлаки, стеклобой), являющиеся добавками осадочного происхождения.

В качестве вяжущего был использован гипс α и β модификаций, полученные на основе промышленных отходов (фосфогипс, борогипс), портландцемент и его разновидности, а также известь в сочетании с кремнеземсодержащими минеральными добавками и без них, а также химические добавки.

В качестве химических были использованы пластифицирующие, воздухововлекающие, регулирующие сроки схватывания, а также комплексные добавки.

На основе проведенных исследований получены гипсовые вяжущие, обладающих повышенной прочностью в 1,5 раза по сравнению с аналогами и достаточной водостойкостью. Это позволило при строительстве малоэтажных домов применить вяжущее на основе гипса взамен портландцемента при изготовлении стеновых блоков, панелей.

В работе Айрапетова Г.А. с сотрудниками [37] в качестве наполнителя при разработке гипсового многокомпонентного вяжущего был использован микрокремнезем совместно с известью, пластифицирующей добавкой.

Из перечисленного видно, что гипсовые вяжущие могут быть использованы не только для конструкций, используемых внутри помещения, а также в производстве ограждающих конструкций в условиях повышенной относительной влажности.

Твердение пространственных дисперсных структур в материалах из минеральных вяжущих согласно представлениям о природе кристаллизационного структурообразования происходит в результате срастания отдельных кристаллов в процессе выделения их из пересыщенных водных растворов с образованием кристаллизационных контактов [78, 89].

При структурообразовании таких материалов необходимо определенное соотношение скоростей образования новой фазы. В случае отсутствия этого соотношения структура вообще не сформируется, т.к. будет иметь низкую прочность.

Механизм схватывания α и β - полуhydrата CaSO_4 после затворения водой: диссоциирует на ионы Ca^{2+} и SO_4^{2-} пока не будет достигнута концентрация насыщения. Поскольку растворимость полуhydrата выше, чем дигидрата, полученный раствор является пересыщенным по отношению к последнему. Процесс растворения сильно неупорядоченного β – полуhydrата протекает быстрее, чем α -полуhydrата, состоящего из хорошо оформленных кристаллов [78].

В процессе индукционного периода образуются зародыши кристаллов дигидрата, которые могут возникать как в растворе, так и на поверхности зерен полуhydrата. Зародышеобразование на поверхности частиц исходной фазы, при котором наблюдаются сильные локальные пресыщения, особенно проявляются в пастах, но может возникать и в суспензиях. Скорость твердения в индукционный период небольшая вследствие малой поверхности еще образующихся кристаллов дигидрата и определяется скоростью зародышеобразования, а также скоростью роста кристаллов.

Влияние технологических факторов, свойств применяемых материалов и условий кристаллизации в процессе твердения гипсовый камень приобретает различную структуру.

Структура гипсового камня характеризуется формой кристаллов дигидрата, их размерами и степенью совершенства [78, 148].

Формирование структуры в затвердевшем гипсе протекает когда консистенция гипсовой смеси остается еще жидкой. После появления значительного числа зародышей дигидрата, начинается рост кристаллов. Гидратация сопровождается образованием межкристаллических контактов, что приводит к формированию трехмерной решетки из кристаллов дигидрата и гидротацией с повышенной прочностью гипсового камня.

Известно, что к концу схватывания (15-20 мин.) коагуляционная структура гипсового теста превращается в конденсационную благодаря достаточно быстрому протеканию процесса коллоидации двуводного гипса и началу перехода его в двуводный гипс [78, 89, 148]. Образование первичных кристаллов двуводного гипса коллоидных размеров сопровождается увеличением объемной концентрации твердой фазы вследствие меньшей плотности двуводного гипса по сравнению с полуводным. Увеличение объема твердой фазы приводит к возникновению в твердеющей системе гипс-вода стесненного состояния, в результате чего становится возможным контактирование первичных кристаллов двуводного гипса, их объединение и укрупнение в связи с развитием перекристаллизации [41, 44].

К 2 ч. твердения гипс обладает хорошо развитой кристаллизационной структурой, о чем можно судить по ее прочности, однако процессы гидратации к этому сроку в твердеющей системе еще не завершаются. Термические исследования показывают, что свободная вода, удаляемая при 105°C, в твердеющей системе практически отсутствует. Вода начинает удаляться при t 120-180°C, что свидетельствует о значительной величине энергии ее связи с твердой фазой [148].

В период до 7 сут. Твердение происходит благодаря превращению конденсационной структуры в кристаллизационную, которой свойственна достаточно высокая прочность [148, 185, 242].

Использование добавок изменяют условия структурообразования в гипсовом камне, что влияет на механические свойства материалов. Механизм действия добавок зависит от их свойств и часто носят комплексный характер с полифункциональным действием. Так, замедлители уменьшают скорость гидротации кристаллов.

Введение замедлителей схватывания положительно влияет на прочность изделий из гипса.

В работе [309, 310] установлено, что для регулирования свойств гипсовых вяжущих целесообразно использовать электролиты, которые воздействуют на НГ, время схватывания и прочностные характеристики.

Из анализа гипсового сырья видно, что природное сырье сопровождается наличием глинистых и кремнистых примесей, карбонатов и солей. Поэтому значительный интерес представляет исследование процесса структурообразования гипсовых вяжущих при совместном содержании в сырье вышеуказанных примесей.

Исследования по изучению влияния некоторых примесей на параметры получения α - β модификации проведены П.И. Боженковым и Ю.Г. Мещеряковым, А.Т. Логвиненко М.А. Савинковой. Поскольку сопутствующими примесями гипсового сырья являются магнезит, доломит, кальцит, глинистые минералы, кварц, соли, то значительный интерес представляет исследования названных минералов как на процесс дегидратации $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, так и свойства гипсового камня при гидратации полуводных модификаций гипса. [182, 183, 230]

П.И. Боженковым и Ю.Г. Мещеряковым исследовано влияние содержание аморфного кремнезема, кварцевого песка, мрамора, магнезита, доломита, глины и глинистого сланца на технические показатели вяжущих веществ на основе гипса. Вышеуказанные примеси измельчались до удельной поверхности 1600-

2000 см²/г и вводились в сырье или вяжущее. Ими установлено, что тонкодисперсные примеси горных пород, при содержании их в количестве до 20 %, на прочностные показатели материала практически не влияют. При увеличении их содержания до 80 % резко снижается прочность образцов с 5 Мпа (без добавок) до 0,5 Мпа (80 % магнезита), и это несмотря на то, что водопотребность вяжущего снижается.

В работах [198, 264] установлено, что добавление глины в продуктах низкотемпературного обжига является инертным компонентом. При схватывании строительного гипса глинистые частицы вкрапливаются между кристаллами вторичного двуhydrата кальция, мешают контакту между ними, чем ослабляют кристаллизационную структуру.

П.И. Боженков и Ю.Т. Мещеряков утверждают [230] об отрицательном влиянии на качество гипсового вяжущего содержания глины. При введении ее в количестве 5 % марка гипсового вяжущего снизилась с Г-6 до Г-5, а при увеличении глины до 20%, прочность на сжатие образцов полуторачасового возраста всего 1,6 Мпа, т.е. не соответствовало марке Г-2.

Известно, что природные образования тонкозернистого кристаллического гипса, перемешанного с глиной или суглинками называются глиногипсами (ганч) [8]. Количества гипса в них колеблется от 50 до 95 %.

В различных местах глиногипсы известны под разными названиями. В степных районах юго-востока России эта порода называется слюдяной глиной, в Волгоградской области «глиногипс», а в Ленинградской – «гажа». В Закавказье порода, представленная смесью сернокислого кальция и глины, называется «гажей».

В Ганджинском районе Азербайджана – глиногипс называют «ганджей». В Туркмении, Узбекистане, Кыргызстане – с примесью лесса в виде камневидной хорошо цементированной породы называют «ганч», а в виде сыпучей, слабо цементированной рыхлой породы называют – «арзик».

Характеристика гипсосодержащих пород Кыргызской Республики приведена в табл. 1.2.

Для производстве арболита, фибролита, стружко-, скопо- и опилкобетона и др. материалов из растительно-вяжущей композиции, используются целлюлозосодержащие наполнители растительного происхождения, к которым относятся отходы деревообрабатывающей (станочная стружка, щепа, низкосортная и некондиционная древесина, тонкомер, неделовой горбыль срезки, торцы, лесорамные опилки, одубина), сельскохозяйственной (солома, ковра льна, кенафа, джута, стебли хлопчатника, камыша) и целлюлозно-бумажной (скоп и др.) промышленности. Обладая общей специфичностью свойств, эти наполнители оказывают существенное влияние на технологические и эксплуатационные свойства, а также на процессы структурообразования растительно-вяжущих композитов (РВК) [144,150,158, 233, 235].

Наряду с этим целлюлозосодержащие наполнители обладают и рядом специфических особенностей, отрицательно влияющих на свойства РВК и технологические процессы их производства. К таким наполнителям относится солома, ослабляющая прочность и стойкость РВК к влагопеременным воздействиям и обладающая [253]: повышенными химической активностью и степенью объемных влажностных деформаций (усушка, разбухание) и развитием давления набухания; сравнительно высокой проницаемостью и проводимостью; наличием упругопластических свойств; низкой адгезией по отношению к цементному камню; резко выраженной анизотропией (ортотропностью) и значительной упругостью при уплотнении смеси. Целлюлозосодержащие наполнители оказывают различные влияния на процессы структурообразования и физико-механические свойства растительно-вяжущего состава. Поэтому, при разработке технологии производства арболита, необходимо учитывать выше отмеченные свойства, негативно влияющих на качество изделий. На кафедре «Металлические и полимерные конструкции» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) в течение нескольких лет проводились исследования, в которых рассматривали возможность использования сельскохозяйственных растительных отходов Кыргызстана в производстве конструкционных изделий.

Таблица 1.2. – Характеристика некоторых месторождений гипсовых пород Кыргызской Республики

№ п/п	Наименование месторождения	Содержание, %						Балансовые запасы	Тип сырья	примечание
		CaSO ₄ 2H ₂ O	CaS O ₄	Карбонаты	Глин. примеси	Соли	7			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Сулу –Терекское, Чуйская обл.	41,67	0,97	12,3	Остальное мергелистые глины	0,83	Запасы по чистому гипсу 100-150тыс.т	Карбонатоглинопис	Пласт белого мелкокристаллического гипса. Залегают среди мергелистых глин в виде прожилков, отдельных линз. Сумм. содержание гипса в породе 30-40%	
2	Наукагское Араванский р-н	93,12	4,02	0,83	Прослойки глин	2,03	958 тыс.м ³	-	-	
3	Бактерекское, Нарынская обл Тянь-Шанский р-н	93,49	0,75	-	-	-	А-571,5 тыс., В-90,9тыс., С-691-тыс	Гипсовое сырье	-	
4	Кара-Кичинское Нарынская обл.	73,5-96,3	-	11,70	3,91	0,21	С ₂ -300 тыс. открытая разработка-119тыс.т	Гипсовое сырье	Цвет гипсов от белого до темно-серого	

Продолжение таблицы 1.2.

5	Кургак-Сайское Тюпский р-н	90,4- 96,99	-	-	-	-	-	Ориентировочные запасы 5100 тыс.т	Гипсовое сырье	-
6	Кырк-Кольское	91,86	1,37	1,50	-	0,45	C ₂ -772 тыс.т.	Гипсовое сырье	-	
7	Санташское Тюпский р-н	81,12	-	-	2,11	0,39	380тыс.т.	Гипсовое сырье	Гипс загрязнен кирпичной глиной и зеленоватого –серой глиной	
8	Сраджи-Агачское	8,98- 95,56 3,57- 46,11	4,38- 18,82 3,02- 10,84	12,16	Остальное мергелистые глины	0,41	По категории C ₂ -4320 тыс.т	Глино-гипс	Глиногипсный горизонт состоит из гипсованных желтовато-серых и менее красновато бурых песоченных глин.	
9	Ташлакское Сузакский р-н	98,78	5,78	1,19	1,94	-	По категории А-184 тыс.т В-156тыс.т. C ₂ -238 тыс.т	Гипсовое сырье	2 пласта гипса туранского яруса верх.мела разделены свитой коричневых глин, переслаив-ся с известняками и извест. Песчанников. Нижний пласт (основной) состоит из 4 пластов гипса, просл-щихся глинами и извест.	

Продолжение таблицы 1.2.

10	Шамсинское, Чуйская обл.	70,93 4 сорт	15,01	2,42	Остальное глина	0,32	Уч.1 по категории А-В 249 тыс.т. Уч. 2 по категории С ₂ -50тыс.т. Уч.3 30 тыс.т. 0,93	Гипсово е сырье, глино гипс	1 уч.гипс залегает в красно-бурых гипсоносных глинах, образуя крупую линзу, мощн. 273, протяж.200м. 2 уч. пласта мощн. 0,5-2м., протяж. 150м. На 3-м уч.имеются 3 тонких пласта мощн.0,8м. протяж. 100м гипс загрязнен глиной.
11	Калача, Баткенский р-н	99,69	-	-	-	-	19,5млн.т	Гипсово е сырье	
12	Каннское, Каджисай	97,8- 99,11	-	-	-	-	900тыс.м ³	Гипсово е сырье	
13	Боорду, Кадамжайский р-н	82,98	2,94	СаСО ₃ 5,67 MgCO ₃ 4,37	1.96	Na ₂ SO ₄		Гипсово е сырье, карбона -тогипс	7672 тыс.т
14	Доргун, Ляйлякский р-н	92,3	1,34	-	-	-	-	23,4 млн.т	

В последние годы эти исследования стали проводиться совместно с Германским Техническим Университетом Клаустал и Чешским Техническим Университетом.

Исследованиями было установлено, что использование в качестве связующего компонента в РВК полимерного дифенилметандиизоционата (PMDI), и фенолформальдегидных смол СФЖ повышает его структурную прочность и влагостойкость и, в целом, интенсифицирует процессы структурообразования. Кроме того, полученный конструкционный материал обладает отличными теплоизоляционными свойствами и экологичностью за счет отсутствия свободного формальдегида и фенола в PMDI, а также их ничтожного количества в СФЖ.

В качестве пластификаторов, растворителей и модификаторов используются различные технологические и структурообразующие добавки. [152, 155, 261].

Основным лигноцеллюлозным сырьем для производства композитных плитных материалов (КПМ) является солома зерновых культур [110]. Так, пшеничная солома, имеющая более низкую степень полезности в качестве добавки для пищи сельскохозяйственных животных по сравнению с соломой ячменя, может применяться в производстве высококачественного РВК за счет высоких структурно-механических свойств.

В качестве рабочей гипотезы принято предположение, что повышение технических свойств арболита в условиях влагопеременных температур достигается путем оптимизации структуры материала при его структурообразовании, что позволяет снизить отрицательное действие таких специфических особенностей растительного заполнителя, как высокие влажностные деформации и разбухание этого, анизотропного материала, высокую упругость при прессовании смеси [314].

В работах [246, 253] приводятся результаты исследований с целью разработки ТИМ на основе соломы фракции 30-50 мм и связующих с

хаотической структурой частиц для применения в ограждающих конструкциях сельскохозяйственных и жилых зданий.

Для получения ТИМ были использованы полимерные органические (СФЖ, ЛСТ и др. смолы) и неорганические (жидкое стекло и кремнезоли) вяжущие.

С целью достижения наиболее полного смачивания поверхности наполнителя (соломы) связующим и увеличения прочности при малой массе материала при его негорючести.

Верхний предел содержания связующего ограничен возрастанием плотности материала и некоторым падением прочности при сжатии, т.е. сопротивление сжатию носит экстремальный характер. Очевидно, возрастают усадочные явления при твердении связующего в блоке, что приводит к возникновению напряжений и снижению прочности при сжатии. Однако на показатель прочности при изгибе этот факт не оказывает влияния. Предел прочности при изгибе материала имеет тенденцию к повышению с увеличением количества связующего. Солома оказывает армирующее действие, причем более 80% ее частиц располагается перпендикулярно направлению действия изгибающей нагрузки. Усложняется путь распространения развития разрушающего эффекта (трещины) вследствие увеличения числа препятствий. Механизм влияния органических материалов при структурообразовании процесс формирования их при заданных физико-механических свойствам арболита исследован рядом авторов [263, 262, 237] однако значительный интерес представляет исследование этой проблемы при применении соломы в смешанных полимерсиликатно-гипсовых композициях [203,144].

Следует отметить, что в Кыргызской Республике часть соломы используется в качестве подстилки и кормовой добавки в животноводстве, дешевого и доступного топлива для местного населения. В странах Северной Америки (США, Канада и Мексика) около половины соломы остается на полях и вспахивается для улучшения качества почвы. Около 35 % используется для нужд сельского хозяйства, животноводства и других целей. 15 % используется

для промышленных целей. Все эти показатели очень сильно меняются в зависимости от почвенных и климатических условий, применяемой агротехники, региона и т.д. Примерные запасы излишков соломы зерновых по данным северных регионов КР даны в табл. 1.3.

Таблица 1.3. – Запасы излишков соломы зерновых по северу КР в 2015 г. (по данным статуправления КР)

Показатели	Процентное содержание, %	Тыс. тонн
Солома пшеницы, ячменя, овса	100	360
Солома, используемая для улучшения почвы	30	120
Солома, используемая в сельском хозяйстве	25	96
Излишки соломы	45	168

Таким образом, количество соломы пшеницы в странах региона позволяет построить небольшие заводы по производству строительных композитных плит из местных отходов сельскохозяйственного производства, что даст возможность сократить импорт строительных материалов, улучшить социально-экономическое состояние населения и экологию региона. Казахстан, Узбекистан и Туркменистан имеют огромные излишки соломы пшеницы, которые могут быть использованы для улучшения социально-экономического и экологического состояния всего региона.

Следует отметить, что солома злаковых применялась в строительстве жилищ с древних времен в качестве добавки стеблей растений в глиняную массу. В настоящее время она также широко используется во многих странах мира в качестве добавки к сырому необожженному кирпичу при возведении стен зданий из глины.

Таким образом, по объемам производства, физико-механическим характеристикам, несложным технологиям изготовления и ряду других показателей солома злаковых как растительное сырье можно применить в производстве высококачественных и экономически выгодных композитов.

В литературных источниках практически отсутствуют данные по получению легкого арболита на основе соломы и полимерсиликатно-гипсовых вяжущих.

Анализ литературных источников показал, что повышение водостойкости и прочности гипсовых вяжущих достигается путем использования активных пластифицирующих добавок при минерализации заполнителя при условии их механической активации и химических добавок органического и неорганического происхождения.

В производстве изделий и конструкций для стеновых панелей из арболита, необходимо учитывать в технологии влияние свойств наполнителей растительного происхождения на структурообразование заданные технические показатели РВК.

На необходимость расширения исследований по применению безцементных составов арболита, по развитию и совершенствованию при его получения для строительства энергосберегающих дешевых изделий из арболита на основе местной РВК с модифицирующими добавками указано в приоритетной Государственной комплексной программе развития науки и техники в КР. Необходимо создать энерго-ресурсосберегающий строительный конструкционный арболит для стеновых панелей и др. конструкций зданий на основе местной РВК с улучшенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами и возможностью применения его для наружных стен зданий [145, 147].

Особенности технологии арболита предъявляют требования к исходному сырью с целью получения арболита отвечающего нормам ГОСТ 19222-84 [90]. Основным вяжущим в производстве традиционного арболита служит портландцемент высоких марок 400 и 500. Однако при смешении древесных частиц с цементом и в процессе его твердения из древесины необходимо локализовать экстрактивные вещества из древесины, повысить адгезионную прочность частиц. Наряду с деформированием частиц при переменных влажностных воздействиях это ослабляет атмосферостойкость материала, для

чего предложены комплексные минеральные вяжущие, невосприимчивые к экстрактивным веществам. В числе таких вяжущих известны строительный гипс, магнезиальный доломит, белитошламовый и гипсоцементно-пуццолановый цементы, известковое вяжущее. Однако не все из перечисленных могут обеспечить нужное качество арболита, например, водостойкость [197, 287].

Естественно, что выпуск арболита наиболее целесообразно организовать вблизи источников сырья, как древесных отходов, так и отходов переработки растений сельскохозяйственного производства, когда производители не знают, куда девать вышеуказанные отходы.

Проводимые в странах СНГ и за рубежом исследования по ускорению твердения цементного арболита различными способами тепловой обработки, в том числе и электропрогревом, пропаривание и сушка, а также автоклавная обработка остаются крайне актуальными [117, 123].

При этом следует учесть, что прочность арболита прямо пропорциональна активности цемента и его расходу на 1 м³ материала, коэффициенту уплотнения, прочности и адгезии древесного заполнителя к цементному вяжущему и обратно пропорциональна содержанию водорастворимых веществ древесины, ее усадке и разбуханию. Конечно, расход цемента должен быть разумным, в противном случае возрастет вес изделия, ухудшатся его теплофизические качества, повысится себестоимость продукции. Важным направлением является создание и разработки эффективных способов его подготовки новых составов смеси для арболита, совершенствование процессов формования и твердения изделий, а также проработка методов снижения расхода вяжущего, увеличение прочности и деформативных свойств изделий.

Типовая традиционная технология получения арболита на древесном наполнителе и цементном вяжущем разработана в НИИЖБ. Она прошла

апробацию в лабораторных условиях и в цехе арболита Шеманихинского леспромхоза Нижегородской области.

Расширение производства арболита в значительной мере сдерживается из-за несовершенства технологических схем изготовления изделий.

Наиболее эффективной тепловой обработкой арболита является прогрев изделий при высокой до температуре 400 °С и влажности воздуха 60 %.

Учитывая, что тепловая обработка является наиболее длительным процессом в производстве арболита, разработки в этой области имеют важное значение.

По данным НИИЖБ и других исследований существенное влияние на кинетику набора прочности, сокращение сроков твердения арболита и снижение расхода цемента оказывает обработка органических заполнителей пленкообразующими полимерными добавками. В этом случае прочность арболита увеличивается в 2-4 раза.

При этом сокращается время твердения изделий в 3-6 раз и уменьшается расход цемента на 20-30% без снижения прочности арболита [229, 261].

Говоря о достижениях в области развития научно-технической базы по применению конструкций из арболита, следует отметить недостаточное количество исследований в данном направлении. В настоящее время в странах СНГ проблемой арболита занимается около 30 организаций, однако отсутствует комплексный подход к решению важных вопросов.

Не определены рациональные технологические схемы подготовки органических заполнителей, практически отсутствуют эффективные режимы твердения изделий, недостаточно данных по прочностным и деформативным свойствам различных модификаций данного материала, без которых затруднительно проектировать конструкции зданий.

Анализ производства на имеющихся предприятиях, принадлежащих различным организациям, показывает, что технология на каждом из них разная и далеко не оптимальная. Поэтому сегодня практически нет завода, который можно было бы принять за эталон.

Нельзя не отметить исследования Алма-Атинского НИИСтромпроекта по созданию эффективных способов подготовки заполнителя из стеблей хлопчатника и лозги [44, 47] и разработке и проектированию специализированного оборудования для данной технологии с учетом исследований ВНИИДрев, который разработал вариант технологической линии по приготовлению древесного заполнителя для цементного арболита.

В целях дальнейшего развития и совершенствования технологий по получению арболита, повышения качества изделий и эффективности их актуальным является: расширение исследований и применение при получении арболита нецементных вяжущих из отходов сельскохозяйственного производства; внедрение рациональных технологических процессов подготовки и приготовления органических заполнителей; замена цемента на местные минеральные вяжущие; применение комплексных химических и пенообразующих добавок; повышение однородности структуры арболита; создание специализированного смесительного, дозировочного и формовочного оборудования; выявление наиболее эффективных способов сокращения длительности твердения арболита в изделиях без снижения их прочностных и деформативных свойств; исследование био- и огнестойкости изделий из различных видов арболита; повышение плотности, водонепроницаемости и коррозионной стойкости его в конструкциях зданий.

Производство безцементного арболита в широких масштабах позволяет одновременно комплексно решить несколько задач: утилизировать промышленные отходы, оздоровить окружающую среду (ликвидировав в отвалах терриконы растений, исключив сжигание растительных отходов, уменьшить дефицит стеновых конструкций, перевести на индустриальную основу малоэтажное домостроение и тем самым снизить потребность в трудовых ресурсах, экономить деловую древесину и цемент [111, 123, 144, 145, 154, 158, 171]).

По данным НИИЭС РФ ТЭП на 1 м² глухой стены из различных материалов даны в табл. 1.4.

Таблица 1.4. – Сравнительные ТЭП применения арболита и других материалов

Материалы и конструкции	Объемная масса, кг/м ³	Толщина, см	Масса конструкции, кг	Расчетная себестоимость «в деле», сом.	Удельные капвложения, сом.	Трудоемкость при изготовлении и монтаже, чел-час
Из арболита	700	25	175	74	95	2,7
Из керамзитобетона	900	26	270	107	280	4,0
Из ячеистого бетона	700	25	175	99	251	3,6
Из обыкновенного кирпича	1800	66	1200	168	363	8,6
Из бруса	800	18	135	153	182	-

В условиях центрально-азиатского региона, в частности в Кыргызской Республике, где дефицитом является деловая древесина и ее отходы, но достаточно растительных отходов сельского хозяйства, которые почти не утилизируются, целесообразно их применение в качестве заполнителя вместо древесины в производстве арболита (солома, стебли хлопчатника, табака и др.). Но, до настоящего времени, к сожалению, разработке, применению и промышленному освоению производства безцементного арболита на базе сельскохозяйственных отходов республики уделялось незначительное внимание. Работы, посвященные изучению аспектов этой проблемы, носили эпизодический лабораторно-прикладной характер и еще не получили широкого внедрения в производство.

В Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) выполнены исследования по использованию рисовой и другой соломы злаковых в качестве заполнителя в производстве арболита [203, 216] При этом в качестве местного минерального вяжущего применять строительный гипс, а для получения стабильных прочностных характеристик и

обеспечения атмосферостойкости материала заполнитель обрабатывать полимерсиликатными модификаторами [196, 197].

В КГУСТА разработана технология гипсовых водостойких вяжущих и гипсовых композиционных и вяжущих водостойких гипсовых низкой водопотребности. [17, 40, 39, 195, 196, 197].

Повышение эксплуатационных и водостойких свойств гипсовых вяжущих достигается введением в них местного сырья Кыргызской Республики извести, золы, глины и др.

С целью повышения водостойкости и снижения расхода гипса предлагается использование в составе гипсовых смесей до 2,5-7,5 % извести, 20-25 % золы-уноса, содержание Na_2SO_4 от 1-4 % и остальное гипс марки Г4.

Мавлянов А.С., Ассакунова Б.Т., Абыкаева А.К., Абышов А.А, при разработке гипсовых композиционных вяжущих, в качестве наполнителей использовали (базальтовые породы, гранит, волосстанить, глиеж).

В качестве вяжущего был использован гипс марки Г4 и Г5. Повышение водостойкости и прочностных характеристик гипсовых вяжущих осуществляется использованием наполнителей, модифицирующих, пластифицирующих, воздухововлекающих добавок. В качестве удлинения сроки схватывания вяжущего введен лимонная кислота и костный клей.

Использование добавок изменяют условия структурообразования в гипсовом камне, что влияет на механические свойства материалов. Механизм действия добавок зависит от их свойств и часто носят комплексный характер. Так, замедлители уменьшают скорость образования зародышей кристаллов, скорость роста, габитус кристаллов.

Изучены физико-химические особенности процесса гидратации пластифицированных гипсовых вяжущих, полученных методом введения пластифицирующих добавок для снижения водопотребности и улучшения их прочностных характеристик [196, 197, 17, 37, 74, 148].

Строительный материал из арболита на основе древесного заполнителя и цементного вяжущего давно используется в строительстве за рубежом, причем в разных странах его называют по разному: дюрезоль (Швейцария), пилинобетон (Чехия), вундстроун (США), чентерибоад (Япония), дурипанель (ФРГ) и др. [12, 255].

Учитывая ужесточение требований к сопротивлению теплопередаче ТИМ в конструкциях зданий (СНиП 23-01-98 КР, Строительная теплотехника). Госагентство по архитектуре, строительству и ЖКХ при правительстве КР вызывает необходимость в резком переходе к использованию в строительстве высокоэффективных пористых, легких (ТИМ). К ним относится поризованный арболит на основе заполнителя из местного растительного сырья и минеральных вяжущих (гипс, зола ТЭЦ и др.) модифицированных полимерсиликатными добавками [196, 211, 213, 215, 220].

Сравнительные показатели физико-механических свойств композиций из арболита [203, 151, 31, 45] приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. - Физико-механические показатели арболитовых композиций

Физю-механ. показатели арболита различных стран	Материалы				
	Велокс (Австрия)	Дюрезоль (Швейцария)	Пилинобетон (Чехия),	Портланд-цементный арболит (б.СССР)	Арболит на РВК с ПСВ (КР и РК)
Средняя плотность, кг/м ³	550-600	600-700	600-800	500-800	350-700
Прочность при сжатии, МПа	2,5	2,8	2,4	0,6-3,5	1,4-3,7
Прочность при изгибе, МПа	2,1	1,4	1,5	0,8-1,0	0,6-1,0
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,09	0,09	-	0,11	0,07-0,09
Морозостойкость, цикл	-	-	-	25-50	30-45

Положительные свойства конструкционно-теплоизоляционного арболита с применением отходов растительного сырья, в частности соломы злаковых, обеспечивают уменьшение расхода металла путем существенного снижения стоимости изделий из арболита в сравнении с другими стеновыми материалами. Значительный вклад в области разработки и совершенствованию технологий производства арболита внесли ученые: Наназашвили И.Х., Тулаганов А.А., Бужевич Г.А., Щербаков А.С. и др., а также зарубежные ученые: Брокер Ф., Йохансон Л., Нгуен Ван Тхинь и др.

Данные ученых СНГ хорошо согласуются с результатами зарубежных исследований. В работах [103, 237, 240] выявлено, что щелочная среда цементного теста способствует выделению экстрактивных веществ древесины и осаждаясь на поверхности частичек минералов цемента, замедляют процессы гидратации вяжущего.

На некоторых производствах за рубежом для арболита из древесного заполнителя хвойных пород считается приоритетным, т.к. они являются натуральными минерализаторами заполнителя древесины. Однако, в связи с тем, что объем хвойной древесины резко ежегодно также сокращается. В связи с этим внимание ученых направлено на исследования на наличие сырьевой базы для получения органоминеральных композиционных материалов из отходов, как стебли хлопчатника, льна, кенафа, солома злаковых, лоза риса, подсолнечника и др.

В своих работах Касимов И.К. показал целесообразность и перспективность применения в производстве арболита на основе отходов сельского хозяйства в качестве минеральных вяжущих шлакощелочные, отличающиеся высокой экономической эффективностью и техническими свойствами. Обоснована сырьевая направленность для производства шлакощелочных вяжущих в условиях центральноазиатского региона. Данные, полученные на базе этих исследований, свидетельствуют о достаточно высоких эксплуатационных свойствах шлакощелочного арболита, превосходящих аналогичные показатели для арболита на портландцементе [124, 125, 128].

Однако имеющиеся данные не являются достаточными для решения задач, направленных на поиски новых путей создания высокоэффективного дешевого арболита из растительного сырья для строительства.

Таким образом, анализ показал, что до настоящего времени практически не разработаны и не усовершенствованы новые способы получения арболита сельскохозяйственного производства, обладающие достаточно высокими строительно-техническими свойствами.

Анализ работ, которые были приведены выше, не исключают исследования, открывающие пути создания конструкционного арболита с высокими физико-механическими показателями на основе растительного сырья. В этой связи проблема применения шлакощелочных вяжущих и полимерсиликатных модификаторов при получении арболита из растительного сырья приобретает большую актуальность. Поэтому необходимо изыскать эффективные способы получения гипсозолощелочного арболита на основе этих отходов, отвечающих требованиям современного строительства [20, 138, 139, 144, 151].

Теория конгломератов включает четыре взаимосвязанных части [259, 260, 347, 327, 324]:

- 1) теория структурообразования и формирования искусственных строительных конгломератов; формирование оптимальных структур;
- 2) теория структурной прочности и деформационной способности конгломератов, конгруэнции свойств при оптимальных структурах;
- 3) теория долговечности конгломератов в строительных конструкциях и сооружениях;
- 4) теория научных исследований и технического контроля качества конгломератов.

Разработки в представленной диссертации отнесены к первой части теории искусственных строительных конгломератов и посвящены изысканию способов ускорения процессов твердения; формированию оптимальной структуры арболита с применением полимерных модификаторов путем

совершенствования технологических процессов его производства и получения материала для строительства с заданными свойствами.

Прочность арболита обуславливается следующими основными качественными показателями свойств заполнителя: химическим и гранулометрическим составом, коэффициентом формы зерен, деформативностью. Требуемые активность и расход вяжущего, а также плотность получаемого арболита при его оптимальной структуре и при оптимальном составе смеси обеспечивают необходимую прочность структурных связей между затвердевшим вяжущим и органическим.

В КГУСТА разработан новый способ облагораживания органозаполнителя для конструкционно-теплоизоляционного арболита, включающий предварительное смачивание поверхности частиц его полимернопластифицирующей композицией и далее смешению с гипсом, что способствует коагуляции открытых пор в органоаполнителе, что обеспечивает достаточно высокую адгезионную прочность защитной композиции [151, 158, 212, 215].

Способ получения арболита из отходов растениеводства на основе полимерсиликатно-гипсовой композиции защищен авторским свидетельством Кыргызской Республики № 1139 кл. С 04В 18/00 от 30.01.2009 г.

Известно, что целлюлозосодержащий заполнитель (солома, древесина) состоит из комплекса различных органических веществ (средняя величина): 47% углерода; 43,2 % кислорода; 6,1 % водорода и 0,1 % азота. Кроме органических веществ в древесном заполнителе имеются минеральные соединения, дающие 0,3...1,8 % золы, в состав которой входят соли щелочноземельных металлов. В золе из древесных заполнителей содержится свыше 40 % соли кальция, около 20 % солей калия и до 10 % солей магния.

Разное содержание в органоаполнителях растворимых в воде сахаров различно оказывает влияние гидротацию полимерсиликатногипсовой композиции. С учетом поризации вяжущего предложено следующее компонентов (масс. %): гипс – 40...42; смола PMDI – 4,2...4,4; жидкое

натриевое стекло – 5...5,85; латекс – 0,16...0,2; триполиосфат натрия – 0,03, катализатор, остальное – вода [203].

По результатам исследований было установлено, что увеличение прочностных характеристик и показателей водостойкости арболита достигается путем оптимизации структуры силикатного камня за счет направленного структурного образования: облагораживанием частиц органического заполнителя композиций комплексными пластифицирующими полимерными добавками. Этот прием снижает в композиции влажностные деформации, увеличивает адгезионную прочность в структуре полидисперсной системы; путем введения в состав смеси гипса, позволяющего омоноличивание контактных зон и упрочняя каркас структуры, а также устранить отрицательное действие редуформации упругой композиции смеси при прессовании и формовании изделий.

Поэтому главной задачей на современном этапе являются: влагозащитная обработка частиц растительного заполнителя полимерными модификаторами с подбором специальных местных вяжущих на основе гипсозолощелочного состава.

Результатом повышений атмосферостойкости материала должно быть содержание в сырьевой смеси свободной щелочи, способствующей углублению процессов гидратации зерен золы. Это исключает появление свободной извести и высокоосновных гидросиликатов и алюминатов, а также нейтрализует остатки серной кислоты в лигнине. В совокупности это препятствует развитию деструктивных процессов в материале. Варьируя расход составляющих, можно получить конструкционный арболит с пределом прочности при сжатии до 8,2 МПа [95, 103, 156, 157, 158, 183].

В работе предлагается разработать состав и технологию атмосферостойкого арболита, экономичного по расходу вяжущего за счет замены портландцемента на местные гипсозолощелочные вяжущие, невосприимчивые к экстрактивным веществам, а в качестве заполнителя –

растительные отходы сельскохозяйственных культур (в частности, солому) взамен древесины.

Первоочередной задачей в работе и новым в технологии получения арболита является повышение влаго- и атмосферостойкости, достигаемое путем влагозащитной обработкой частиц заполнителя полимерными модификаторами и подбором специального минерального состава вяжущего с гидрофобными добавками.

Эти разработки позволяют более эффективно использовать растительное и минеральное сырье КР, создать дополнительную сырьевую базу в производстве арболита, повысить его стойкость и обеспечить долговечность ограждающих конструкций зданий.

Современные представления о наполнении, формировании микро- и макроструктуры, взаимодействии компонентов определяет новый подход к технологии композиционных материалов. Полиструктурной теории исходя и предыдущих исследователей предопределяет отдельную технологию приготовления смесей. По отдельной технологии отдельно готовят наполненное связующее и компоненты композиционной смеси. Затем совмещают их, используя разные режимы на этих технологических этапах. Для формирования микроструктуры – кластерообразования, оптимального распределения ПАВ и модификаторов, активации вяжущих и наполнителей и т.д. – смесь подвергают интенсивным механическим и физическим воздействиям. Это осуществляется в скоростных смесителях-активаторах. Такие смесители особо эффективны при получении мастик, красок, клеев, замазок и других мелкозернистых смесей. Отдельно приготовленным связующим, для чего скоростные смесители не обязательны. Аппараты, готовящие смеси с крупными заполнителями, имеют другие рабочие режимы, нежели скоростные смесители. На основе полиструктурной теории выработаны следующие принципы рациональной технологии: подбор и приготовление наполнителей требуемой дисперсности и активности, применение активированных и разнородных наполнителей; использование химических

добавок полифункционального действия, пластификаторов, ПАВ, модификаторов в целях сокращения расхода вяжущих улучшения свойств композитов; оптимизация наполнения для комплексного улучшения свойств при минимальных расходах вяжущих, добавок и других материалов; назначение тепловых и механических режимов обработки смесей и изделий, обеспечивающих оптимальные условия структурообразования на микро- и макроуровнях; дифференцированный подход к выбору реологических характеристик и способов уплотнения микро- и макроструктур: высокочастотное уплотнение – для первых и низкочастотное – для вторых.

Пустоты каркаса в композите заполняются связующим на основе полимерных или минеральных вяжущих с применением вибрирования, давления или вакуумирования. При этом регулирование реологических и других свойств композиционной смеси достигается введением катализаторов и пластификаторами, растворителей и нагреванием. Таким образом, каркасная система с позиции полиструктурной теории является результатом взаимопроникания двух структур разного уровня: микро- и макроструктуры. Новая технология позволяет снизить на 10-15 % расход связующего при достаточно высоких технических свойствах конструкций, изделий и материалов. Основные компоненты для производства арболита по традиционной технологии в настоящее время – цемент, древесная щепа, вода, алюминий и др. химические добавки.

Арболиту присуще невысокая плотность ($350-670 \text{ кг/м}^3$), не подвержен гниению, разрушению грызунами и насекомыми, не горит, морозоустойчив, обладает высокими теплотехническими свойствами ($K = 0,08$), хорошо пилится, и имеет хорошую звукоизоляционность

Теплопроводность древесины составляет $0.15-0.4 \text{ Вт/(мК)}$, арболита $0.07-0.17 \text{ Вт/(мК)}$. Толщина стен из арболитовых блоков ($400 \times 200 \times 200 \text{ мм.}$) – 40 см, равноценна по теплосбережению стенам из бревён. И это следует не только из сухих расчетов, но и из практики применения - даже на севере России дома из

конструкционного арболита со стенами той же толщины эксплуатируются практически без теплоизоляции.

Усадка арболита всего 0,4-0,5 %, что позволяет сократить трудоемкость возведения здания из арболитных блоков дома можно завершить, при желании, всего за месяц. И очень весомое качество арболита – низкая сложность строительства, как и по требованиям к трудоемкости (табл. 1.1), так, и главное – к профессиональности.

Традиционная технология получения арболита дает возможность выпускать:

- 1) блоки стеновые толщиной от 15 до 30 см;
- 2) конструкционно-теплоизоляционные и пустотные 50x150x8 см;
- 3) армированные пустотелые размер 50x150xдо24 см;
- 4) стеновые панели армированные и оштукатуренные с двух сторон размером 50x270 -300x10 см;
- 5) плиты перекрытий армированные размером 50x300 см, толщиной до 12 см;

Изделия и конструкции из арболита широко применяются в строительстве в качестве теплоизоляции наружных и внутренних стен, перекрытий и звукоизоляции в домах различного назначения.

Внутренние несущие поперечные стены также возводятся из пустотных арболитовых блоков толщиной 24- 30 см.

Перегородки монтируются из плит деревобетона толщиной 6-8 см, соединение их производится в шпунт и в гребень, имеющиеся на ребрах плит. При устройстве перекрытий используются полые плиты применяя их как опалубку, укладывают арматуру и производят бетонирование ребристой плиты и оснований под полы.

При плотности 500-650 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 0,08-0,09 Вт/(м·К), изготавливаются наружные стены толщиной до 24 см /40/.

Сырьем для производства арболита, как было отмечено, служат: древесина в виде отходов и дровяного долготья, портландцемент и минерализаторы, как например, хлористый кальций или жидкое стекло.

Совершенствование технологии строительных материалов, в частности арболита на основе отходов сельского хозяйства, весьма актуальной и перспективной. Изделия из арболита на основе отходов промышленности и сельского хозяйства для наружных стен не всегда имеют достаточную прочность, поэтому необходимо проводить облагораживание заполнителя специальными модификаторами.

Саратовским институтом «Облколхозпроект» установлена возможность использования при производстве арболита в качестве вяжущего высокопрочного гипса вместо портландцемента. В отличие от цемента это связующее обеспечивает быстрое твердение материала, с меньшей плотностью и достаточной прочностью при одинаковом расходе вяжущего.

Арболит на основе высокопрочного гипса и древесного заполнителя значительно экономичней, чем арболита на основе цемента. Стоимость дома оказалась в 1,6 раза дешевле по сравнению домом из кирпича и в 1,4 раза из обычного арболита.

Также прогрессивен способ формования изделий из арболита виброштампованием. Он разработан ЦНИММЭ и опробован в Вахтанском леспромхозе Нижегородской области. Этот способ способствует меньшей редеформации смеси, а в сравнении с вибропрокатной технологии менее трудоемкий.

НИИЖБ институтом выполнена работа по определению влияния на прочность арболита породы древесного сырья, марки цемента, влажности заполнителя из древесины. Выполнены исследования по определению гигроскопичности и стойкости арболита.

Этим институтом были разработаны рекомендации по увеличению прочности арболита на 30-50 % предварительной обработкой древесного заполнителя комплексными добавками. Но технология обработки заполнителя предложенная институтом оказалась дорогостоящей, сложной и не нашла широкого применения.

Для изготовления заполнителей из древесины исходный продукт для снижения выделения экстрактивных веществ предложено выдержка древесины на лесу складах (от. 2 мес. до 6 месяцев). При положительной температуре выдержка сокращается до 1 мес. при условии дальнейшего измельчения древесины в щепу. Дробленку замачивают в воде или в растворах минерализаторов солей для локализации экстрактивных веществ в древесине и ускорения гидратации цемента.

Удербаяевым С.С. предложен электромеханохимический (ЭМХ) способ повышения качества арболита при подготовке сырьевых компонентов [52, 219]. Принцип ЭМХ следующий: эффект дополнительной активации частиц можно достигнуть одновременным воздействием на неё двух факторов: электрического поля проходящего через жидкую фазу и процесса измельчения. В результате разработанный принцип получил название: «Принцип электромеханохимической (ЭМХ) активации». При предлагаемом ЭМХ способе активации вяжущего в присутствии электрокоагуляторов количество ориентированных частиц возрастает, при этом взаимодействие частиц приобретает электродинамический характер. Кроме того, предложенный способ активации позволяет использовать местные отходы промышленности.

Предложенная арболитовая смесь [297, 298] содержит вместо древесного заполнителя рисовую лузгу, а в качестве добавки золу гидроудаления, барханный песок и известняк при составе, масс %:

Рисовая лузга	-	25÷30
ЗолаТЭЦ	-	10÷12
Портландцемент	-	21÷23
Хлорид бария	-	1÷4
Барханный песок	-	4÷6
Известняк	-	9÷11
Жидкое стекло	-	3÷4
Вода	-	22÷23

Предложенный способ (ЭМХ) по активации наполнителя из местных отходов промышленности и сельского хозяйства и получения арболита с заданным свойствам позволяет решить вопросы утилизации отходов в производстве конструкционно-теплоизоляционных изделий и намного удешевить арболитовые изделий, не уступающие по физико-техническим свойствам аналогам конструкций из кирпича [90, 234, 246, 247, 245, 251].

Таблица 1.6. – Влияние комплексной активации сырья на прочность арболита

Наименование	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии (28 сут.), МПа
- Арболит на рисовой лузге	843	42,2	4,33
- Арболит на древесной дробленке	834	45,3	3,92
- Арболит на сечке камыша	862	44,5	4,30
- Арболит из стеблей хлопчатника	830	43,4	4,2

На рис. 1.1 предложена технологическая схема получения арболита с применением ЭМХ [299, 301]. Предложенный способ осложняется за счет устройств специального дополнительного оборудования для выполнения технологических процессов разработанных составов с использованием рисовой лузги. Автором поясняется, что можно применить технологию арболита с ЭМХ из стеблей хлопчатника, хотя структурные характеристики гуза-паи (содержание лубяного волокна до 40 %) и рисовой лузги различны по своим технологическим свойствам и способы приготовления сырьевых компонентов на специальном оборудовании также различны.



Рисунок 1.1 – Принципиальная технологическая схема производства арболита на разработанных способах ЭМХ подготовки сырьевых компонентов

Активации подготовки сырьевых компонентов арболита приведена на рис. 1.2.

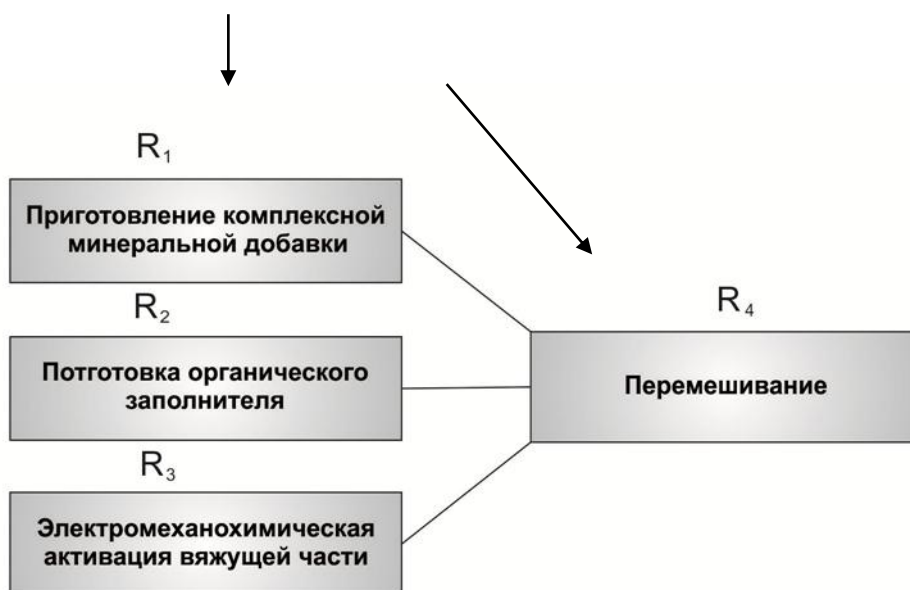


Рисунок 1.2 – Схема комплексной активации сырьевых компонентов арболита

Республике Казахстан имеется ряд разработок по изготовлению арболита из органического сырья, в.т.ч. из отходов растениеводства [26, 28, 29, 31, 34, 45, 46] для поризованного арболита.

К легким бетонам-конгломератам относится поризованный арболит. Поризация арболита достигается путем введения в смесь технической пены, при этом образуется высокодисперсная эмульсия воздуха, способствующая устранению непосредственного трения твердых частиц арболитовой смеси. В результате частицы при перемешивании равномерно распределяются вместе с цементом и плотно упаковываются при формировании изделий.

По этой технологии в качестве органического заполнителя применены измельченные стружки древесины. Поризация увеличивает качество материалов, повышает однородность структуры, уменьшает плотность, увеличивает морозостойкость, снижает коэффициент теплопроводности.

Изготовление поризованного арболита выполняется по существующей схеме, но с добавлением пеногенератора, подключенного с двумя накопительными баками и электродвигателем мощностью 8-12 квт и не менее 3000 об/мин. Улучшение свойств и структуры арболита достигается путем поризации смеси технической пены в сочетании с ускорителями твердения и замедлителя твердения – гипса, в момент образования выполняющего роль стабилизатора пены. Смесь поризованного арболита составляет древесные дробленки, гипс, цемент, химические добавки и пенообразующую жидкость [63, 107, 108, 109, 163].

Комплексные добавки, содержащие в своем составе жидкое стекло, водные растворы хлорида кальция вводятся в арболит для минерализации органического заполнителя и ускорения процесса твердения вяжущего.

Для устойчивости пены рекомендуются следующие добавки: первичные и вторичные алкидсульфаты; жидкостекольный пенообразователь и гидролизованная кровь (ГК), в большом количестве имеющаяся на мясокомбинатах.

Для создания устойчивой пены жидкостный состав пенообразователей совместно с водным раствором калия прогоняют в системе замкнутого цикла пеногенератора в течение 20–30 мин, после этого подают в пенобетонмешалку компонентами арболитовой смеси.

Смесь для поризованного арболита обладает высокой связанностью, повышенной влажностью и удобоукладываемостью. Благодаря таким свойствам формирование смеси происходит в течение 10 минут. Смесь уплотняется вибрацией (без пригруза) на виброплощадках с помощью площадочных вибраторов, вибронасадок и т.д.

Таким образом могут изготавливаться конструкции любой конфигурации с высоким качеством всех поверхностей изделий, так как поризованный арболит имеет слитное строение с упорядоченной замкнутой пористостью.

При изготовлении панелей наружных стен в горизонтальных формах лицевой поверхностью вверх их можно формовать без внутреннего (нижнего) фактурного слоя, так как благодаря слитному строению поризованная арболитовая смесь обеспечивает гладкую, не требующую штукатурки поверхность. После уплотнения смеси изделие подвергается тепловой обработке. Затем прогревается при температуре 50–60° С и относительной влажности воздуха 60–80 %.

Составы и свойства поризованного арболита даны в табл. 1.7. В новом арболите на основе гипсопуццоланового вяжущего в качестве органического заполнителя используются измельченные стружки древесины и гипсопуццолановое вяжущее.

Данная технология улучшает качество продукции, увеличивает однородность, уменьшает плотность, увеличивает морозостойкость, снижает коэффициент теплопроводности.

Получение гипсопуццоланового арболита осуществляется по известной схеме, аналогичной изготовлению бетонных изделий. Составы и свойства гипсопуццоланового арболита показаны в табл. 1.8 [73, 139, 143, 161, 220].

Таблица 1.7. – Составы и свойства поризованного арболита

Наименование показателей	Ед. изм.	Величина показателей для арболита в зависимости от класса и расхода составляющих				
		В 0,75	В 1,0	В 1,5	В 2,5	В 3,5
1. Расход цемента марки 400	кг/м ³	255	275	295	320	345
2. Расход сухой дробленки	кг/м ³	178	190	216	236	252
3. Расход воды при сухих органических заполнителях	л/м ³	268	305	326	352	372
4. Расход жидкости в пенообразном состоянии	л/м ³	62	64	66	82	90
5. Расход молотого песка	кг/м ³	78	82	86	90	96
6. Расход мраморной пыли	кг/м ³	5,5	6,0	6,6	7,0	7,6
7. Расход жидкого стекла	кг/м ³	10	11	12	11	12
8. Расход хлористого кальция	кг/м ³	6	7	6	7,5	8
9. Расход закрепителя пены во взвешенном состоянии	г/л	10– 12	11– 12	12– 13	13– 14	14– 15
10. Плотность в высушенном состоянии	кг/м ³	400– 420	440– 460	500– 540	540– 580	640– 650
11. Предел прочности при сжатии	МПа	0,33	0,62	0,96	1,66	2,14
12. Водопоглощение по массе	%	96	88	85	70	48
13. Морозостойкость	цикл	6	25	36	55	76
14. Коэффициент теплопроводности	Вт/м ² К	0,05	0,064	0,086	0,11	0,136

Таблица 1.8. – Составы и свойства гипсопуццоланового арболита

Наименование показателей	Ед. изм.	Величина показателей для арболита в зависимости от класса и расхода составляющих				
		В 0,75	В 1,0	В 1,5	В 2,5	В 3,5
1.Расход пуццоланового цемента марки 400	кг/м ³	255	285	305	330	355
2.Расход гипса марки 100	кг/м ³	100	100	110	110	120
3.Расход сухих органических заполнителей	кг/м ³	180	190	210	230	255
4.Расход воды при сухих органических заполнителях	л/м ³	280	300	320	355	365
5.Расход молотого песка	кг/м ³	70	75	80	85	90
6.Расход минерализаторов:						
- жидкое стекло	кг/м ³	10	11	11	12	12
- хлористый кальций	кг/м ³	6	6	7	7	8
7.Плотность	кг/м ³	400– 420	440- 470	500- 530	540- 580	590- 640
8.Предел прочности при сжатии	МПа	0,32	0,6	0,96	1,65	2,14
9.Водопоглощение, масс.	%	96	88	76	66	55
10.Морозостойкость	цикл	6	20	30	50	75
11.Коэффициент теплопроводности	Вт/м ² К	0,052	0,066	0,085	0,11	0,134

В производстве арболита применяются различные органические заполнители, минеральные вяжущие вещества, водные растворы различные химические добавки и вода. Кроме того используются инертные плотные заполнители для приготовления фактурных цементно-песчаных растворов и

бетонов, а также стальная арматура, закладные детали, красители, керамические или стеклянные плитки и другие отделочные материалы.

Органическим наполнителем могут служить низкокачественная древесина и отходы ее производства [280, 295, 329, 338] и отходы сельскохозяйственного производства (костра льна, рисовая солома, стебли хлопчатника, тростника и т.п.) [246, 253, 297, 300].

В НИИСтромпроекте г. Алматы была рассмотрена принципиальная возможность использования дробленых стеблей хлопчатника в качестве наполнителя в арболите. Авторами предложена технология изготовления арболита с улучшенными свойствами. Однако применение данной технологии усложняется большим количеством прессового оборудования [44, 45].

При применении стеблей хлопчатника в производстве арболита важным является их подготовка, включающая сбор, пакетирование, транспортирование и хранение стеблей хлопчатника. Рядом исследователей предложено выдерживать дробленые стебли хлопчатника в воде при температуре 333К для растворения и частичной промывки водозэкстрактивных веществ наполнителя для устранения их вредного действия на твердение вяжущего. Но однако предлагаемая технология снижает прочность изделий по сравнению изделиями на основе древесной дробленки. Вредное действие водозэкстрактивных веществ наполнителя можно устранить различными добавками, которые вместе с тем усиливают связующую способность портландцемента в составе арболита.

Технология приготовления наполнителей из однолетних растений включает измельчение и фракционирование состава частиц на решетке с диаметрами отверстий 10, 15, 18, 20, 28, 35 мм.

Авторами [46, 53, 62] предложен состав для арболита из тонкомолотых шлаков. и технология их изготовления виброштампованием. Для изготовления арболитовых изделий тонкомолотый фосфорный шлак перемешивался с дробленными стеблями хлопчатника или рисовой лузгой и с водным раствором жидкого стекла, затем формируются изделия путем виброштампования. Авторами установлено, что замена портландцемента шлакощелочным

вяжущим исключает из технологии операции вымачивания заполнителя, т.к. при твердении системы «шлакощелочное вяжущее – органический заполнитель» не образуются соединения, вредно влияющие на твердение арболита. Кроме того, при этом исключается применение и химических добавок: минерализаторов и ускорителей твердения портландцементного арболита.

Интерес представляют исследования [16, 20] по разработке и исследованию органоминеральных композиционных материалов на основе безобжиговых щелочных вяжущих и отходов сельского хозяйства.

Конструкционный арболит [53, 62] на основе из шлака плотностью 450–500 кг/м³, раствора щелочного компонента плотностью 1250–1300 кг/м³ – 300–360 л/м³ и органического заполнителя плотностью 100–140 кг/м³ с уплотнением смеси под давлением 0,2–0,4 МПа рекомендуется подвергать тепловой обработке при температуре 353°К.

Добавка песка в арболит позволяет регулировать его свойства [187, 188].

Исследованиями установлено [44, 47, 67, 88, 144, 156], что на основе костры кенафа, рисовой лузги и стеблей хлопчатника можно получить конструкционный арболит с прочностью 1,5–6 МПа при плотности 600–950 кг/м³.

Работы [109, 110] направлены на улучшение физико-механических свойств арболита путем пропитки его серосодержащими отходами.

Необходимо отметить, что для органических заполнителей характерно повышенное водопоглощение, а заполнители из сельскохозяйственных отходов содержат экстрактивные вещества. Поэтому для получения качественного арболита необходимо полное изучение и регулирование свойств органических заполнителей.

Прочность при сжатии является, от которой зависят прочностные и деформативные свойства.

На прочность изделия, являющейся основной характеристикой конструкционного арболита влияют: фракционный состав заполнителя;

насыпная плотность целлюлозного органического заполнителя; вид добавок и наполнителей; технологические факторы. Наиболее показательной для арболитовых систем является их призмная прочность [47, 88, 122, 30].

Нормативная призмная прочность для арболита, по СН 549, принята равной:

$$R_{\text{пр}} \approx 0,8R_{\text{куб}}, \quad (1.1)$$

где, $R_{\text{куб}}$ —кубиковая нормативная прочность.

Следует отметить, что в арболитовых кубиках и призмах на измельченных стеблях хлопчатника трещины возникают в момент максимальной нагрузки, и разрушение происходит без резких звуков, пластично (в отличие от ячеистых и легких бетонов на минеральных заполнителях). Это объясняется наличием в составе арболита органических заполнителей, обладающих упругопластическими свойствами [45,46,47].

Зависимость предела прочности при сжатии арболита от его класса прочности показана на рис. 1.3.

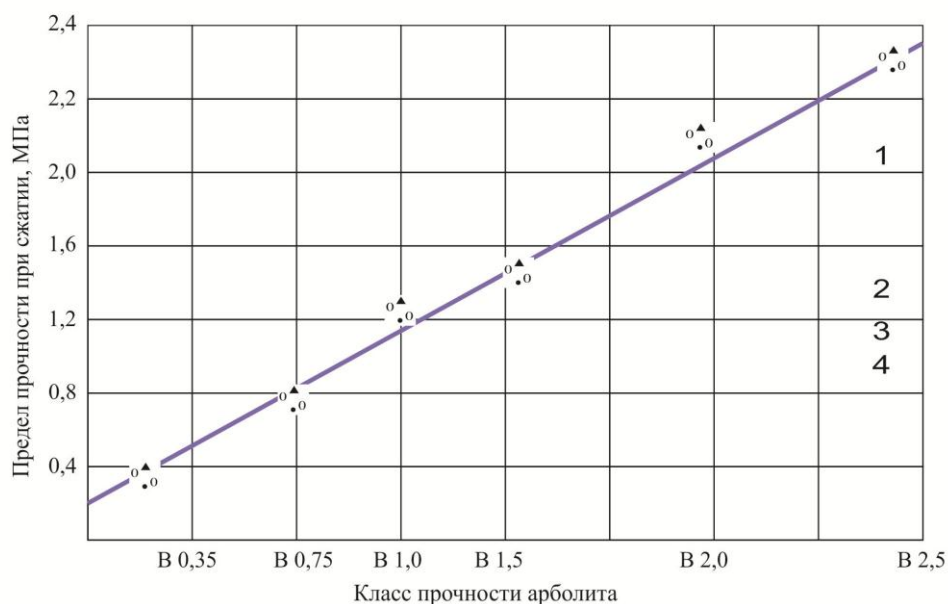


Рисунок 1.3 – Зависимость предела прочности при сжатии арболита от его класса

По итогам работ [45, 47] показана зависимость между напряжениями и деформациями арболита на мелких стеблях хлопчатника с заполнителями и без заполнителей (рис.1.4).

По вышеизложенным данным видно, что введение в состав арболитовой смеси разных добавок на основе вторичного сырья значительно снижает относительные деформации арболита по сравнению с образцами, не содержащими заполнителей и добавок.

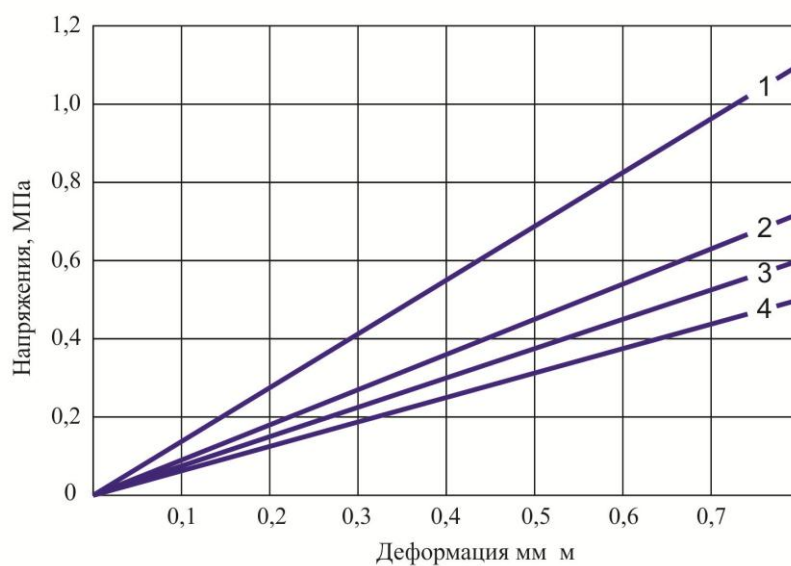


Рисунок 1.4 - Корреляция между деформациями и напряжениями арболита с различными заполнителями различных классов:

1 – арболит класса В 1,0; 2 – арболит класса В 1,5; 3 – арболит класса В 2,0 с заполнителем; 4 – арболит класса В 2,5 с мраморной пылью

В табл. 1.8. и 1.9 представлены начальные модули упругости при сжатии арболита классов В1,5, В2,0 и В2,5, которые содержат в составе различные отходы и минеральные добавки [43, 45].

Выявлено, что нормативная предельная прочность при сжатии арболита составляет 80 % от прочности и класса арболита, а добавление добавок и заполнителей существенно повышает модуль упругости арболита, снижает относительные деформации.

По вышеизложенным данным, добавление в состав арболитовой смеси разных добавок повышает модуль упругости затвердевшего материала.

Таблица 1.9. – Основные модули упругости арболита классов В1,5 и В2,0

Предельная нагрузка, МПа	Физико-технические показатели арболита					
	В1,5			В2,0		
	Напряжение, МПа	Модуль деформации, мм/м	Модуль упругости, МПа	Напряжение, МПа	Модуль деформации, мм/м	Модуль упругости, МПа
0,1	0,11	0,11	1000	0,15	0,14	1065
0,2	0,23	0,241	992	0,31	0,31	1062
0,3	0,35	0,362	992	0,42	0,42	1089
0,4	0,46	0,493	971	0,61	0,42	1048
0,5	0,59	0,62	949	0,79	0,79	1000

Таблица 1.10. - Основные модули упругости арболита классов В2,0 и В2,5 с разными отходами и добавками

Предельная нагрузка, МПа	Физико-технические показатели арболита					
	В1,5			В2,0		
	Напряжение, МПа	Модуль деформации, мм/м	Модуль упругости, МПа	Напряжение, МПа	Модуль деформации, мм/м	Модуль упругости, МПа
0,1	0,11	0,11	1200	0,11	0,11	1300
0,2	0,23	0,23	1220	0,23	0,14	1420
0,3	0,35	0,28	1230	0,34	0,23	1530
0,4	0,47	0,40	1240	0,48	0,33	1540
0,5	0,59	0,51	1260	0,61	0,39	1560

Разработана технология арболита на основе рисовой лузги, обработанной способом ее термической обработки [296, 297] Использована рисовая лузга Кызылординского рисового завода, портландцемент Шымкентского

цементного завода с активностью 360 и 409 кгс/см², натриевое жидкое стекло 2,9 и хлористый кальций технический плавленный.

Фракционный состав лузги, % по массе: 2-3 мм – 87,9; 2-0 мм – 10,1, менее 1 мм остального; влажность лузги – 7,1%, объемная масса в насыпном состоянии – 110 кг/м³, после вымачивания в воде в течение 15 мин – 285 кг/м³. Оптимальные составы арболита на рисовой лузге подобраны на основании определения прочности 20 составов, отличающихся расходом заполнителя и цемента (соответственно от 240 до 400 кг на 1 м³ изделия). Для ускорения твердения арболита применено жидкое стекло в сочетании хлористым кальцием. Исследованы дозировки жидкого стекла в пределах 1-5 % от массы заполнителя и хлористого кальция – 1-4% от массы цемента. Рисовую лузгу с целью вымачивания из нее растворимых в воде вредных веществ вымачивали при 20⁰С в течение 15 мин.

Установлено, что количество воды для вымачивания лузги необходимо брать в соотношении 2:1 (вода:лузга) по объему. При таком соотношении лузга находящаяся в сетчатом контейнере, оказывается омытой водой со всех сторон. Образцы арболита размером 115x15x15 см изготавливали в формах с замыкающейся крышкой – пуансоном и через сутки расформовывали; твердение их происходило на воздухе с относительной влажностью 60-80 % при 18-20⁰С.

При получении арболита из рисовой лузги, так же как и на основе других заполнителей, следует применять цемент марки не ниже 400. Это подтверждается данными таблицы 1.10: при использовании марки 300 прочность арболита снижается в полтора раза.

Расход сырья в кг на 1 м³ арболита марки 20 составлял: лузги – 240, цемента – 320, растворимого стекла – 2,4, хлористого кальция – 15,2, воды – 430. Давление формования арболитовых изделий данного состава – 4,4 кгс/см². Оптимальные составы на рисовой лузге даны в табл.1.11.

По объемной массе этот арболит 700 кг/м³, его теплопроводности составила 0,12 (Вт/м·К). По морозостойкости арболит удовлетворяет

требованиям стандарта: после 35 циклов попеременного замораживания и оттаивания потеря прочности составила 19,6 %.

Таблица 1.11. - Оптимальные составы арболита

Марка цемента	Расход материалов, кг на 1 м ³ арболита				Предел прочности при сжатии, МПа	Марка арболита	Класс прочности на сжатие
	Цемент	Рисовая лузга	Растворимое стекло	Хлористый кальций			
300	400	8,8	2,4	16	0,8	5	В 0,35
400	400	12,0	2,4	16	1,2	10	В 0,75
300	380	7,8	2,4	15,2	0,78	5	В 0,35
400	380	11	2,4	15,2	1,1	10	В 0,75
400	320	20,7	2,4	15,2	2,07	20	В 1,5

Влажность арболита на рисовой лузге в 7-суточном возрасте составила 17,3%, а в 28-суточном 10,0 % (не более допустимой 25 %). Отпускная прочность обычно составляет не менее 80 % марочной, арболит же рекомендуемого нами состава через 7 сут набирает 90 % от прочности 28-суточного возраста. Следовательно, изделия из арболита на рисовой лузге могут быть отправлены потребителю через 7 сут. и ранее.

Предложенная технология затруднена для внедрения в производство отсутствием специальной технологической линии, а контрольные образцы, полученные в лаборатории имеют сравнительно малую прочность при сжатии при высокой плотности.

С целью оптимизации технологических параметров производства арболита было проведено математическое планирование экспериментальных работ. Исследовано влияния способа подготовки органического заполнителя на прочность при 28-суточном твердении арболита.

В качестве параметра оптимизации была принята прочность арболита. Количество воды и химических добавок, а также режим облагораживания органического заполнителя приняты постоянными. При этом исследовалось, как влияет содержание варьирующих факторов на прочность арболита. Для экспериментов в качестве вяжущего был применен портландцемент ЦЕМ I,

портландцементный клинкер кл. 95-100 [294] . А также автором работы [18] выполнено экспериментальное исследование по оптимизации составов композиционных гипсовых вяжущих веществ с использованием тонкоизмельченных зол гидроудаления.

В работе [19, 20] раскрыты вопросы разработки составов и проведено исследование свойств цементнозольношламового легкого арболита с использованием твердых органических отходов из измельченной скорлупы грецкого ореха. Были исследованы процессы взаимодействия и образования фазового состава комплексных вяжущих композиций с золошламовыми добавками методом рентгенофазового анализа.

В работе также произведен анализ химического состава и химической агрессивности растительного заполнителя по отношению к минеральному сырью. Скорлупа грецкого ореха состоит из клетчатки (примерно 69% всей массы скорлупы грецкого ореха–стебли), пектозана, водорастворимых веществ и небольшого количества экстрактивных веществ – танинов и жиров. В большинстве своем предложенные способы «минерализации» органического заполнителя требуют многоступенчатой обработки заполнителя различными химикатами с последующим кипячением или промывкой, выдержки в силосах для стабилизации его свойств или сушки и др. В данной работе «минерализаторами» заполнителя органического происхождения служат высоко кальциевая зола-унос и бокситовый шлам. При взаимодействии находящихся в составе золы-уноса (9%) и бокситового шлама (до 5%) оксида кальция CaO с водой затворения образуется гидроксид кальция. Полученный водный раствор характеризуется щелочной реакцией, позволяющей использовать его в качестве минерализатора органического заполнителя.

В Брянской государственной инженерно-технологической академии [85] при изучении механизма влияния добавок, содержащих микро- и наноразмерные частицы кремнезема, на структуру и физико-технические свойства древесно-цементных композиций установлено, что за счет гидравлической активности микро- и нано-дисперсного кремнезема в структуре

цементной матрицы происходит интенсивное образование гидросиликатов кальция.

Доказано, что комплексное использование добавок с микро - и наноразмерными частицами кремнезема позволяет повысить предел прочности при сжатии на 98 % и снизить водопоглощение на 50–60% при экономии цемента до 50 %. Определены оптимальные составы древесно-цементных композиций, позволяющие получать материалы с улучшенными физико-техническими характеристиками: предел прочности при сжатии до 15,0 МПа, средняя плотность 630 кг/м³ и водопоглощение 52,3 %.

Разработана технология производства стеновых блоков на основе древесно-цементной композиции с использованием комплексных добавок, таких как микрокремнезем и добавки с наноразмерными частицами кремнезема [85, 192].

Получение арболита с улучшенными теплотехническими показателями на основе органоминеральной композиции, не восприимчивыми к экстрактивным частицам заполнителей комбинированной пористой структурой материала при минимальном расходе вяжущего, является весьма актуальной. Введение пористых минеральных или органических пластифицирующих добавок обеспечивает снижение коэффициента теплопроводности арболита и его массы, а также повышает деформативность его, снижая демпферный эффект [166, 218]

Известно, что влажность гипсового камня в арболите находится в пределах 7,5–12 %, а сечки соломы 13,5 –28 %. Полимеры и пластификаторы, затвердевшие в поровом пространстве композиции и контактной зоне, создают дополнительный пространственный каркас [218]. Прочность полимеров на сжатие 1,2–1,6 МПа позволяет воспринимать часть усадочных напряжений. Этим объясняется повышенная стойкость арболита к атмосферным воздействиям, главными факторами которых являются напряжения усушки-набухания [215, 206].

В безлесных районах Кыргызстана и Средней Азии широкомасштабное производство арболита может базироваться на растительных отходах сельского

хозяйства, в частности соломы, и местного полимерсиликатно-гипсового вяжущего [147, 149] в соответствии с этим направлением целесообразно изготовление стеновых блоков повышенной прочности для малоэтажного и сельского строительства [208, 213].

По результатам исследования в КГУСТА для повышения прочности бесцементного арболита нами предлагается использование быстротвердеющих гипсовых вяжущих, не восприимчивых к экстрактивным веществам, совместно с полимерсиликатными композициями [196, 13, 17, 161].

Полимерсиликатные системы – это материалы с включением жидкостекольных композиций с распределением в них затвердевшего полимера (карбамидные, полиизоционатные, фенолформальдегидные и др.). Присутствие полимеров даже в небольших количествах заметно улучшает прочностные свойства композита: повышается адгезия, ударопрочность, вода, морозо- и химическая стойкость [152, 160, 164, 215].

На основе теории современных положений структурообразования композитов, конгломерато-ячеистых структур, в КГУСТА предложен состав и технология получения из частиц соломы арболита на полимерсиликатно-гипсовом вяжущем (ПСГВ) [206].

Анализ наших исследований показывают, что гидросульфоалюминаты-кальция при образовании фазового состава ПСГВ со стехиометрически расчетным количеством гипса образуются в полном объеме еще в жидком или вязкопластичном состоянии в виде гелеобразной массы (рис. 1.5).

Ускоренное твердение гипсоцементного арболита объясняется относительно высокой скоростью твердения гипса при взаимодействии с экстрактами органического заполнителя, а также интенсивной гидратацией микровибромолотой части вяжущего.

По результатам экспериментальных исследований исходного сырья и материалов для получения конструкционно-теплоизоляционного арболита из стеблей соломы злаковых культур, получены физико-механические параметры заполнителя из соломы. Построены основные зависимости между напряжением

и деформациями, определен фракционный состав сечки соломы, а также закономерности обработки частиц соломы, полимерсиликатными добавками (ПСД), предложены рациональный состав вяжущего. Разработаны способы облагораживания частиц соломы полимерсиликатными добавками (ПСД).

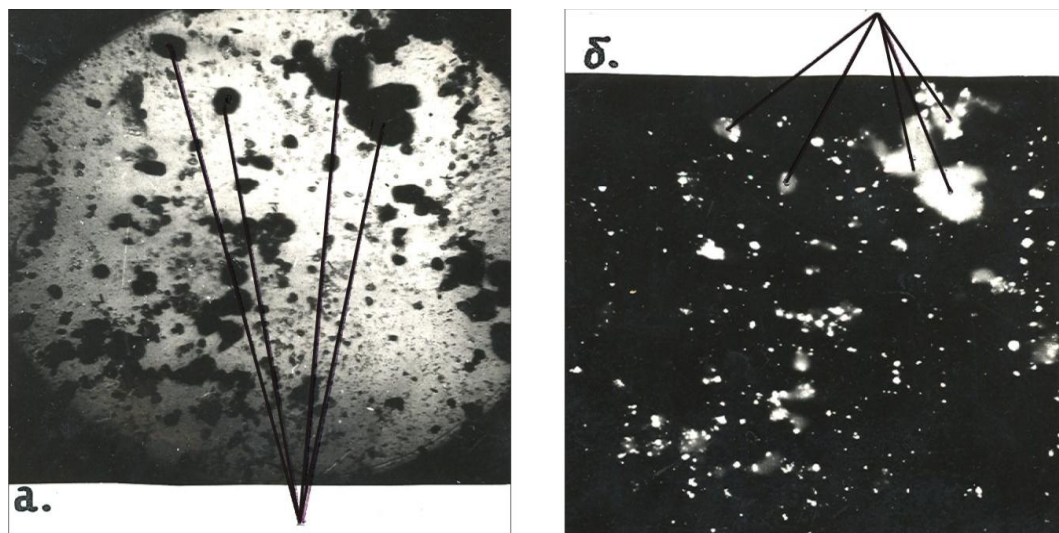


Рисунок 1.5 - Микрофотография смеси ПСГВ в возрасте 1 суток:

а – при параллельных никелях; б – при скрещенных никелях

Учитывая вышеизложенное, нами была разработана специальная новая технология производства энергосберегающего арболита с полимерсиликатными добавками. Разработанная технология арболита на основе соломы и апробированная в заводских условиях предприятий стройиндустрии как на севере, так и на юге КР.

Сравнивая данные рентгенограммы на рис. 1.6 можно видеть, что ПСД является самым эффективным в интенсификации гипса, особенно в комплексе с жидким стеклом, и более интенсивное влияние оказывает на твердение арболитовой смеси.

Наибольшее ускоряющее действие ПСД состоящей из жидкого стекла, полимеров, латекса, на твердение арболита можно объяснить эффектом минерализации поверхности частиц заполнителя из сечки соломы.

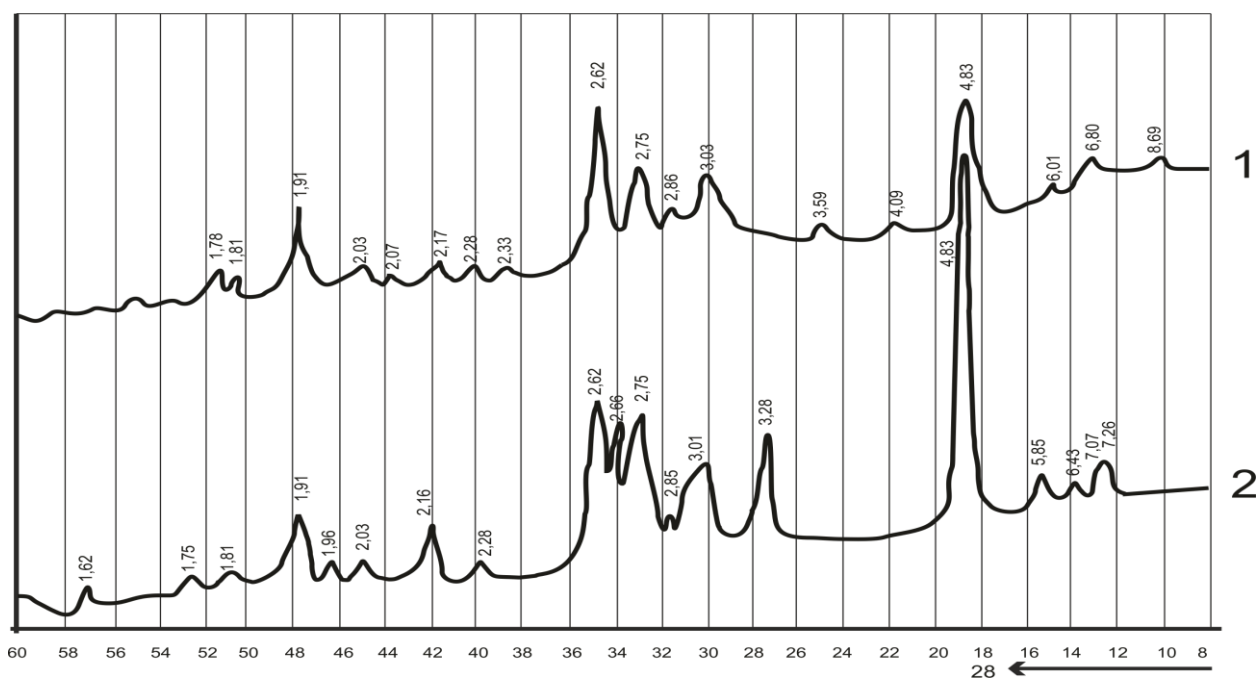


Рисунок 1.6 - Рентгенограммы образцов ПСГВ в возрасте 1 суток:

1 – с полимерсиликатными добавками; 2 – с жидкостекольными добавками

Технологические процессы изготовления сырьевой смеси для теплоизоляционного легкого арболита даны на рис. 1.7 и в технологических регламентах [213, 219].

Производство арболита на основе соломы и ПСГВ включает следующие отделения:

- склады соломы и компонентов для связующего;
- Нарезка соломы на соломорезке и отделение приготовления связующего с ПСД;
- формовочный участок;
- участок выдержки;
- участок распалубки и рециркуляции отходов;
- склад готовой продукции;

Рациональный состав и основные технические свойства арболитовых блоков опытно-промышленной партии даны в табл. 1.12, 1.13.

Рекомендуемый расход материалов на 1 м³ арболита поризованного класса В 0,75: гипс – 250 кг, наполнитель – 1,3...1,5 м³, полимерсиликатные

добавки (PMDJ – 4,6 кг, жидкое стекло – 4 кг, ЛСТМ – 0,45 кг, катализатор – 0,04 кг), триполифосфат натрия (ТПФН) – 0,2 кг, вода – 220-250 л. [143].

Таблица 1.12. – Рациональные составы сырьевой смеси для поризованного арболита из соломы на основе ПСГВ

Компоненты материала, масс. %	Составы сырьевой смеси		
	I	II	III
Гипс	40,2	41,4	42,0
Солома злаковых измельченная	27,0	23,8	21,0
Древесная стружка	2,0	3,51	4,1
Стекло натриево жидкое	5,85	6,90	7,2
Полиизоцианатная смола PMDJ	4,40	4,18	4,22
Пластификатор (ЛСТМ- 2, латекс, катализатор)	0,16	0,18	0,20
Триполифосфат натрия (ТПФН)	0,012	0,015	0,02
Вода	Остальное		

Таблица 1.13. - Свойства арболитовых блоков (теплоизоляционных)

Наименование свойств	Ед. изм.	Показатели свойств блоков, изготовленных в условиях:	
		лабораторных (28 сут.)	полупромышленных (28 сут.)
Плотность	кг/м ³	400	450
Прочность при сжатии $R_{сж}$	МПа	2,78	3,2
Теплопроводность	Вт/мК	0,07	0,08
Водопоглощение	%	46	48

Из табл. 1.13 видно, что изготовленные арболитовые блоки по своим показателям не уступают образцам, полученным в лабораторных условиях, соответствуют нормативам ГОСТ 19222-84 «Арболит и изделия из него и могут быть рекомендованы для использования в качестве стеновых блоков и как теплоизоляционный материал в малоэтажном строительстве [90, 208, 216].

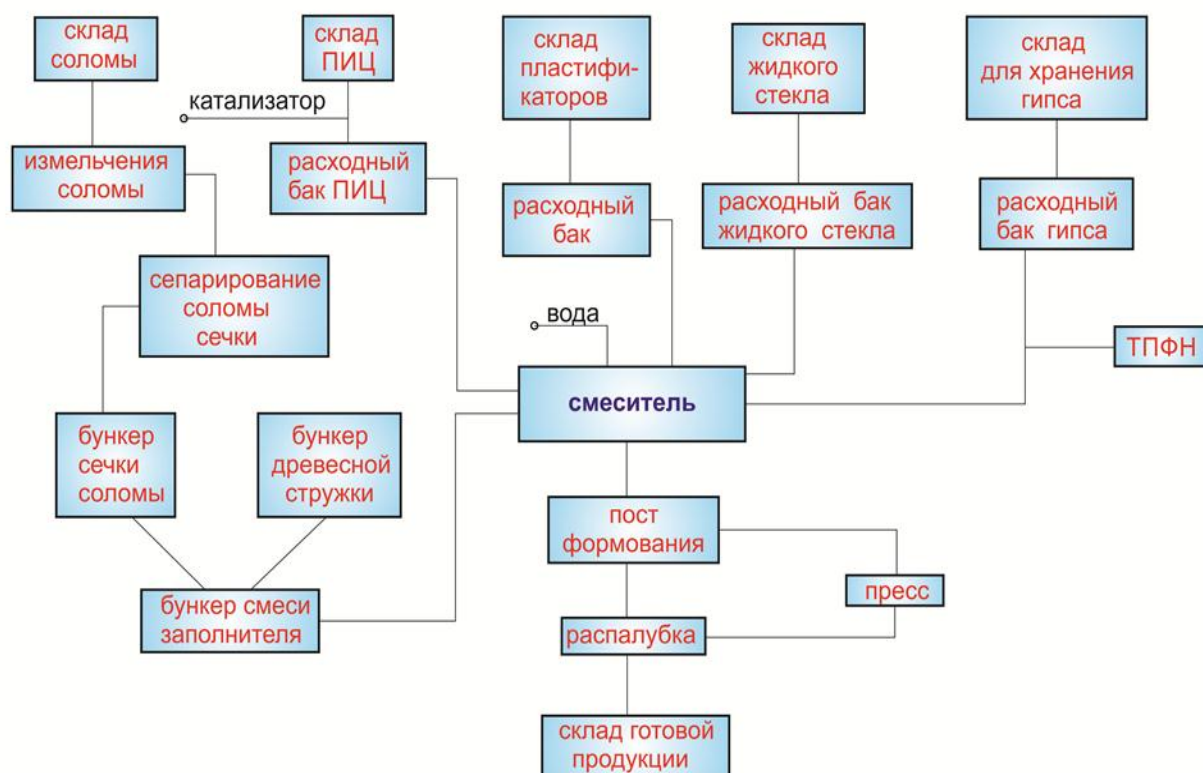


Рисунок 1.7 – Технологическая блок-схема производства легкого арболита

Применение арболитовых изделий в малоэтажном строительстве, особенно в сельской местности, весьма актуально. В условиях Кыргызстана, имеющего достаточные запасы ежегодно возобновляемого сырья в виде отходов сельского хозяйства (табл. 1.3), выпуск арболита даст значительную экономию денежных средств и трудовых ресурсов, решит локальные экологические проблемы, высвободятся производственные площади.

Для климата Центральной Азии коэффициенты теплопроводности γ или сопротивление теплопередачи R_0 для наружных стен, фундаментных плит и

крыши должны составлять около 0,1-0,15 Вт/(м·К) или сопротивление теплопередачи R_0 около 10...6,75 (м²С)/Вт. Выше перечисленные необходимо учитывать при строительстве для малоэтажных пассивных зданий в Кыргызской Республике.

Пассивные дома – это здание в котором можно достичь комфортного микроклимата, как в зимний период (без отдельной системы отопления так и в летний период) используя маломощную компактную систему отопления, так и в летний период без системы кондиционирования, применив энергосберегающие материалы малой плотности, с низким коэффициентом теплопроводности ($\rho = 300\div 400$ кг/м³), $K=0,07-0,08$ Вт/(м·К).

Проблема физико-механического поведения энергосберегающих органокомпозитов на полимерном или минеральном вяжущем, в частности гипса для малоэтажных пассивных домов все еще является предметом изучения многих исследовательских центров (например, Мартиенсон, 1994; Хант, 1996; Ву и Милота, 1996; Zhou и др., 2000, Navi и др., 2002). Большинство исследований, проводимых в течение более чем 50 лет, сосредотачивалось на симметричных изменениях влажности, наблюдаемых при напряжении в композите [258, 263, 257, 259]. В Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры разработан новый состав и технология получения энергосберегающего легкого арболита (солома+гипс+полимерсиликатные добавки) для строительства пассивных домов [208, 209].

На основании экспериментальных данных [214, 218] установлено, что вяжущее на основе гипса с полимерной смолой PMDJ способствуют упрочнению каркаса материала. Такое связующее способствует снижению деформаций усадки арболита (от +0,45 до +0,615 мм/м), а PMDJ, заполняя межклеточное пространство, образуют более прочный мелкокристаллическую структуру гипсового камня, что повышает строительно-технические свойства по прочности до 6 МПа, водопоглощение до 8% по массе и морозостойкость $M_{рз} 35$, что соответствует требованиям ГОСТ 19222-84*. Это обоснование

согласуется с результатами дифференциально-термического и рентгеноструктурного анализов (ДТА и РЭМ) образцов арболита на ПСГВ. Подвижность смеси по Суттарду – 140-153 мм. Коэффициент размягчения (средний) $K_p = 0,30-0,36$.

Установлено, что у полимерсиликатно-гипсовых композиций в сравнении с чистым гипсом плотность повышается на 10-12 %. Происходит повышение как общей пористости затвердевшего камня, так и открытой пористости. Коэффициент прочности повышается на 15-20 %, а теплопроводность снижается на 25 %. Остаточная влажность камня ниже 10 %, т.е. изделия на основе ПСГВ не требуют сушки, что исключено в технологическом процессе.

Результаты работы показывают, что в практике конструирования и расчета элементов малоэтажных зданий из энергосберегающих органокомпозитов деформационно-прочностные характеристики их на полимерных и модифицированных гипсовых вяжущих с учетом влажностного состояния материала и длительности загрузки позволяют повысить долговечность пассивных домов на стадии проектирования.

Установлено, что за счет прочного сцепления полимерсиликатного связующего с поверхностью частицы соломы фракцией по длине 30-50 мм более полно, как дисперсная арматура, участвуют в сопротивлении изгибу.

По результатам РЭМ арболитовые блоки как теплоизоляционные, на полимерсиликатно-гипсовом связующем, имеют каркасно-волокнустую структуру, состоящую из трубчатых пор соломы и древесных частиц фракций 10/25, что создает равномерную флуктуацию частиц наполнителя.

Пористость структуры арболита равна 64 %, а капиллярная – 19 %. Характеристика структуры легкого арболита для стеновых блоков крупнопористая в основном открытая и часть замкнутая [119, 160, 169]. Процесс твердения вяжущего на основе ПСД протекает по коагуляционному типу, обеспечивающему прочность и достаточную жесткость композита.

Среднестатистические показатели физико-механических свойств поризованного арболита с ПСД, получаемого различными способами на производстве АООТ «Завод ЖБИ-4», представлены в табл. 1.14.

Таблица 1.14. - Технические свойства затвердевшего камня, энергосберегающего арболита для стеновых блоков

№ п/п	Материалы	Плотность камня, г/см ³		Прочность на сжатие, R _{сж} , МПа		Пористость _{общ} %	П _{откр.} %	Эмпирич коэффициент	Теплопроводность λ, Вт/м·°С	Водопоглощение W, %
		28 сут.	после сушки	2 сут.	28 сут.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	Гипс+Ц	1,26 9	1,11	4,2 2	8,1 2	42,6	32,5	6,7	0,22	13,0
3	Г+ПСД -10-12%	0,4	сушка не треб-ся	5,6	13	66,3	57,5	8,2	0,07	5,9

Примечание: - ПСД – полимерсиликатные добавки в составе: стекло натриево-жидкое+полиизоцианатная смола РМДЖ+пластификатор ЛСТМ-2.

По результатам предыдущих исследований в КГУСТА получен новый материал для внутренних стеновых блоков - конструкционно-теплоизоляционный арболит.

Опытно-промышленная партия арболита для стеновых блоков была получена в производственных условиях на предприятиях стройиндустрии КР: АООТ «Завод ЖБИ-4», Завод ЖБК «Болот», в АО «КАЗДОРНИИ», а также нашли применение в учебном процессе. Анализируя преимущества и недостатки арболита как материала для жилищного и сельскохозяйственного строительства [152, 156, 158, 160, 169, 203, 204] необходимо совершенствовать технологию получения водо- и атмосферостойкого арболита для наружных стеновых блоков зданий в условиях температурно-влажностных перепадов климата КР.

С учетом этих требований главной задачей на современном этапе являются: влагозащитная обработка частиц растительного заполнителя

полимерными модификаторами с подбором специальных местных вяжущих на основе гипсозолощелочного состава.

Результатом повышений атмосферостойкости материала должно быть содержание в сырьевой смеси свободной щелочи, способствующей углублению процессов гидратации зерен золы.

Это исключает появление свободной извести и высокоосновных гидросиликатов и алюминатов, а также нейтрализует остатки серной кислоты в лигнине. В совокупности это препятствует развитию деструктивных процессов в материале. Варьируя расход составляющих, можно получить легкий арболит прочностью при сжатии до 8,2 МПа [161, 205].

В работе предлагается разработать состав и технологию атмосферостойкого арболита, экономичного по расходу вяжущего за счет замены портландцемента на местные гипсозолощелочные вяжущие, невосприимчивые к экстрактивным веществам, а в качестве заполнителя – растительные отходы сельскохозяйственных культур (в частности солому) взамен древесины.

Первоочередной задачей в работе и новым в технологии арболита для ограждающих конструкций зданий является повышение влаго- и атмосферостойкости, достигаемое путем влагозащитной обработкой частиц заполнителя полимерными модификаторами и подбором специального минерального состава вяжущего с гидрофобными добавками.

Эти разработки позволяют более эффективно использовать растительное и минеральное сырье КР, что важно расширения сырьевой базы в изготовлении арболита, повысить его стойкость и обеспечить долговечность конструкций из местного сырья.

В настоящее время применение арболитовых блоков для возведения стен зданий и сооружений становится все более популярным. Это связано с преимуществами арболита в сравнении с другими конструкционно-теплоизоляционными материалами. Преимущества арболитовых блоков: - Высокий уровень прочности при изгибе, соотносимый с уровнем прочности

при сжатии, обеспечиваемый армирующим действием древесной щепы в структуре арболита, что позволяет исключить армирование рядов при кладке;

- Склонность к пластическим деформациям при разрушении за счет того же армирующего действия щепы, отсутствие хрупкости, обеспечивающее высокую транспортабельность без повреждений при перевозках и перегрузках, пониженную опасность при аварийном разрушении;
- Высочайшая огнестойкости биостойкость, несмотря на сгораемость склонность к биопоражению заполнителя за счет защитного действия цементного камня в структуре арболита;
- Высочайший уровень гвоздимости, высокие монтажные свойства, высокое усилие выдергивания распорных анкеров, легчайшая обрабатываемость;
- Легкая отделка за счет шероховатой поверхности, обеспечивающей высокую прочность сцепления с штукатурными и шпаклевочными составами, а также за счет высокого уровня гвоздимости, обеспечивающего легкий и надежный монтаж навесных фасадных систем;
- Эффективная тепло- звукоизоляция за счет капиллярно-пористой структуры арболита, сочетаемой с волокнистой структурой заполнителя;
- Низкий уровень усадки при высыхании, что позволяет обеспечить кратчайшие сроки возведения стен;
- Экологичность и уникальный комфортный микроклимат, сравнимый с деревянными зданиями. Блоки стеновые мелкие из арболита предназначены для кладки наружных и внутренних стен, а так же перегородок жилых и общественных зданий с относительной влажностью воздуха помещений не более 75 % при неагрессивной среде. Применение арболитовых блоков для кладки стен с мокрым режимом помещений, а также в местах, где возможно усиленное увлажнение бетона или наличие агрессивных сред допускается только с применением специальной защитной отделки.

Блоки из арболита могут быть применены в следующих видах строительства:

- малоэтажное строительство из конструкционного блока с плотностью не менее D600: коттеджи, дачи, блокированные дома (таунхаусы), многоквартирные дома для возведения всех видов стен и перегородок;

- многоэтажное монолитно-каркасное жилищное строительство: внешние самонесущие стены заполнения каркаса из конструкционного и теплоизоляционного блока, межкомнатные стены и перегородки из конструкционного и теплоизоляционного блока.

При проектировании стен из арболитовых блоков следует руководствоваться общими требованиями СНиП II-22-81 «Каменные и армокаменные конструкции», СТО 501-52-01-2007 "Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов" и «Инструкция по применению арболитовых блоков малоэтажное строительство жилых и общественных зданий». Толщина стен должна назначаться исходя из требуемого сопротивления теплопередаче, так и с учетом обеспечения условий прочности. Минимальная толщина несущих наружных и внутренних стен определяется расчетом. Несущие стены из арболитовых блоков рекомендуется возводить высотой до 3-х этажей включительно, но не более 10 м, самонесущие стены зданий - высотой до 6-ти этажей включительно, но не более 20 м. Этажность зданий, в которых применяются блоки для заполнения каркасов или устройства самонесущих стен с поэтажным опиранием не ограничивается. Внутренние и наружные несущие стены зданий высотой до 3-х этажей рекомендуется изготавливать из блоков классов по прочности не ниже В2 на растворе не ниже М50; при высоте зданий до 2-х этажей - не ниже В1,5 на растворе не ниже М35. Кладку из блоков рекомендуется вести с использованием легкого теплоизоляционного раствора на основе сухой смеси так же следует учитывать требования, приведенные в СП 82-101-98 "Приготовление и применение растворов строительных", настоящих рекомендациях и ГОСТ 28013-98* "Растворы строительные. Общие технические условия". В этом случае обеспечивается прочная кладка без «холодных» швов [115].

1.2. Теоретические предпосылки и обоснование новых технологических решений в производстве арболита на древесно-растительном сырье и полимерсиликатно-гипсовом вяжущем

Современные представления о наполнении, формировании микро- и макроструктуры, взаимодействии компонентов определяет новый подход к технологии композиционных материалов. В работе принята отдельная технология приготовления смесей. По отдельной технологии отдельно готовят наполненное связующее, смесь заполнителей. Затем совмещают их, используя разные режимы на этих технологических этапах.

Для формирования микроструктуры - кластерообразования, оптимального распределения ПАВ и модификаторов, активации вяжущих и наполнителей и т.д. - смесь подвергают интенсивным механическим и физическим воздействиям. Это осуществляется в скоростных смесителях-активаторах. Такие смесители особо эффективны при получении мастик, красок, клеев, замазок и других мелкозернистых смесей.

Формирование макроструктуры достигается обволакиванием заполнителей и армирующих элементов отдельно приготовленным связующим, для чего скоростные смесители не обязательны. Аппараты, готовящие смеси с крупными заполнителями, имеют другие рабочие режимы, нежели скоростные смесители [289, 314, 318, 324, 327].

На основе полиструктурной теории выработаны следующие принципы рациональной технологии:

- подбор и приготовление наполнителей требуемой дисперсности и активности, применение активированных и разнородных наполнителей;
- применение химических добавок полифункционального действия, пластификаторов, ПАВ, модификаторов в целях сокращения расхода вяжущих повышения реологических показателей смеси и улучшения свойств композитов;

- оптимизация наполнения для комплексного улучшения свойств при минимальных расходах вяжущих, добавок и других материалов;
- назначение тепловых и механических режимов обработки смесей и изделий, обеспечивающих оптимальные условия структурообразования на микро- и макроуровнях;
- дифференцированный подход к выбору реологических характеристик и способов уплотнения микро- и макроструктур: высокочастотное уплотнение - для первых и низкочастотное - для вторых;
- назначение наиболее экономичных режимов тепловой обработки, исходя из интеграции свойств микро- и макросистем;
- применение каркасных систем.

Проведенные научные исследования по развитию теории и усовершенствованию технологических процессов, посвящена получения арболита из отходов сельского хозяйства. Изделия из арболита на основе отходов промышленности и сельского хозяйства при применении их для наружных стен не всегда обеспечивают требуемую прочность. Поэтому проведение научно-исследовательских работ по подготовке частиц растительного сырья арболита является весьма актуальными.

Результаты работы показывают, что в практике конструирования и расчета элементов малоэтажных зданий из энергосберегающих органокомпозитов деформационно-прочностные характеристики их на полимерных и модифицированных гипсовых вяжущих с учетом влажностного состояния материала и длительности загрузки позволяют повысить долговечность пассивных домов на стадии проектирования [208, 278, 303, 305].

Установлено, что за счет прочного сцепления полимерсиликатного связующего с поверхностью частицы соломы фракцией по длине 30-50 мм более полно, как дисперсная арматура, участвуют в сопротивлении изгибу. По результатам РЭМ арболитовые блоки как теплоизоляционные, на полимерсиликатно-гипсовом связующем, имеют каркасно-волоконистую

структуру. Характеристика структуры легкого арболита для стеновых блоков крупнопористая в основном открытая и часть замкнутая [276, 283, 285].

1.3. Концептуальные положения теории полимерсиликатов в процессах создания композиций с органическим наполнителем и модифицированным минеральным вяжущим.

Полимерсиликаты – это композиционные материалы с использованием жидкого стекла, модифицированного полимерами и полимерообразующими органическими соединениями. В полимерсиликатных образованиях уплотнение геля замедляется, так как полимерные добавки ограничивают адгезию частиц силиката, что значительно уменьшает усадку композиции. В данном случае, при подготовке сырьевых компонентов, путем обработки наполнителя из соломы ПСД происходит обволакивание их сорбционно. Это обуславливает синергетическое усиление системы, вызывая достаточный эффект гидрофобизации, что улучшает структурообразование частиц композиции, увеличивая при этом механические свойства и ее плотность. В процессе гидротации РВК осмоленных частицы под влиянием кислых катализаторов усиливают синергетический эффект РВК, что приводит к уплотнению системы. При изучении структуры композиционных материалов различают макроструктуру, т.е. систему, образованную при совмещении тонкодисперсного наполнителя с вяжущим веществом, и макроструктуру, представляющую конгломерат из наполненного связующего, грубодисперсного наполнителя и специальных технологических модификаторов. В результате, композит представляет систему с несколькими структурными уровнями, скомпонованными через поверхность раздела в единый блок по принципу последовательного укрупнения и усложнения структурной организации. Согласно теории в полимерсиликатных наполненных композициях образуются кластерные структуры, объединенных полимерсиликатным связующим,

связанных поверхностными силами. Молекулы полимерсиликатных добавок в сырьевой композиции ориентируются в силовом поле наполнителя РГК, что в несколько раз повышает адгезионную прочность между частицами соломы. Это в процессе технологических переделов создается синергетический эффект строительного материала, отличающегося от свойств исходных компонентов РГК. Для кластерных систем характерны процессы самоорганизации структуры композита, что и обуславливает избыток свободной энергии поверхности частиц композитов [294, 314]. Кластер – это совокупность множества частиц связанных силами взаимодействия и сохраняющих свою индивидуальность в микроструктуре, т.е. структурное образование с качественно новыми свойствами, которые отсутствуют у отдельных составляющих его частиц. Кластер можно считать кинетическим образованием, поскольку он возникает в процессе структурных превращений (зародышеобразование, фазовые переходы, разделение фаз и др.). На рис.1.8 представлена типовая схема формирования кластеров в наполненно- дисперсных системах.

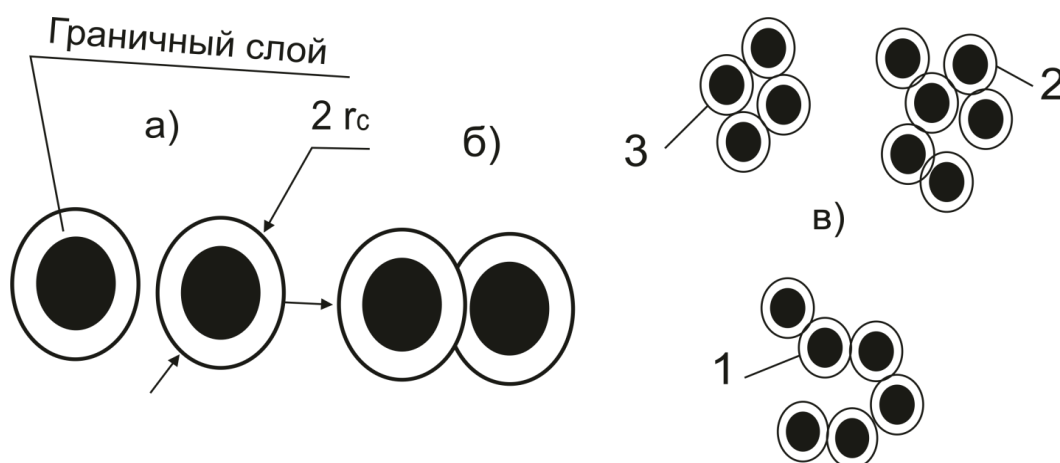


Рисунок 1.8 - Схема формирования кластеров: а) сближение структурных частиц; б) перекрытие граничных слоев; в) схемы кластеров; 1 – линейный; 2 – разветвленный; 3 – замкнутый, т.е. – радиус ближней корреляции

При появлении бифуркации (ответвления) возможна лаколизация ее за счет дополнительной энергии в технологических переделах. При увеличении объема наполнителя, в частности частиц растительного сырья, может развиваться бифуркация вторичная, а пленочная матрица на частицах наполнителя становится прерывистой, а это может повлиять на прочность композита.

При формировании структуры арболита, на поверхностях частиц соломы происходит активная адсорбция полимера и силиката (рис 1.9.). Эта поверхность частиц, обработанная полимерами создает ориентацию полимерсиликатного связующего и способствует трансформированию структуры граничного слоя.

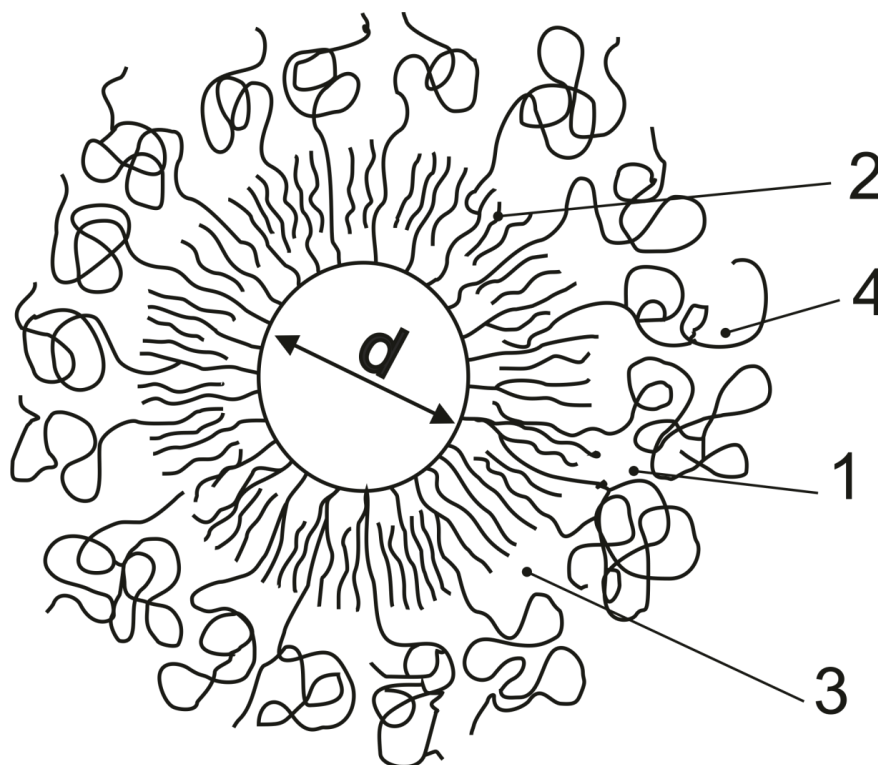


Рисунок 1.9 - Схема граничного слоя у поверхности частиц соломы:
 – адсорбированный микрослой полимерсиликатной матрицы; – слой ориентированный; – слой переходный ;– обычная фаза матрицы; d – средний размер частицы соломы

В процессе твердения матрицы происходит механическое фиксирование кластеров, которое при дальнейшем формировании структуры продолжается за счет усадочных и релаксационных явлений в отвердевшем арболите.

Также между частицами соломы на расстоянии толщины граничного слоя образуется наиболее прочная пленочная матрица из ПСД. (рис. 1.10.)

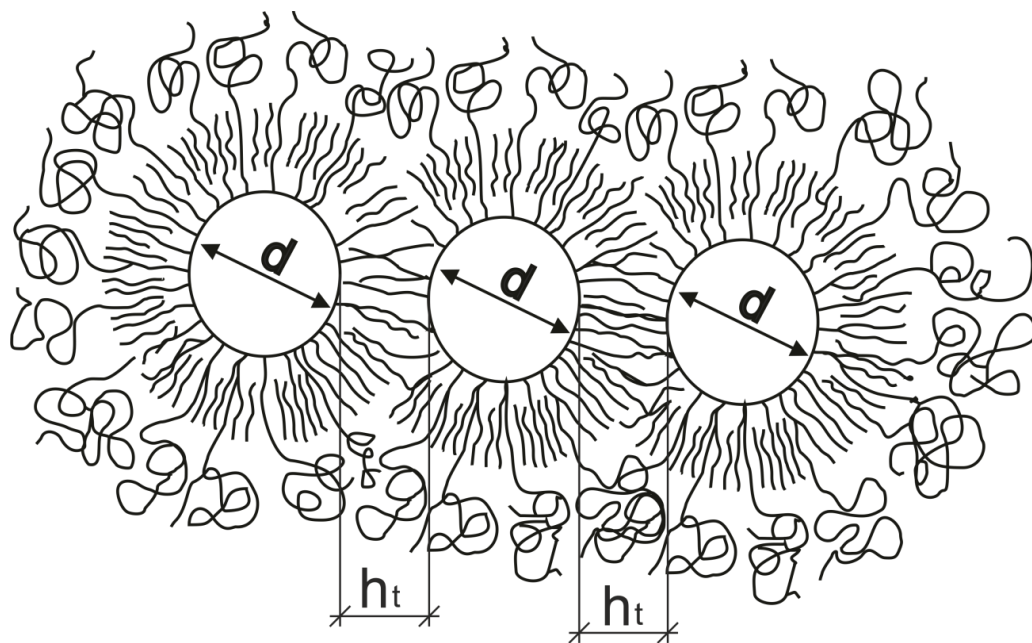


Рисунок 1.10 - Схема образования пленочной матрицы между частицами соломы: h_t – размер перекрытого граничного слоя

Таким образом при переходе из объемного состояния уплотненной структуры матрицы в ориентированное и создание граничного слоя способствует при смачивании частиц выделению тепла. Это и обеспечивает синергетический эффект и формирование оптимальной структуры арболита с заданными свойствами [57, 306].

1.4. Синергетический эффект при комплексном применении разработанных способов подготовки сырьевых компонентов при получении арболита

Для оптимизации структуры атмосферостойкого арболита первостепенное значение имеют следующие факторы: упрочнение гипсозолощелочного камня и повышение растяжимости для уменьшения разницы между его деформативностью и влажностными деформациями анизотропного заполнителя; повышение деформативной устойчивости растительного заполнителя для арболита; оптимизация качества заполнителя из соломы путем придания ему формы с учетом анизотропных свойств и характера поверхности, исключающие нарушение непрерывности прослойки вяжущего, увеличение адгезии гипсозолощелочного вяжущего с заполнителем, а также повышение плотности арболита введением специальных добавок и улучшения качества заполнителя.

Для снижения влажностных деформаций растительного заполнителя и улучшения физико-механических свойств арболита исследованы и предложены способы обработки заполнителя, путем введения в арболитовую смесь полимерносиликатных добавок, гидрофобизирующих составляющих и катализаторов, способствующих ускоренной полимеризации смеси.

В основу поставленных в работе цели и задач положена научная гипотеза: ускорение твердения арболита и, следовательно, усовершенствованные технологии его производства без снижения качественных показателей и с повышенным экономическими показателями, возможно достигнуть путем интенсификации взаимодействия составляющих арболит компонентов в период химических и физико-химических процессов, его твердения оптимизации технологических переделов и режимов, особенно на стадии подготовительных работ, а также формированием оптимальных структур данного конгломерата [242, 253, 254].

При формулировании этой рабочей гипотезы принимается во внимание специфическое отличие арболита от других ему подобных конгломератов, изготавливаемых на основе цементных вяжущих. Оно, как отмечалось ранее, состоит в том, что заполнитель имеет органическое происхождение, содержит легко- и труднорастворимые экстрактивные вещества, замедляющие скорость протекания процессов структурообразования арболита. Поэтому для изыскания рациональных способов по ускорению гидратации арболита необходимо первоначально исследовать механизм отрицательного влияния заполнителя на твердение вяжущего в процессе структурообразования, путем создания субстанциональной структурной модели арболита. Последняя должна отражать реальные условия технологии производства (например, прессовой), состав и структуру конгломерата, а также процесс диффузии экстракта из заполнителя [259, 260].

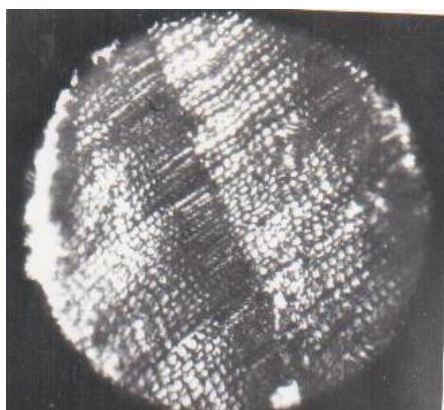
Результаты исследований позволят научно обосновать рациональность способов по ускорению гидратации арболита вскрытием потенциальных свойств заполнителя и вяжущего через облагораживание, соответственно, первого и повышение активности второго различными методами, а также посредством введения в арболитовую смесь новых наиболее эффективных, ПСД и модификаторов. Это обеспечивает получение арболита с повышенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами [207, 240, 261, 268].

Преобладание той или иной роли гидрофобных добавок, в частности ПСД на основе малоцентрированной смолы СФЖ-3066, жидкого стекла, пластификаторов и катализаторов, ускоряющих процесс полимеризации малоцентрированной смолы СФЖ-3066 при облагораживании частиц соломы зависит от их свойств, так как та или иная добавка может служить в качестве минерализатора растительного заполнителя и ускорителем твердения гипсозолощелочного камня [268, 206].

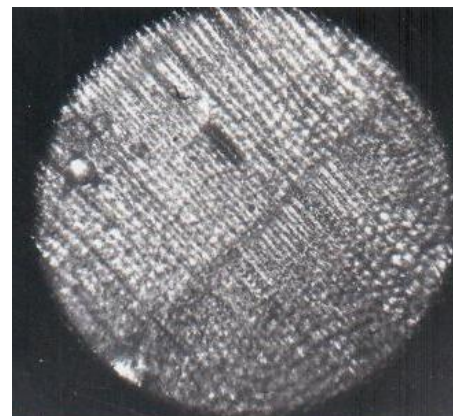
Поэтому исходя из конкретных свойств модифицирующих добавок, необходимо определять последовательность облагораживания в заполнителе частиц соломы ПСД и смешения компонентов арболитовой смеси в целях

снижения влажностных деформаций обработанного заполнителя с защитной пленкообразующей структурой.

На рис. 1.11 представлена частица соломы (после расщепления) до обработки модификаторами, которая имеет плотную структуру, целлюлозные волокна прилегают друг к другу плотно и неупорядоченно (рис. 1.11, а). После обработки (рис. 1.11, б) поверхность частиц становится шероховатой, появляются обнаженные целлюлозные волокна, покрытые пленочным образованием, что, по-видимому, вызвано растворением микроэкстрактивных веществ, занимающих пространство между целлюлозными волокнами.



а)



б)

Рисунок 1.11 – Микроструктура поперечного среза частицы из соломы:

а) – до облагораживания; б) – после облагораживания при расщеплении частиц соломы

Согласно исследованиям [155, 203, 204, 206] влажность образцов гипсозолощелочного камня в арболите находится в пределах 8-12 %, а органического заполнителя (соломы) – 12-27 %. Полимерсиликатные добавки с модификаторами (жидкое стекло, полимерная смола СФЖ-3066, ЛСТ, СДБ+ катализатор), затвердевая в поровом пространстве гипсозолощелочного камня и контактной зоне, создают дополнительный пространственный каркас.

Прочность ПСД на сжатие 14-17 МПа позволяет ей воспринимать часть усадочных напряжений. Этим объясняется повышенная стойкость арболита к

атмосферным воздействиям, главными факторами которых являются напряжения усушки – набухания.

Для проверки атмосферостойкости образцов арболита (10x10x10 см) из модифицированных частиц соломы подвергали попеременному увлажнению – высушиванию. Цикл испытаний состоял из увлажнения в течение 24 часов и высушивания до постоянной массы при температуре 80⁰С. Всего было проведено 25 циклов.

Атмосферостойкость оценивали изменением прочности при сжатии. Чем более пропитаны частицы ПСД, тем выше их стойкость к цикловым воздействиям (рис. 1.12).

Колебания влажности арболита из необработанных частиц соломы за 3 месяца составили от 9 % до 24 %, тогда как влажность образцов арболита из частиц соломы с пленочным покрытием ПСД+катализаторы+ модификаторы, изменялась от 5 % до 14 %.

Это уменьшает влияние влажностных деформаций, т.к. наполнитель покрыт эластичными водонепроницаемыми пленками, что и характеризует гидрофобизацию сырьевой смеси [155, 157, 180].

Гидрофобность композиции сырьевой смеси обеспечивает соотношение «смола – жидкое стекло» 1:0,5. При таком соотношении РВК отверждается наиболее полно, сформированный композит имеет структуру с размерами ячеек от 0,3 до 1,1 мм с однородными и прочными межпоровыми перегородками.

В результате модификации РВК полимерами и модификаторами с жидким натриевым стеклом позволило изменить не только вязкость сырьевой композиции по ВЗ-4 и величину поверхностного натяжения, но и создать условия для повышения адгезионной способности органического растительного наполнителя и золы к латексной композиции, что повышает гидрофизические свойства гипсозолощелочного вяжущего.

В предыдущих разделах было рассмотрено влияние различных способов подготовки частиц наполнителя на конечную прочность арболита. Однако комплексное влияние предложенных способов на свойства арболита не

рассматривалось. В данном разделе исследован и экспериментально установлен синергетический эффект разработанного способа минерализации сырьевых компонентов, на свойства водостойкого арболита.

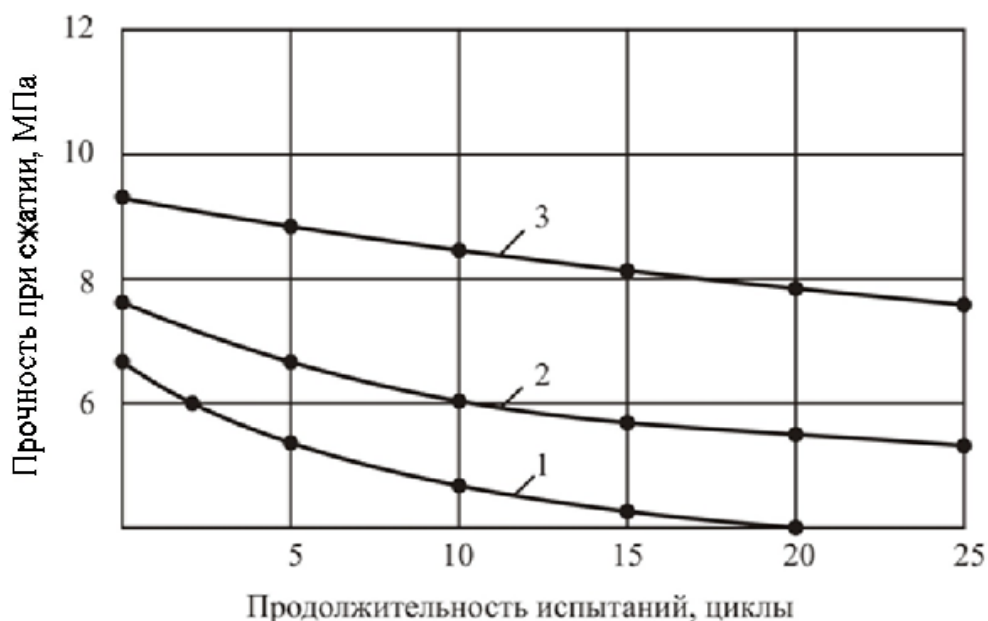


Рисунок 1.12 - Изменение прочности образцов гипсозолощелочного арболита из соломы при цикловом увлажнении-высушивании:

1 – контрольный образец плотностью 450 кг/м^3 ; 2 – пропитанный ПСД до плотности 500 кг/м^3 ; 3 – пропитанный ПСД до плотности 550 кг/м^3

Синергизм (synergy) – совместное действие для достижения общей цели, основанное на принципе, что целое композита представляет нечто большее, чем сумма отдельных его частей (составляющих). Основным источником самоорганизации структуры является тепловой и гидродинамический режимы совмещения компонентов. Основные принципы самоорганизации макроструктуры композита, как результат стремления к термодинамическому равновесию, применительно к физическим и химическим явлениям и изучает новая наука – синергетика [312]. В технологическом процессе получения композита (при различных температурах макроструктура становится неустойчивой), и в результате разветвления микроструктур (бифуркации) и происходит ее самоорганизация. Мы понимаем структуры композиционного материала как 2-х уровневую микроструктуру, формируемую связующим и

макроструктуры, характеризующую композит в целом. Микроструктуры формируются при совмещении вяжущего с наполнителем и добавками (модификаторами и пластификаторами). Синергизм означает превышение совокупным результатом суммы слагающих его факторов. На рис. 1.13 приведено комплексное влияние разработанных способов минерализации при подготовке сырья на прочность арболита на растительных видах заполнителя.

При выполнении экспериментальных исследований приняты плотность контрольных образцов арболита – 500 и 650 кг/м³. Необходимо отметить, что повышение физико-механических свойств контрольных образцов арболита достигаются при перемешивании сырьевых компонентов по следующему варианту: облагороженный заполнитель модификаторами (жидкое стекло, смола СФЖ-3066), добавки пластификаторов (ЛСТ, СКС, СДБ), комплексное минеральное вяжущее (гипс+зола), затворитель. Такая технологическая последовательность позволяет улучшить качество арболита. Следует отметить, что при постановке этой последовательности перемешивание максимально используется весь потенциал ПАВ компонентов РВК композита.

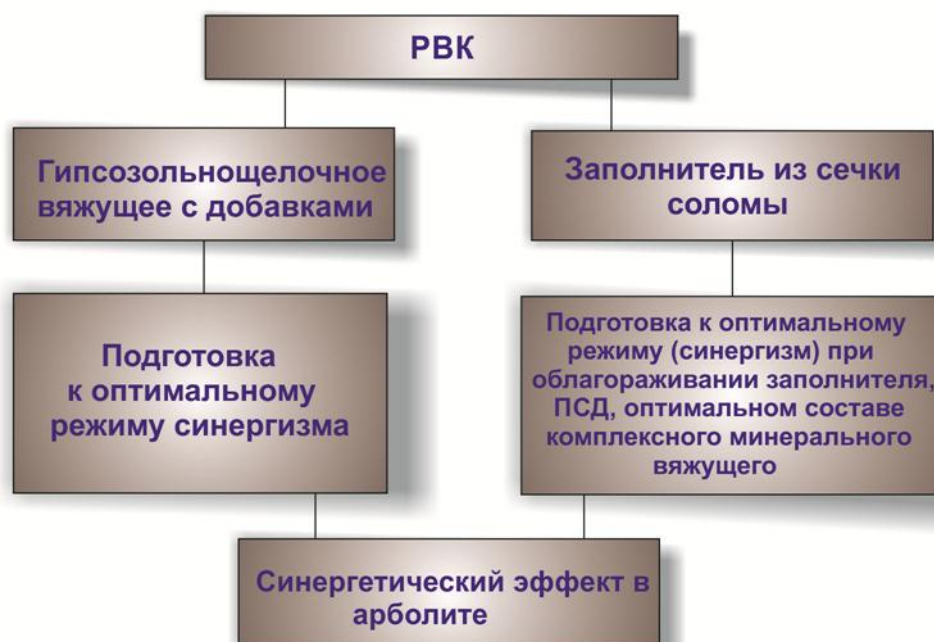


Рисунок 1.13 - Рабочая схема синергизма в разработанном способе облагораживания подготовки сырьевых компонентов

Исходя из плотности контрольных образцов арболита при использовании этого способа облагораживания сырьевых компонентов при подготовке достигнуто повышение прочности образца арболита до 3,8 МПа, а образцов, изготовленных без способа обработки частиц сырьевых компонентов прочность достигала 1,3 МПа.

Подготовленная модификация поверхности сырьевых компонентов полимерами (6-8 % в составе композита) с жидким стеклом позволило существенно изменить не только вязкость РВК и величину поверхностного натяжения, но и создать условия для исключения пропитывания частиц соломы и минерального кольматирующего покрытия. Отмечен оптимум, приходящийся на 8% жидкого стекла в составе композиции.

Меньшее количество стекла не дает значительного эффекта на увеличение вязкости, а повышение процентного содержания более 10 % приводит к резкому возрастанию вязкости РВК в результате коагуляции и возможного расслоения системы, рН жидкой среды РВК доведен до 8-10.

1.5. Основные требования, предъявляемые к строительно-техническим свойствам стеновых блоков из облегченного арболита

Известно, что влажность гипсового камня в арболите находится в пределах 7,5-12 %, а сечки соломы – 13,5-28 %. Полимеры и пластификаторы затвердевшие в поровом пространстве композиции и контактной зоне, создают дополнительный пространственный каркас. Прочность полимеров на сжатие 12-16 МПа позволяет им воспринимать часть усадочных напряжений. Этим объясняется повышенная стойкость арболита к атмосферным воздействиям, главными факторами которых являются напряжения усушки-набухания [132, 152, 155, 164]. Для проверки атмосферостойкости арболита с минерализацией

заполнителя полимерсиликатными составляющими образцы 10x10x10 см подвергали попеременному увлажнению-высушиванию. Цикл испытаний состоял из увлажнения в течение 24 часов и высушиванию до постоянной массы при температуре 80 °С. Всего было проведено 25 циклов. Атмосферостойкость оценивали изменением показателей прочности на сжатии (рис. 1.14).

Из результатов испытаний (рис. 1.14) следует, что полимерсиликатная пленка на поверхности частиц в атмосферостойком арболите затрудняет проход влаги в солому и развитие влажностных деформаций. По результатам испытаний (рис. 1.14) видно, что в процессе циклического увлажнения – высушивания прочность атмосферостойкого арболита снижается в меньшей степени, чем золощелочного, и практически незначительно уступает традиционному цементному арболиту. Это свидетельствует о достаточной атмосферостойкости нового материала.

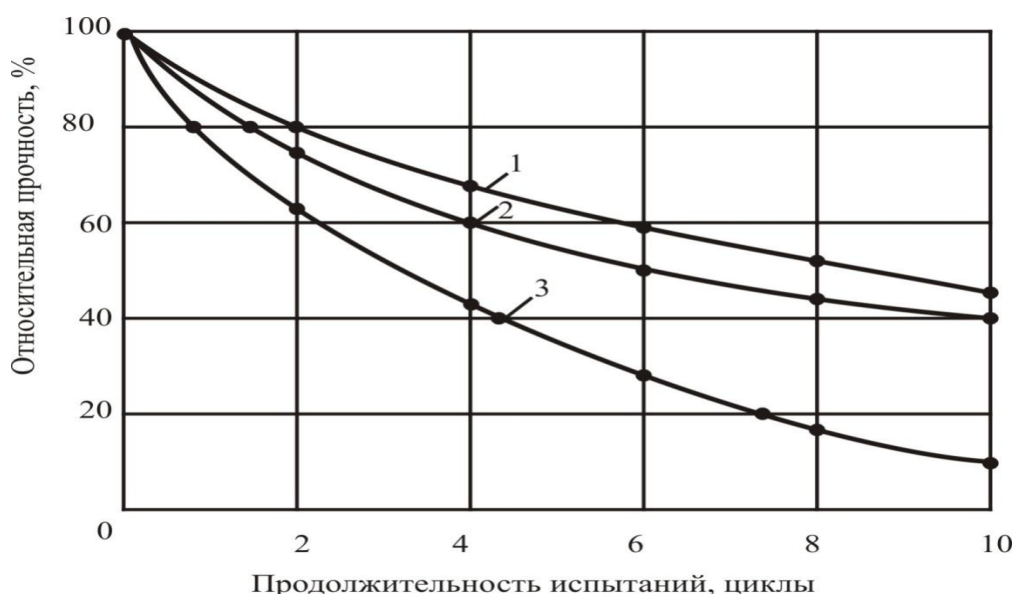


Рисунок 1.14 - Изменение прочности арболита на сжатие при циклическом увлажнении-высушивании образцов: 1 – цементный арболит на растительном заполнителе; 2. – арболит ПСД на РГВ; 3. – арболит на золощелочном вяжущем

Сравнительные показатели технических свойств арболита на основе цемента и атмосферостойкого с ПСД даны в табл.1.15. По данным в таблице видно, что предлагаемый новый материал облепченный арболит из рубленой соломы, гипсозолощелочных минеральных вяжущих и полимерсиликатными добавками и пластификаторами является трудно горючим (ТГ), достаточно водостойким, прочным и выполняющим теплоизоляционные свойства, с низким коэффициентом теплопроводности и может быть рекомендован к применению в качестве стеновых конструкций зданий.

Таблица 1.15. – Сравнительные показатели технических свойств арболита на основе цемента и атмосферостойкого с ПСД

№№	Показатели	Ед.изм	Вид заполнителя и связующего	
			Древесная дробленка. Цементное вяжущее	Частицы соломы. Гипсовое вяжущее+модификаторы
1.	Плотность	кг/м ³	500 - 800	350 - 450
2.	Предел прочности при сжатии, R _{сж} ²⁸	МПа	0,8 - 3,6	1,8 - 2,8
3.	Предел прочности при изгибе, R _и ²⁸	МПа	0,7 - 1,1	0,4 - 1,0
4.	Водопоглощение	%	30 - 80	25 - 48
5.	Коэффициент теплопроводности	Вт/м·к	0,1 - 0,16	0,07 - 0,09
6.	Биостойкость		Биостойкие	Биостойкие
7.	Огнестойкость		трудногораемые	трудногораемые

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 1

На основании экспериментальных моих исследований установлено, что гипсовое вяжущее в сочетании с полимерной смолой PMDJ и СФЖ взаимно упрочняют друг друга. Гипс связывает свободную воду смолы, снижая деформации усадки арболита (от +0,45 мм/м до +0,615 мм/м), а смола, заполняя межкристаллическое пространство, способствует образованию более прочной мелкокристаллической структуры гипсового камня, повышая физико-механические свойства — прочность до 6 МПа, водопоглощение до 8 % по массе и морозостойкость Мрз 35, что соответствует требованиям ГОСТ 19222-84*. Это обоснование согласуется с результатами дифференциально-термического и рентгеноструктурного анализов (ДТА и РЭМ) образцов арболита на ПСГВ.

Установлено, что у полимерсиликатно-гипсовых композиций в сравнении с чистым гипсом плотность повышается на 10-12 %. Происходит повышение как общей пористости затвердевшего камня, так и открытой пористости. Коэффициент прочности повышается на 15-20 %, а теплопроводность снижается на 25 %. Остаточная влажность камня ниже 10 %, т.е. изделия на основе ПСГВ не требуют сушки, что исключено в технологическом процессе.

Установлено, что за счет прочного сцепления полимерсиликатного связующего с поверхностью частицы соломы фракцией по длине 30-50 мм более полно, как дисперсная арматура, участвуют в сопротивлении изгибу. По результатам РЭМ арболитовые блоки как теплоизоляционные, на полимерсиликатно-гипсовом связующем, имеют каркасно-волоконистую структуру, содержащую трубчатые поры в отрезках соломы цилиндрической формы, а древесные частицы фракции 10/5 обеспечивают равномерную флуктуацию частиц между элементами каркаса. Средняя пористость каркаса составляет 64 %, а капиллярная – 19 %. Характеристика структуры легкого арболита для стеновых блоков крупнопористая в основном открытая и часть замкнутая. Твердение полимерсиликатно-гипсового вяжущего происходит по

коагуляционному типу с переходом на конденсационный, обеспечивающий прочность и жесткость композита.

Для снижения влажностных деформаций растительного заполнителя и улучшения физико-механических свойств арболита исследованы и предложены способы обработки заполнителя, путем введения в арболитовую смесь полимерносиликатных добавок, гидрофобизирующих составляющих и катализаторов, способствующих ускоренной полимеризации смеси.

В результате модификации РВК полимерами и модификаторами путем совмещения с жидким натриевым стеклом позволяет существенно изменить не только вязкость сырьевой композиции по ВЗ-4 и величину поверхностного натяжения, но и создать условия для повышения адгезионной способности органического растительного наполнителя и золы к латексной композиции, что повышает гидрофизические свойства гипсозолощелочного вяжущего.

Гидрофобность композиции сырьевой смеси обеспечивает соотношение «смола – жидкое стекло» 1:0,5. При таком соотношении РВК отверждается наиболее полно, сформированный композит образует структуру с размерами ячеек от 0,3 до 1,1 мм с прочными и однородными межпоровыми перегородками.

В результате модификации РВК полимерами и модификаторами путем совмещения с жидким натриевым стеклом позволяет существенно изменить не только вязкость сырьевой композиции по ВЗ-4 и величину поверхностного натяжения, но и создать условия для повышения адгезионной способности органического растительного наполнителя и золы к латексной композиции, что повышает гидрофизические свойства гипсозолощелочного вяжущего.

При выполнении экспериментальных исследований принята плотность контрольных образцов арболита – 350 и 450 кг/м³. Необходимо отметить, что повышение физико-механических свойств контрольных образцов арболита достигаются при перемешивании сырьевых компонентов по следующему варианту: обработанный заполнитель модификаторами (жидкое стекло, смола РМДИ и СФЖ), пластификаторами (ЛСТ, СКС, СДБ), комплексное минеральное

гипсовое вяжущее, затворитель. Такая технологическая последовательность позволяет улучшить качество арболита. Следует отметить, что при постановке этой последовательности перемешивание максимально используется весь потенциал ПАВ компонентов РВК композита.

ГЛАВА 2. ИСХОДНОЕ СЫРЬЕ И МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Основные характеристики используемых исходных материалов

В работе в качестве РГК использовались солома злаковых, произрастающих в Жалалабадской, Чуйской и Иссык-Кульской областях КР, и гипс строительный.

По природному происхождению, морфологической структуре и химическому составу стебли соломы зерновых близки к древесине. Солома пшеницы (*Triticum aestivum*) для производства арболита имеет повышенную прочность по сравнению с другими злаковыми (ячмень, овес, рис и др.), так как она содержит в 2 раза меньше воска и кремнезема.

Технические свойства соломы пшеницы с размером частиц по длине 20-50мм следующие: прочность при растяжении – 316,2 Н/мм²; процент удлинения – 2,41 %; средняя сухая насыпная плотность – 50-60 кг/м³.

Качество заполнителя на основе соломы не допускается присутствие гигроскопической влажности 80 %, гнили, куски грунта, плесени от уборки. По объемам производства в КР, физико-механическим свойствам соломы пшеницы является подходящим сырьем для производства строительного арболита.

В исследованиях в качестве минерального вяжущего был использован быстротвердеющий строительный гипс марки Г-5 и Г-7 на основе сырья Бактерекского месторождения, который относится к сырью I-го сорта, гипсового предприятия с. Кулан-Ак Нарынской области. Начало схватывания 6 минут, конец – 14 минут. Предел прочности на сжатие – 6,4 МПа, на изгиб – 3,9 МПа и зола БТЭЦ, а также портландцементный клинкер ПЦК, природный,

натуральный глиногипс (ганч). В качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толойконского месторождения.

В качестве модификаторов для образования пористой полимерсиликатной системы использовались: жидкое стекло (ГОСТ 13078-81) плотность 1,32 г/см³, латекс СКС (ГОСТ 10564-85), смола малоцентрированная СФЖ-3066 + катализатор ионного типа (ГОСТ 20908). Пластифицирующие добавки при изготовлении арболита приняты СКС, СДБ и ЛСТ. В качестве замедлителя схватывания гипса – нитрофлюориметилфосфорная кислота (НПФК) и антипирены. Все компоненты исследовались в лаборатории кафедры «Строительные конструкции зданий и сооружений» при КГУСТА им. Н.Исанова на соответствие нормативным требованиям.

Свойства арболита физические и механические определялись на образцах-кубах размером 15х15х15 см и 10х10х10 см согласно ГОСТ 18105-85 и ГОСТ 1922-84, морозостойкость по ГОСТ 10060.0-95.

При проведении испытаний использовали разрывные машины МР-05-1, пресс испытательный гидравлический малогабаритный ПГМ-1500МГ4, прибор ультразвуковой УК-15М (прочност бетона) по ГОСТ 17624, ПЛС-100, лазерный анализатор ЛГ-78, вискозиметр Суттарда ВС – для определения сроков схватывания гипсового теста по ГОСТ 23789, визуально-измерительный комплект ВИК-1 и др.

Физико-химические анализы выполнены с использованием рентгенофазового (ДРОН-2), ИК-спектроскопического (UR-20) методов при институте физики НАН КР.

Для приготовления комплексного вяжущего и арболитной смеси была использована водопроводная питьевая вода. Характеристики исходного сырья и материалов приведены в табл. 2.1 по 2.7.

Стебли злаковых включают в себя в основном солому пшеницы (*Triticum aestivum*), ячмень (*Hordeum vulgare*), рожь (*Secale cereale*), овес (*Avena sativa*) и рис (*Oryza sativa*).

По природному происхождению, морфологической структуре и химическому составу стебли соломы зерновых близки к древесине (табл. 2.1.). Солома пшеницы имеет лучшие качества для производства арболита. Волокна соломы риса и других стеблей менее прочны, содержат воска и кремнезема, в 2-3 раза больше чем стебли пшеницы, что снижает качество композитов.

Таблица 2.1. – Сравнительные данные химического состава органических наполнителей

Органические наполнители	Химический состав, %				
	целлюлоза $C_8H_{10}O_5$	лигнин $C_4P_{10}O_{16}$	пентазон $C_5H_8 O_4$	ппп	зола
Солома злаковых	50	12	20	18	1,7
Древесные отходы	41,7	21,91	16,3	-	2,8

В эксперименте была использована солома пшеницы, произрастающая в Чуйской долине и Иссык-Кульской области Кыргызстана.

Таблица 2.2. - Физико-механические характеристики растительного сырья и древесины

Свойства	Показатели свойств		
	Стебли пшеницы	Стебли риса	Древесина осины
Плотность, кг/м ³	50...58	54	400
Предел прочности при изгибе, МПа	54	49	78
Разбухание в воде за 24 ч, %	4,4	5,6	13,8
Водопоглощение за 24 ч, %	118	130	160

Сравнительные физико-механические характеристики растительного сырья при влажности 12 % приведены в табл. 2.2 (получены экспериментально).

Известно, что целлюлозосодержащий наполнитель солома, древесина состоят из комплекса различных органических веществ (средняя величина): 47% углерода; 43,2 % кислорода; 6,1 % водорода и азота 0,1 %. Помимо органических веществ в древесном наполнителе из соломы имеются минеральные соединения, дающие 0,2...1,7 % золы, в которой содержатся соли щелочноземельных металлов. По составу золы из соломы содержит свыше 40 % соли кальция, около 20 % солей калия и до 10 % солей магния [253, 330].

Требования к наполнителю из соломы для изготовления композитов следующие: длина частиц в пределах 30-50 мм, при рассеивании у частиц остаток на ситах в % по массе сита с отверстием 10 мм – 30; 5 мм – 60; и.т.д., на дне (0 мм) – 5 (Рис. 2.1). Примеси корней, листьев, шелухи, должно быть не больше 5% по массе.

Прессованную солому влажностью 10...12 % уложенную в скирды высотой 10 м и шириной до 9 м, покрывают непрессованной соломой или толем. Сбор соломы, по данным управления гидрометслужбы Кыргызстана рационален в VI-IX месяцы. Для условий Кыргызской Республики принята традиционная методика, устанавливающая, что 1 т. соломы приходится на 1 т. зерна.



Рисунок 2.1 - Рабочая фракция сечки соломы

Химический состав строительного гипса Г-7 приведен в табл. 2.3.

Зола Бишкекской ТЭЦ относится к первому классу (по составу $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ находится в пределах 76,44-88,55 %); по содержанию CaO (2,16-

5,72) – к первому подклассу, по остаточному топливу ко второму подклассу (10-13,8 %).

Таблица 2.3. - Химический состав строительного гипса

Вид материала	Содержание, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mg O	SO ₃	K ₂ O	CaO	ппп
Гипс строительный Г-7	1,75- 5,78	1,3	0,4- 0,7	2,7	44- 46,9	0,58- 0,65	31,7- 36,7	9,38
ГОСТ 125-79 * «Гипс строительный»								

Содержание Al₂O₃ в золе БТЭЦ находится в пределах 20,49-26,50 %, содержание SO₃ - 0,31-0,53. Содержание стеклофазы в золе составляет 20-30 % [65, 93, 75]. Химический состав золы БТЭЦ приведен в табл. 2.4.

Таблица 2.4. - Химический состав золы БТЭЦ

№ №	Содержание оксидов, %									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SiO ₃	ппп	Сум ма
1	57,26	24,64	4,89	2,82	0,94	0,5	1,28	0,53	5,73	98,59
2	60,19	17,49	8,34	5,28	0,59	0,75	1,14	0,46	4,41	98,65
3	55,37	23,18	4,32	2,16	1,33	0,61	1,34	0,31	8,97	97,59

Таблица 2.5. - Химический состав суглинка Толойконского месторождения

Вид материала	Содержание, %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	K ₂ O	CaO	ппп
Суглинок	48,1	12,53	4,25	2,18	1,78	3,79	13,35	13,70

Анализ химического состава золы показывает, что она не содержит свободную известь. Содержание CaO в химическом составе обусловлено наличием кальцита. Кроме того, следует отметить, что исследуемая зола характеризуется незначительным содержанием потерь при прокаливании (4,41...9,14) и высоким присутствием глинозема (Al₂O₃) – 20, 16...26, 50 %. Исследование минералогического состава золы показывает содержание в ней аморфизированного обжигом глинистого вещества, кварца, муллита, моноалюмината кальция, полевого шпата, двукальциевого силиката. То есть

подтверждается алюминатный характер золы. Содержание стеклофазы в золе, влияющей на гидравлическую активность, находится в пределах 20-30 %.

Частицы золы под электронным микроскопом представляют собой шарообразные агрегаты с наклонностью к глобулизации (рис. 2.2).

Поверхность частиц не гладкая, шероховатая, по окружности имеются значительные выступы и впадины, что приводит к слипанию компактные агрегаты (из 3.4).

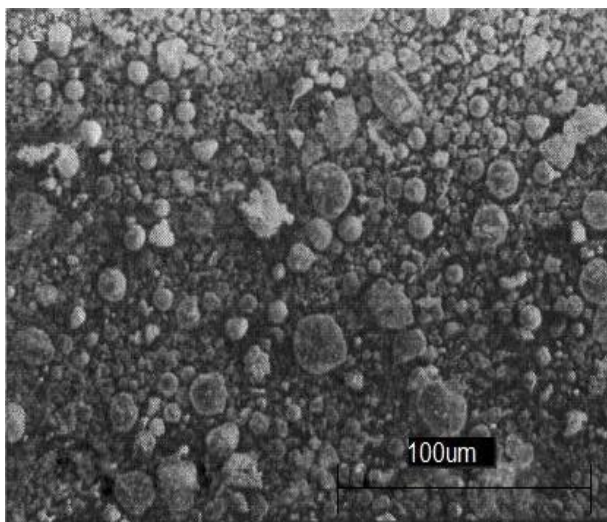


Рисунок 2.2 - Микрофотография золы БТЭЦ при x100-кратном увеличении

Пониженная насыпная масса зол обусловлена большим содержанием в них стеклофазы со значительным количеством пористых сферических стекловидных шариков.

Исследования, проведенные с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ-200), показали, что пористость золы, в основном, определяется закрытыми и полужакрытыми порами сферических стекловидных частиц. Удельная поверхность и гранулометрический состав зол зависят от тонины помола угля, обуславливаемой конструкцией и параметрами работы дробильного аппарата. Поэтому удельная поверхность зол колеблется в пределах 2230-2250 см²/г, гранулометрический состав: 7-21 % глинистой фракции, 32-84 пылевидной и 20-59 песчаной. А также в состав золы входит значительное количество (60-65 %) пористой стеклофазы. Кроме того, зола

содержит твердые частицы углеродов в виде кокса и полукокса, количество которых в исследованных золах колеблется в пределах 4-20% (по массе).

Отсутствие гидратной воды в глинистой составляющей золы и особенности строения частиц стекловидной фазы придают золам весьма низкую пластичность и вызывают необходимость применения связующих добавок для улучшения формуемости изделий на их основе [120, 131]. .

По вещественному составу золы БТЭЦ состоит из стекловидных и кристаллических фаз [87, 95, 96, 119, 120, 121] больше в золе содержится стекловидных частиц, тем выше и их гидравлическая активность. Кристаллическая фаза золы состоит из аморфизированного обжигом глинистого вещества и зерен обломочного материала кварца, полевого шпата, карбоната кальция и магния. А также выделившихся из расплава двукальциевого силиката, алюмината кальция, муллита и др. На дифрактограмме исследуемых зол (рис. 2.3) имеются линии, характерные для кварца ($\alpha\text{-SiO}_2$) $d = 4,24; 3,34; 2,44; 2,12; 1,8 \text{ \AA}$; муллита – ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{iO}_2$) – $d = 5,39; 3,35; 2,86; 2,52; 2,19\text{\AA}$ и карбоната представлены бесцветным мелким образованием кальцита (CaCO_3) и доломита ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$). Характерные линии $d=3,62$ и $2,88 \text{ \AA}$ на дифрактограмме весьма слабые, так как наличие карбонатов в золе незначительное. Большинство линий этих минералов накладываются друг на друга и поэтому часть пиков носит размытый характер. Ввиду повышенного содержания в пробах зоны оксидов железа в виде Fe_2O_3 (табл. 2.4) в неорганической фазе золы присутствует также гепатит ($d= 2,69; 2,68\text{\AA}$). Обнаружено наличие однокальциевого алюмината: $d = 3,73; 1,99$, что подтверждает алюминатный характер золы.

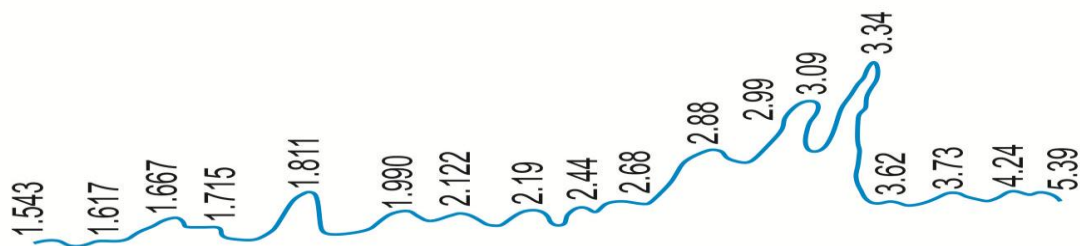


Рисунок 2.3 – Дифрактограмма золы

Гранулометрический состав золы-унос представлен в табл. 2.6

Таблица 2.6. - Гранулометрический состав золы-унос, %

№№ проб	Остаток на ситах, мм							
	10	5	3	2	1	0,5	0,25	Менее 0,15
1	11,02	4,26	2,88	3,62	3,20	7,00	5,90	48,02
2	9,76	5,78	2,52	1,72	4,04	3,58	9,56	49,60
3	11,14	4,32	3,10	2,00	3,86	2,88	12,14	47,02

Анализ гранулометрического состава золы БТЭЦ (табл. 2.6) показывает высокое содержание в ней мелких частиц до 0,15 мм (46,86-50,63). Согласно указанной классификации зола БТЭЦ относится к мелкодисперсному сырью.

Зола БТЭЦ состоит из частиц, отличающихся как истинной, так и по насыпной плотности, характеризующей пористость и гранулометрический состав золы. В некоторой степени эти показатели связаны с химическим и минералогическим составами.

Поверхность частиц шероховатая, по окружности имеются многочисленные выступы и впадины, благодаря которым частицы иногда объединяются в довольно компактные агрегаты. Измельчение золы приводит к увеличению удельной поверхности частиц, что способствует повышению гидравлической активности.

Средняя насыпная плотность золы составляет 800-850 кг/м³, истинная плотность 1,82-2,20 г/см³. Зола имеет удельную поверхность 2230-2250 см²/г. [36, 232].

При получении пластичной гипсозольной композиции в качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толойконского месторождения. Гранулометрический состав суглинков Толойконского месторождения приведен в табл. 2.7.

Суглинки имеют желтовато-серый цвет. Пористость 40-46 % с карбонатными включениями. Согласно подсчетам [149] запасы по категориям А+В+С=1832 тыс.м³. Плотность $\rho=2,67-2,77$ г/см³. Объемная масса скелета грунта $\rho_d=1,22-1,53$ г/см³. Скорость размокания от 40 секунд до часа.

Таблица 2.7 – Гранулометрический состав суглинка Толойконского месторождения

Гранулометрический состав, %					
Менее 0,01 мм	0,005-0,01 мм	0,01-0,25 мм	0,25-0,5 мм	0,5-1,0 мм	1,0-2,0 мм
9,8	40,8	41,6	2,08	1,28	2,88

Характер размокания: комоватый, пылевато-комковый, пылевато-агрегатный. Величина сцепления при естественной влажности лессовидных суглинок составляет от 0,15 до 0,79 кгс/см². Максимальная влагоемкость составляет до 10-20%. Число пластичности колеблется от 4,5 до 7,19; воздушная усадка - 5,2.

Анализ результатов рентгенографического анализа (рис. 2.4) показывает, что рентгенограмма суглинка в основном содержит дифракционные отражения: 4,96; 4,47; 3,18; 2,57 Å – кварц.

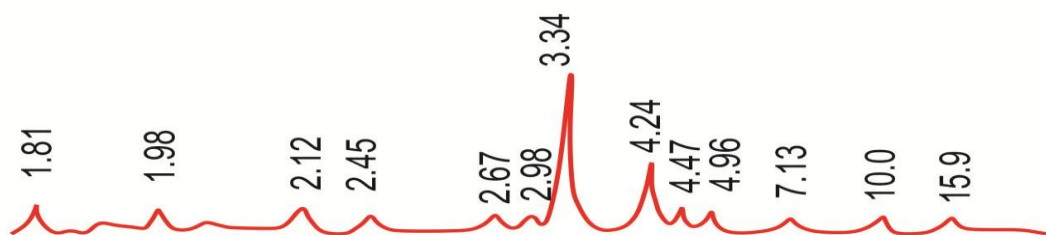


Рисунок 2.4 - Рентгенограмма суглинка

Термограмма (рис.2.5.) представлена эндоэффектами при температурах 110-600°C, свидетельствующими о потере адсорбционной воды, находящейся в виде гидроксильных групп (ОН); эндоэффектом при 840 °С разрушения кристаллической решетки минералов и разложения карбонатов кальция, магния. Небольшой эндоэффект при температуре 950 и 1050 °С вызван появлением точечных расплавов и крестоаллита, силикатов и алюминатов кальция.

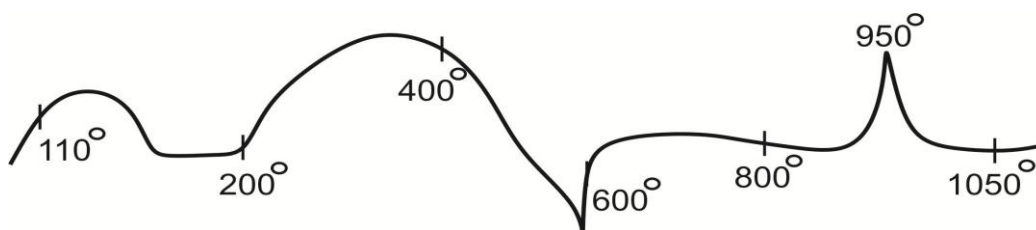


Рисунок 2.5 - Кривая дифференциально-термического анализа (ДТА)
толойконского суглинка

Для улучшения свойств силикатных материалов предложено модифицировать жидкое стекло полимерами или полимеробразующими органическими добавками. Получаемые таким путем композиции называют полимерсиликатными. Создание полимерсиликатных систем и эффективных полимерсиликатных материалов на их основе является новым направлением в строительных технологиях и строительном материаловедении.

Полимерсиликатные материалы рассматриваются как композиционные, основу которых составляет матрица затвердевшего минерального вяжущего с распределением в ней затвердевшего полимера (карбамидные, полиизоцианатные, фенолформальдегидные и др.).

Присутствие полимеров даже в небольших количествах заметно улучшает прочностные свойства композитов: повышается адгезия, ударопрочность, водо-морозо- и химическая стойкость. Снижаются хрупкость, жесткость, водопроницаемость, электропроводность, теплопроводность [180, 183, 206, 223].

Полимерной добавкой служили фенолформальдегидная смола СФЖ-3066 и лигносульфонат технический «ЛСТ», бутадиенстирольный латекс «СКС», представляющие собой водную дисперсию сополимера стирола с бутадиеном. «ЛСТ» имеет концентрацию водородных ионов (показатель pH) – 11,5, размер частиц – 0,15...0,18 мкм, поверхностное натяжение – 36...40 мДж/м², условную вязкость по вискозиметру ВЗ-4 – 11 с. В качестве отвердителя СФЖ-3066 использована смесь ионного типа от массы смолы составом 80 % серной кислоты 40 % концентрации и 20 % ортофосфорной кислоты 0,5 %.

Использование такого отвердителя арболита на основе малоцентрированных фенолформальдегидных олигомеров обусловлено, прежде всего, доступностью исходных материалов, их самой низкой стоимостью и нетоксичностью по сравнению с СФЖ-3024, а также уменьшением горючести арболита на РВК. Количество смолы варьируется требуемой прочностью материала, технологическими особенностями и составляет 6-7 % от сухого веса частиц соломы, а в производстве древесностружечных плит (ДСтП) количество смолы составляет 10-12 %. Технические-химические свойства различных полимерных смол даны в табл. 2.8. В работе использована малоцентрированная, малотоксичная, атмосферостойкая фенолформальдегидная смола марки СФЖ-3066 (ЦНИИФ-А).

Таблица 2.8. - Технические-химические свойства различных смол (ГОСТ 20907)

Наименование показателей	Нормы для марок		
	СФЖ-3066	СЖФ-3024	КФ-МТ-Н
Внешний вид	Однородная прозрачная жидкость	Однородная прозрачная жидкость от красновато-коричневого до темно-вишневого цвета	Однородная прозрачная жидкость
1	2	3	4
Вязкость, Па·с То же, Па·с	11-14	17-75	30-50
Содержание нелетучих веществ (сухой остаток), %	25	38-42	66 ±1
Содержание щелочи, %	0,7	5,5-6,5	6,5-8,5
Содержание свободного фенола, %, не более	0,04	0,08-0,1	0,4
Содержание свободного формальдегида, %, не более	0,05	0,09	0,8
Плотность, г/см ³	1,03	1,2-1,27	1,26-1,28
Срок хранения при 5 ⁰ С, мес	6	6	3

Выбор этого вида фенолформальдегидной смолы обусловлен тем, что она достаточно хорошо испытана в производственных условиях и рекомендована санитарными органами стран СНГ для применения в строительстве и деревообрабатывающей промышленности.

Содержание свободного фенола в отвержденной смоле составляет 0,04 и формальдегид – 0,05 %.

В сырьевой смеси использовалась воздухововлекающая добавка СДБ – сульфатно-дрожжевая бражка (ТУ 81-04-225-73, ОСТ 81-79-71), катализаторы и антипирены.

2.2. Принятая методика исследований технических свойств облегченного арболита

Испытание гипса и разработанных составов полимерсиликатногипсовых вяжущих определялось согласно ГОСТ 23789-79 «Методы испытаний гипсовых вяжущих». Тонкость помола – ГОСТ 310.2-76*; сроки схватывания – ГОСТ 310.3-76*; предел прочности при изгибе и сжатии – ГОСТ 310.4-81*.

Испытание прочностных характеристик разработанных вяжущих проводилось на малых образцах размером 2х2х2 см при соответствующих водотвердых отношениях, а также на образцах-балочках 4х4х16 см и выдерживании в естественных условиях при температуре 18-20°С. Испытание на прочность проводилось через 2 часа, 1 сутки, 3 суток, 7 суток, 28 суток.

Коэффициент водостойкости определялся по общепринятой методике.

Тонкость помола материалов определялась ситовым анализом по ГОСТ...

Удельная поверхность вяжущих определялась на приборе ПСХ-2 (поверхностемер) [81, 91].

Определение истинной плотности гипсового камня проводилось пикнометрическим способом.

Адгезионная прочность вяжущего с наполнителем определено с использованием метода растяжения образцов-восьмерок, содержащих в шейке квадратную пластинку из наполнителя.

Теплопроводность образцов определялась на приборах ИТ-1. Название прибора в лаборатории кафедры «ПЕСМИК» при КГУСТА им.Н Исанова.

В материал устанавливается нагревательный зонд в зависимости от температуры окружающей среды. Измерения производились за определенный интервал времени с помощью теплового зонда. Для проведения измерений формовались образцы размерами сторон 15x15x15 см. Затем в контролируемом образце высверливалось отверстие, соответствующее длине и диаметру теплового цилиндрического зонда. Нагрев проводили в течение 6 мин, фиксируя показания температуры (R_i) по времени (τ_i) – от 2-х до 6 минут и коэффициент теплопроводности определялся по следующей формуле:

Расчетная формула коэффициента теплопроводности имеет следующий вид:

$$\lambda=R_o [K+\alpha_c \times c \times \rho](\ln(\tau/\tau_i)/1/3\sum \Delta R_i)10^3 \quad (2.1)$$

где, R_o – температура среды испытания в начальный момент времени, определяемая по показаниям прибора; K - удельная мощность нагрева зонда, зависит от начальной температуры, определяется по графику; α - коэффициент теплообмена в зоне контакта, $m^2/ч$; c - удельная теплоемкость материала, $кДж/кг$ $^{\circ}C$; ρ -плотность материала, $кг/м^3$.

Испытание золы проводилось согласно действующей технической документации (ТУ 21-31-2-71, ГОСТ 9592).

Дисперсность золы характеризуется гранулометрическим составом (ситовым анализом) по ГОСТ 310.2-76 и удельной поверхностью по ГОСТ 310.2-76*. Содержание стеклофазы по ТУ 21-31-2-71 с учетом ГОСТ 9552-76*. Истинная и насыпная плотности определялись согласно ГОСТ 9758-87*.

Активность золы определялась методом поглощения извести из насыщенного раствора в течение 30 суток [81,8 7].

Электронно-микроскопические исследования золы и новообразований при ее активации были проведены на электронном микроскопе просвечивающего типа В-242 в институте физики НАН КР с техникой изготовления препаратов «на просвет» и подложкой из коллодия и амил-ацетата при увеличении от 7500 до 14000 [81, 91].

2.3. Методика выполнения экспериментальных исследований

Определение технических свойств опытных образцов атмосферостойкого арболита проведено в производственных условиях ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» г. Бишкек, ОсОО «Элит-Строй-Сити» г.Ош, ОсОО «ТИНИАЛ» Республика Таджикистан, г.Худжанд, «КазНИИСА» Республика Казакстан г Алматы, ОсОО «Меркит-Курулуш» г.Ош, и в лаборатории НИИ КГУСТА и МУИТ. Основные технические показатели атмосферостойкого арболита определялись на 12 контрольных образцах – кубах размером 15x15x15 см и 10x10x10 см согласно ГОСТ 18105 и ГОСТ 1922 – 84*, морозостойкость по ГОСТ 10060.0-95; теплопроводность материала определялась на пяти образцах, имеющих форму пластины 300x300x20 – 50 мм по ГОСТ 7076.

Плотность и теплопроводность, определены по ГОСТ 12730.1, прочность на сжатие по ГОСТ 10180 и ГОСТ 8905 на 12 контрольных образцах размером 15x15x15 см, влажность не более 25 % (ГОСТ 12730.2), водопоглощение ГОСТ 7025, морозостойкость по ГОСТ 7025.

Испытания модификаторов: стекло жидкое– ГОСТ 13078, плотность 1.32 г/см³, латекс СКС, ЛСТ – ГОСТ 19564; смола полимерная малоцентрированная СФЖ – 3066 – ГОСТ 20908.

При выполнении экспериментальных исследований первичным являлось в повышении активности каждого из компонентов сырьевой смеси арболита, усовершенствовании каждого технологического процесса, направленного на

получение материала с заданными свойствам, увеличения прочности, морозостойкости и водостойкости арболита.

2.4. Методы исследования структуры в РЭМ

Для определения фазового состава сырьевых материалов и продуктов гидратации разработанных составов смесей были проведены рентгенографические исследования на установке ДРОН-2 при $C_{и}K_{\alpha}$ излучении, фильтр Ni.

На дериватографе ОД-102 в Институте физики НАН Кыргызской Республики были проведены дериватографические исследования сырьевых материалов и продуктов гидратации [46, 86, 93, 98].

Исследование структуры арболита выполнено в растровой электронной микроскопии (РЭМ). Для получения ранее недоступной информации о характере разрушения и структуры поверхности излома плит нами использован растровый электронный микроскоп (РЭМ) марки В-301 с увеличением до 200000, разрешением 15 нм (150 \AA). Просмотр образцов проводили при ускоряющем напряжении 25 кВ. Величины разрешения, достигаемые с помощью РЭМ при исследовании поверхности разрушения, позволили получить более ясное представление о механике процессов разрушения и структурного характера сложных фаз наполнителя из растительного сырья [83,89,91,109]. Принцип РЭМ основан на сканировании электронного луча в виде темного пучка электронов (зонд). Диаметр луча составляет 10 нм по поверхности образца точку за точкой и синхронной передаче сигнала на кинескоп. Высокий выход электронов из образца дает светлую точку на экране, малый «выход» соответствует точке. Первичный луч (зонд) создается в вакуумной колонке РЭМ.

Для получения наиболее объективной информации об исходном, в том числе структурном состоянии изучаемых объектов – образцов плит из

растительного сырья, их, как правило, оставляют неочищенными, т.е. в том виде, в каком их поставляют для исследования. Однако не всякий материал пригоден для непосредственного исследования с помощью РЭМ. Так как исследуемый образец должен быть электропроводным, то на непроводящие материалы перед просмотром наносят на исследуемую поверхность плотно прилегающий проводящий слой серебра или другого металла (желательно при металлизации распылением).

Исследования проведены в Институте физики НАН КР.

Для просмотра в сканирующем электронном микроскопе на изломы исследуемых образцов размером 10x20 мм напыляли слой серебра 50 \AA , т.е. слой, который абсолютно не виден в этом микроскопе и не влияет на общее представление об исследуемой структуре.

Фактографический анализ по методу РЭМ позволяет дать основные положения особенностей микроструктуры плит из соломы, не исследуемых ранее. Для оценки структурных параметров распределения наполнителя арболита применены оптические микроскопы МБС-10, МУ-2, а также оригинальный длиннофокусный микроскоп, сконструированный для фотографирования микрофильмов. Образцы вырезали из арболита в виде кубиков размером 10x10x и 20x20 мм. Две грани образцов – это верхняя и нижняя плоскости, а 4 других граней – в плоскости поперечных сечений композита.

Шлифы для микроскопических исследований готовились после пропитки образцов парафином, чтобы избежать выкрашивания и сдвига частиц. Для определения объемных долей структурных составляющих применен метод электронной микроскопии Г.С. Грициенко, А.Л.Глаголева [83, 79, 266] по аналогии с металлографией, но с учетом анизотропии частиц.

При исследовании структуры в производстве органоминеральных композитов весьма важно получить равномерность распределения частиц наполнителя по всей толще образца.

Фрактографический анализ по методу РЭМ позволяет дать основные положения особенностей микроструктуры органоминеральных композитов, не исследуемых ранее.

Консистенцию минерализованной гипсом формовочной поромассы, характеризующую ее литевые свойства, оценивали по ее расплыву с помощью цилиндра Сутгарда по ГОСТ 125-79. Диаметр расплыва принимался равным 145...155 мм.

При изучении структурных характеристик полимерсиликатно-гипсовых материалов определяли величину пористости, средний диаметр пор, однородность распределения их по размерам. Наряду с ртутной порометрией для этого был применен метод лазерной порометрии. Согласно этому методу, для измерения характеристик макропористой структуры поробетона использовали лазерный анализатор. Испытания проводили на образцах с площадью 40x40 мм, что позволило определять параметры структуры в локальных участках поризованного арболита. В основу лазерной порометрии положен метод «секущих хорд» как наиболее полно отвечающий современным теориям анализа структур, легко поддающийся автоматизации и обладающий большой скоростью и точностью измерений. Анализатор состоит из сканирующего устройства (включает двухкоординатный предметный столик со стабилизированным электроприводом, гелий-неоновый лазер ЛГ-78, оптическую систему), контроллера, микро-ЭВМ «Электроника ДЗ-28», дисплея и алфавитно-цифropечатающего устройства (АГЦУ). Минимально разрешимый размер пор составляет 10 мкм, верхний предел практически неограничен, но для исследуемого материала по результатам визуального анализа верхний предел размеров установлен 5 мм в НАН КР.

2.5. Метод математико-статистического моделирования

Оптимизация состава и свойств полимерсиликатно-гипсозолощелочной композиции для атмосферостойкого арболита проведена по методике [14, 15, 68, 70, 71, 72, 77].

Для изучения и оценки свойств композиционного материала был поставлен трехфакторный эксперимент по плану B_3 , где варьировались три рецептурных фактора: X_1 — гипс Г-7 (30 ± 5), %; X_2 — зола БТЭЦ (25 ± 5)% и X_3 — полимерсиликатная композиция СФЖ-3066 (10 ± 2) %; остальное — сечка соломы.

Содержание компонентов в сырьевой смеси в указанных границах, исходя из предыдущих экспериментов, обеспечивает технические характеристики конструкционно-теплоизоляционного арболита, соответствующие ГОСТ 19222-84.

Содержание компонентов сырьевой смеси в указанных границах, исходя из предыдущих экспериментов, обеспечивает технические характеристики конструкционно-теплоизоляционного арболита, соответствующие ГОСТ 19222-84.

Таблица 2.9. – Уровни варьирования факторов, %

Уровни факторов	X_1 – гипс Г-7, %;	X_2 – зола БТЭЦ, %	X_3 – смола СФЖ-3066, %
-1	25	20	8
0	30	25	10
+1	35	30	12

Таблица 2.10. – План и выходные значения эксперимента по В₃

№	План эксперимента							Результаты эксперимента		
	нормализованные переменные			натуральные переменные			Остальное -ное СОЛОМ	Y_1 $R^{3\text{сум}}_{\text{сж}}$ МПа	Y_2 $R^{28\text{сум}}_{\text{сж}}$ МПа	Y_3 ρ , кг/м ³ .
	x_1	x_2	x_3	X_1 гипс	X_2 зола	X_3 смола				
1	+	+	+	35	30	12	3	0,95	4,22	658
2	+	+	-	35	30	8	27	0,91	3,88	646
3	+	-	+	35	20	12	33	0,78	3,76	628
4	-	+	+	25	30	12	33	0,70	3,56	612
5	-	-	-	25	20	8	47	0,40	3,21	550
6	-	-	+	25	20	12	43	0,44	3,08	560
7	-	+	-	25	30	8	37	0,56	3,36	576
8	+	-	-	35	20	8	37	0,64	3,63	588
9	+	0	0	35	25	10	30	0,88	4,18	640
10	-	0	0	25	25	10	40	0,49	3,24	566
11	0	+	0	30	30	10	30	0,82	3,71	636
12	0	-	0	30	20	10	40	0,51	3,28	577
13	0	0	+	30	25	12	33	70,4	3,59	622
14	0	0	-	30	25	8	37	0,60	3,38	581
15	0	0	0	30	25	10	35	0,68	3,49	596

Параметрами оптимизации служили: прочность – $R^{3\text{сум}}_{\text{сж}}$ (Y_1), МПа; прочность – $R^{28\text{сум}}_{\text{сж}}$ (Y_2), МПа; плотность арболита – ρ (Y_3). кг/м³.

2.6. Оборудование и приборы, применяемые при экспериментальных исследованиях

- Пресс П-125, ГОСТ 3333905-86.
- Пресс ПГМ-1500МГ4, ГОСТ 10180.
- Пресс П-100, ГОСТ 3905-86.
- Пресс МИ-100
- Пресс гидравлический ПУ-10, ПСУ-25.
- Мельница (лабораторная) шаровая.
- Сушильный шкаф тип СНОЛ-3.5 ТО16-681.032-84.
- Дериватограф ОД-102.
- ДРОН-2.
- Поверхностомер ПСХ-2.
- Пластомер Ребиндера.
- Вискозиметр Суттарда ВС , ГОСТ 125-89*.
- Лазерный анализатор ЛГ-78.
- Весы аналитические ВЛТ по ГОСТ 19491-84 с погрешностью взвешивания не более 0,05 г.
- Ситовый анализатор размером в свету 0,2 мм и 0,08 мм по ГОСТ 3584-83.
- Термометр со шкалой 100 °С.
- Линейка ценой деления 1 мм.
- Чашка из коррозионностойкого материала вместимостью более 500 см³.
- Рефрактометр РФ-2, ГОСТ 144941.
- Прибор Вика ОГЦ-1.
- Прибор Ле-Шателье , ГОСТ 310.2,30744.
- Формы для образцов-балочек стандартные ФСБ-1 и насадка с формами НБС.
- Ртутный поромер высокого давления ПВД.
- Смеситель с вертикальным рабочим органом.
- Встряхивающий столик ЛВС с формой конус.

- Встряхивающий столик КП-111, ГОСТ 310.4-81.
- Штангенциркуль типа ШЦ-125 хромированный.
- Мерные цилиндрические сосуды на 1, 2, 5 и 10 л типа «МП»-00-00 ПС.
- Прибор для определения теплопроводности ИТ-1.
- Прибор ультразвуковой УК-15М (прочность бетона) по ГОСТ 17624.
- Растровый микроскоп (РЭМ) марки Joel JSV-840.
- Микроскоп МИН-2.
- Милливольтметр МР-64-02.
- Комплект сит для определения фракционного состава стружки.
- Сито КСВ (ячейка 0,08, поддон, крышка), ГОСТ310.2.
- Комплект сит, оцинк. Сталь. КП-109.
- Разрывная машина МИ-100, ГОСТ 14359.
- Формы для приготовления образцов на теплопроводность 20x20x20 см и 15x15x15см., ГОСТ 22685, 1ФК-150.
- Вискозиметр Суттарда для определения НГ гипсового теста.
- Электровлагомеры ЭВА-2М, ДИ-8, ГОСТ 23382.
- Индикатор часового типа.
- Фарфоровые тиглы для определения количества гидратной влаги;
- Микроскоп МПБ-2.

2.7. Определение теплофизических свойств стеновых конструкций из арболита

Теплотехнический расчет арболита выполнен в соответствии со СНиП КР 23.01-2013 по строительной теплотехнике, (тепловая защита зданий) Государственное агентство архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Правительстве Кыргызской Республики.

Данные по отдельным районам:

- Жалал-Абадская область; с. Казарман - зимней расчетной температурой наружного воздуха $t_{н} = -36^{\circ}\text{C}$, Ак терек - с расчетной зимней температурой наружного воздуха $t_{н} = -17^{\circ}\text{C}$;

Одноэтажное жилое здание - с расчетной внутренней температурой наружного воздуха $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплопроводности арболита составляет $K_T = 0,07 - 0,09 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.

Требуемое сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле (1):

$$R_{г.тр} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\alpha_{в}\Delta t_{в}}, \quad (2.1)$$

где $t_{в}$ — расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая в соответствии с нормами технологического проектирования;

$t_{н}$ — расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая по таблице СНиП 2.01.01-82 Нормы проектирования. Климатология и геофизика.

n — коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый по таблице СНиП 23-01-2013 КР «Строительная теплотехника» (СТ);

$\alpha_{в}$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$, принимаемый по таблице СНиП 23-01-2013 КР (СТ);

$\Delta t_{в}$ — расчетный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $^{\circ}\text{C}$, принимаемый по таблице СНиП 23-01-2013 КР (СТ).

Для р.с. Казармана требуемое сопротивление теплопередаче

$$R_{г.тр} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\alpha_{в}\Delta t_{в}} = \frac{(18 - (-36))}{4 \times 8,7} = \frac{54}{34,8} = 1,55 \text{ м}^2 \times ^{\circ}\text{C}/\text{Вт},$$

Для р.с. Ак терека

$$R_{г.тр} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\alpha_{в}\Delta t_{в}} = \frac{(18 - (-17))}{4 \times 8,7} = \frac{35}{34,8} = 1,01 \text{ м}^2 \times ^{\circ}\text{C}/\text{Вт},$$

Термическое сопротивление однородной ограждающей конструкции, а также слоя многослойной конструкции R , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.2)$$

где δ — толщина слоя, м; λ — коэффициент теплопроводности материала однослойной или теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции в условиях эксплуатации согласно таблице СНиП 23-01-2013 СТ, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°C})$, принимаемый по приложению А.

По формуле (2.2) определяем термическое сопротивление однородной ограждающей конструкции арболита:

$$R_k = 0,2/0,07 = 2,857.$$

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_t , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле

$$R_t = \frac{1}{\alpha_v} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (2.3)$$

где α_v — то же, что в формуле (1); R_k — термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, определяемое по формуле (2), — для однородной однослойной конструкции, в соответствии со СНиПа 23-01-2013 СТ — для многослойной конструкции; α_n — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, принимаемый по таблице СНиП 23-01-2013 СТ.

2.8. Определение статистической достоверности результатов исследований

Методами математической статистики, разработанной для числа определений ($n > 5$), рассчитана точность проведенных нами опытов. Достоверность результатов и значимость различий сопоставимых результатов проверена с помощью критерия Z; по функции Лапласа [72, 94].

Проведение расчетов по оценке математического ожидания случайной величиной с помощью доверительного интервала выполнялось в следующей последовательности:

1. Определялась дисперсия случайной величины

$$G = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2.4)$$

где x_i - наблюдаемое значение случайной величины; \bar{x} - математическое ожидание случайной величины; n - количество проведенных экспериментов.

2. По таблицам распределения Стьюдента по доверительной вероятности ($-\alpha = 0,95$) и числу степеней свободы $j = n-1$ находилась квантиль распределения $t_{0,025; j}$.

3. Определялась предельная погрешность математического ожидания

$$\varepsilon = t_{0,025; j} \cdot \frac{G}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

4. Определялся доверительный интервал

$$\left[\bar{x} - \varepsilon; \bar{x} + \varepsilon \right] \quad (2.6)$$

Проверка нулевой гипотезы $H_0; \mu(x) = \mu(y)$ о равенстве математических ожиданий двух нормальных генеральных совокуплений с известными дисперсиями при конкурирующей гипотезе $H_0; \mu(x) \neq \mu(y)$ приводилась при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$ и затем вычислялось наблюдаемое значение критерия $Z_{набл}$ по формуле

$$Z_{набл} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{G_1^2}{n} + \frac{G_2^2}{n}}} \quad (2.7)$$

По таблице функции Лапласа находится критическая точка по равенству

$$\Phi\left(Z_{кр} - \frac{\alpha}{2}\right) = (1 - \alpha)$$

Если $Z_{набл} < Z_{кр}$, то \bar{x} и \bar{y} отличаются незначимо, если $Z_{набл} > Z_{кр}$, \bar{x} и \bar{y} отличаются значимо.

Для оценки достоверности коэффициента корреляции вычислялось отношение этого коэффициента к его средней ошибке

$$\frac{r}{m_r} \geq 4 \quad (2.8)$$

Ошибка коэффициента корреляции вычислялась по формуле

$$m_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}} \quad (2.9)$$

где m_r - средняя ошибка коэффициента корреляции; n - число наблюдений.

Если отношение $\frac{r}{m_r}$ меньше четырех, то нельзя сделать заключение о достоверности связи между изучаемыми свойствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 2

1. Испытание гипса и разработанных составов полимерсиликатногипсозольных вяжущих определялось согласно ГОСТ 23789. Тонкость помола – ГОСТ 310.2; сроки схватывания – ГОСТ 310.3; предел прочности при изгибе и сжатии – ГОСТ 310.4.

2. Испытание прочностных характеристик разработанных вяжущих проводилось на малых образцах размером 2x2x2 см при соответствующих водотвердых отношениях, а также на образцах-балочках 4x4x16 см и

выдерживании в естественных условиях при температуре 18-20°C. Испытание на прочность проводилось через 2 часа, 1 сутки, 3 суток, 7 суток, 28 суток.

3. Определение истинной плотности гипсового камня проводилось пикнометрическим способом.

4. Адгезионная прочность вяжущего с наполнителем использовали метод растяжения образцов-восьмерок, содержащих в шейке квадратную пластинку из наполнителя.

5. Испытание золы проводилось согласно действующей технической документации (ТУ 21-31-2, ГОСТ 9592).

Дисперсность золы характеризуется гранулометрическим составом (ситовым анализом) и удельной поверхностью ГОСТ 310.2. Содержание стеклофазы по ТУ 21-31-2 с учетом ГОСТ 9552. Истинная и насыпная плотности определялись согласно ГОСТ 9758. Активность золы определялась методом поглощения извести из насыщенного раствора в течение 30 суток .

Электронно-микроскопические исследования золы и новообразований при ее активации были проведены на электронном микроскопе просвечивающего типа В-242 с техникой изготовления препаратов «на просвет» и подложкой из коллодия и амил-ацетата при увеличении от 7500 до 14000.

6. Для определения фазового состава сырьевых материалов и продуктов гидратации разработанных составов смесей были проведены рентгенографические исследования на установке ДРОН-2 при $C_{\alpha}K_{\alpha}$ излучении, фильтр Ni .

7. На дериватографе ОД-102 в Институте физики НАН Кыргызской Республики были проведены дериватографические исследования сырьевых материалов и продуктов гидратации.

8. Исследование структуры арболита выполнено в растровой электронной микроскопии (РЭМ). Для получения ранее недоступной информации о характере разрушения и структуры поверхности излома плит нами применен растровый электронный микроскоп (РЭМ) марки В-301 с

увеличением до 200000, разрешением 15 нм (150 \AA). Просмотр образцов проводили при ускоряющем напряжении 25 кВ. Величины разрешения, достигаемые с помощью РЭМ при исследовании поверхности разрушения, позволили получить более ясное представление о механике процессов разрушения и структурного характера сложных фаз наполнителя из соломы .

9. Теплотехнический расчет арболита выполнен в соответствии со СНиП 23.01-2013 КР по строительной теплотехнике, Госархстройинспекции при Правительстве Кыргызской Республики.

ГЛАВА 3. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РЕАЛИЗАЦИИ СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРБОЛИТА С КОМПЛЕКСНЫМИ ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ С УЧЕТОМ ДИНАМИКИ ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ РГЗК

3.1. Реализации способа облагораживания заполнителя из растительного сырья комплексными модификаторами

По общей теории искусственных конгломератов разработанной профессором Рыбьевым И.А. и его научной школой, среди заводских технологических переделов особо важным являются подготовительные операции, основная задача которых заключается в раскрытии потенциальных свойств исходных компонентных материалов [258, 259, 260].

Для изготовления арболита по традиционной технологии в качестве заполнителя используют древесину в различных ее видах - опилки, дробленка, стружка и т.д.

Древесный заполнитель обладает невысокой плотностью, достаточной смачиваемостью, легкостью обработки и поэтому широко применяется в производстве арболита, цементно-стружечных плит, опилкобетона, термиза и т.д.

Анализируя выполненный обзор научных исследований по рассматриваемому вопросу, можно резюмировать следующее: в процессе взаимодействия веществ древесины с минеральным вяжущим веществом, например с портландцементом и с его отдельными клинкерными минералами, возникает необходимость локализации из древесины экстрактивные вещества

отрицательно влияющие на все процессы при структурообразовании применяя различные способы.

На действующих по производству арболита предприятиях вымачивание заполнителя осуществляется сетчатыми контейнерами, в мешалках непрерывного действия. На некоторых заводах эта операция осуществляется технологически сложно, как, например, на арболитовом заводе в Ярославской области (сетчатый контейнер), в мешальных агрегатах (Чехия, Германия).

Процесс обработки химическими веществами проводится на второй стадии, т.е. после вымачивания или сразу в смесителе без предварительного вымачивания (предприятие «Элтен инжиниринг», «Велокс» Анстрия), используя в качестве химической добавки в основном хлористый кальций.

Таким образом, подготовке заполнителя, как одному из главных факторов, влияющих на прочность арболита, уделяется недостаточное внимание, сводя этот процесс в иных случаях только к вымыванию экстрактивных веществ без определения достаточности или недостаточности операций.

Из этого следует, что совершенствование заводской технологии по подготовке заполнителя для арболита остается одной из актуальных проблем, имеющей теоретическую и практическую значимость.

Для производства легкого арболита рекомендованы бросовые отходы растительного сырья – солома [44, 45, 46, 59, 67]. Особенностью рисовой соломы как сырья для производства арболита являются высокая плотность, малая длина волокон, высокие абразивные свойства, наличие пленки кутина на внешней поверхности частиц, повышенное содержание паренхимных клеток. Солома злаковых усреднено содержит из целлюлозы – 50 %, лигнина – 12 %, пентозана – 20 % и других органические и минеральные вещества – 18 % [253, 297, 300, 328, 330].

Из отходов сельского хозяйства костра льна также являются одними из самых распространенных. Костра льна, содержащая волокна длиной до 50 мм,

целлюлозу (77,4 %), гемицеллюлозу (16,2 %), водорастворимые вещества (3,4 %), смолы (19 %), жиры и воск [253].

Костра льна содержит большое количество экстрактивных веществ, и поэтому в производстве строительных плит редко применяется. К заполнителям растительного происхождения предъявляются определенные требования. Например, по качеству фракционного состава размеры частиц технологической щепы должны быть длиной 40x10x5 мм, коры в заполнителе не более 10 %, хвои листьев до 5 %, а удельный расход вяжущего должен быть до 15 %. Водорастворимая субстанция, способная режуцированию в древесине - до 2 %.

Как видно, эти требования далеко не охватывают те физико-химические качества заполнителя, которые оказывают влияние на процесс структурообразования при смешивании заполнителя с вяжущим. Поэтому в дополнение предложено множество способов оценки качества заполнителя в отношении пригодности его для применения в арболите.

Предложенный нами ранее способ изготовления арболита [106] позволяет определить количественное содержание водозэкстрактивных веществ в заполнителе и основан на способности кипящей хромовой смеси разрушать большинство органических веществ. Сущность его заключается в том, что анализируемая проба окисляется бихроматом калия в присутствии серноокислого серебра до образования двуокси углерода, азота и воды.

Оставшееся количество бихромата калия оттитровывается раствором соли Мора. Затем по приведенной формуле вычисляется показатель химический потребленного кислорода.

Согласно этому методу химический показатель потребленного кислорода органического заполнителя не должен превышать 1000 мг/л. В случае возрастания показателя до 1500 мг/л необходимо увеличивать количество вяжущего в композиции. Кроме того, заполнитель, взятый для пробы, нужно вымачивать в течение 6 часов, при гидромодуле 1:10 и температуре (20±2) °С.

Рекомендуется способ [90, 48, 50] по определению содержания сахара по количеству перманганата калия, израсходованного на титрование двухвалентного железа, образовавшегося в результате химических реакций. Вытяжку при этом фильтруют после 48-часового выдерживания в дистиллированной воде. После этого смесь из равных частей раствора сульфата меди, щелочного раствора сегнетовой соли и водной вытяжки из древесины, нагревают до кипения.

Эти методы, несмотря на рекомендуемость, тем не менее для выполнения являются технологически емкими, требуются специальные приборы, дорогостоящие химикаты.

Исходя из этого, а также дальнейшего развития производства арболита, требовалось найти более практичные и выполнимые в заводских условиях методы определения качества заполнителя и способов его облагораживания.

Способ определения пригодности заполнителя для приготовления арболитовой смеси [253, 330], согласно которому для того, чтобы установить пригодность заполнителя, из него получают экстракт, затем им затворяют вяжущее и по контракции в процессе твердения вяжущего судят о степени пригодности заполнителя. Данный способ имеет непосредственное отношение к оценке качества заполнителя, однако, несмотря на это, с помощью этого способа невозможно решить задачи технологии облагораживания заполнителя и измеряемый параметр – контракция цементного камня длится несколько суток [72, 13, 48, 50, 106].

В работе [162] предлагается графоаналитический способ оптимизации, сущность которого также основана на затворении вяжущего экстрактом, но ход выполнения существенно отличается. Оптимизация технологии обработка заполнителя арболита сводится к оптимизации таких основных процессов-облагораживания, как продолжительность вымачивания заполнителя, в данном случае рисовой соломы, и температура воды или другой жидкости, в которой он вымачивается. Отличается от способа [117] тем, что получают два экстракта – один путем вымачивания в воде определенное время, т.е. диффузионный

экстракт, в который экстрактивные вещества диффундируют путем свободного растворения, затем из этого же заполнителя путем выжимания в камере прессового устройства получают остаточный экстракт. Так, получают диффузионный и остаточный экстракты заполнителя при данной температуре воды и данной продолжительности вымачивания. Далее экстрактами затворяется цемент, формуются образцы – кубики и сушатся. После этого образцы проверяются на прочность при сжатии. По результатам испытания образцов строится график прочность – время вымачивания – температура. Полученные на графике кривые при определенных концентрациях двух экстрактов пересекаются и образуют замкнутую площадь. Координаты проекции замкнутой площади на ось «Х» и представляют искомые оптимальные технологические параметры продолжительности облагораживания заполнителя. Данный способ был апробирован на стеблях хлопчатника, стеблях рисовой соломы и древесной дробленке – результаты были аналогичными. Способ [108, 124, 144, 155, 156] является научно обоснованным методическим оснащением для заводской лабораторной практики, однако в тоже время является трудоемким в исполнении.

Пропитка полимерсиликатами представляет частный случай технологии водо- и атмосферостойкого арболита на пропитанных (модифицированных) заполнителях. Принципиально модифицирование отличается от пропитки тем, что пропитывающие вещества вступают во взаимодействие с компонентами органического субстрата и таким образом закрепляются в нем более прочно, чем при пропитке. Это происходит, благодаря реакции, протекающей в пропитываемом веществе. Другими словами, происходят химические превращения, такие как полимеризация или поликонденсация, в результате мономер или олигомер переходят из жидкого состояния в твердое. Поэтому модифицирование подразумевает пропитывание полимерсиликатами. Отсюда и названия: модифицированный арболит, модифицированный бетон и т.д.

Наиболее существенный эффект модифицирования состоит в комплексном улучшении свойств частиц соломы, т.е. одновременно

повышается прочность, снижается набухание и водопоглощение, обеспечивается огне-, био- и химическая стойкость. В этом смысле лучшими модификаторами для заполнителя из соломы являются водорастворимые фенолоформальдегидные олигомеры, образующие прочные связи в структуре соломы [130, 132, 152, 155]. При модифицировании соломы фенолоформальдегидными полимерами образуются весьма прочные связи полимера с целлюлозой, а так как поверхность их контакта весьма значительна, то адгезионные силы начинают оказывать существенное влияние на характер поведения полимерсоломенного комплекса при различных внешних воздействиях. Насыщенность активными функциональными группами обуславливает высокую степень взаимодействия фенолоформальдегидных полимеров с соломой. Благодаря этому водостойкость адгезионных соединений высока. Однако переменное увлажнение – высушивание, вызывающее напряжения в адгезионном соединении, снижает его прочность. В условиях атмосферного старения на адгезионные соединения действуют переменное нагревание, увлажнение, замораживание, облучение. Это вызывает накопление в них остаточных напряжений, ускоряющих процесс деструкции ослабленных связей. В результате возможно появление микротрещин в зоне адгезионного контакта и снижение прочности соединения [180, 215, 218, 243].

Однако экспериментальные данные по адгезии полимеров свидетельствуют о том, что характер разрыва может быть адгезионным, когезионным и смешанным, а величина адгезии в большинстве случаев меньше когезионной прочности. Причина этого явления отчасти обусловлена тем, что при определении адгезии существующими методами, как правило, не учитывается величина внутренних напряжений в пограничном слое, соизмеримых в ряде случаев с прочностью адгезионного взаимодействия

Внутренние напряжения, возникающие при формировании полимерных покрытий и клеевых слоев, обычно рассматриваются как механическая характеристика и рассчитываются как произведение модуля упругости полимера на величину усадки или на разность коэффициентов линейного

расширения при термическом отверждении. Усадка полимера – это уменьшение линейных или объемных размеров образцов в результате удаления растворителя или протекания процесса полимеризации.

Свойства покрытий из различных пленкообразующих приведены в табл. 3.1.

Усадка сама по себе не вызывает внутренние напряжения. Это имеет место при формировании тонких пленок пленок на неадгезирующих подложках.

С увеличением толщины свободных пленок в них возникают внутренние напряжения в результате неравномерного отверждения, обусловленного неодинаковой скоростью удаления растворителя по толщине образца или неравномерным протеканием полимеризации.

Величина внутренних напряжений значительно возрастает при формировании пленок на адгезирующих подложках и тем больше, чем выше прочность адгезионного взаимодействия.

Усадка пленок, как и возникшие в них внутренние напряжения, не зависят от плотности, удельного веса полимера и конечного объема, а определяется факторами, влияющими на скорость процесса застудневания смеси или скорость нарастания вязкости в процессе пленкообразования.

В связи с этим внутренние напряжения, возникшие в процессе формирования пленок, носят релаксационный характер, пропорциональны объему растворителя, испарившегося из студня, и будут тем выше, чем больше растворителя содержала пленка в момент ее перехода в студень [272, 294, 316, 17, 318, 319].

Технологические процессы получения сырьевой смеси из соломы, модифицированной фенольными полимерами и жидким стеклом включает пропитку сырья, термообработку пропитанных частиц, смешение с гипсозолощелочным вяжущим (рис. 3.1). Пропитка частиц сырьевой массы жидким модификатором производится в процессе ее перемешивания в смесителе с Z-образными лопастями.

Таблица 3.1. - Свойства покрытий из различных пленкообразующих

Полимер на основе связующего	Температура формирования, °С	Температура стеклования, °С	Е, ГПа	σ _p , МПа	σ _b , МПа	Коэффициент линейного расширения, 1/град
Полиимид	320	515	3,0-3,5	170	2,0	0,5·10 ⁻⁴
Полистирол	80	81	2,8-3,4	30	1,5	0,7·10 ⁻⁴
Полиэтилен низкого давления	200	-100 ⁰	0,52-0,79	22÷29	7,5	(2,1-5,5) 10 ⁻⁴
	200	-80 ⁰	0,15-0,25	0,8-16	4,0	(2,2-5,5) 10 ⁻⁴
ПВХ	80	80		39-59	2,0	2,0·10 ⁻⁴
Полиметилметакрилат	80	45	2,8	76,5	8,0	0,7·10 ⁻⁴
ФЛ-50	180	50	2,5	21-28	3,0	0,4·10 ⁻⁴
ПН-1	80	45	3,0	30-35	3,5	(0,7-2)10 ⁻⁴
ЭД-20	100	60-80	2,3-3,5	40-90	12-20	(0,4-0,6)10 ⁻⁴
Поливиниловый спирт	60	85	5,3	63-120	2,0	(0,7-1,2)10 ⁻⁴
Фенолоформальдегидная смола	80	60	2,5	40-50	15,0	(0,1-0,9)10 ⁻⁴
Натуральный каучук	60	-68	0,0013	10	0,4	2,16·10 ⁻⁴
СКС-50	60	-50	-	8	1,0	2,16·10 ⁻⁴
СКН-40	60	-32	-	7	0,8	1,5·10 ⁻⁴
СКД-1-3	60	-60 - -95	-	1	0,5	1,8·10 ⁻⁴
Бутилкаучук	200	-67 - -75	-	20	1,5	1,94·10 ⁻⁴

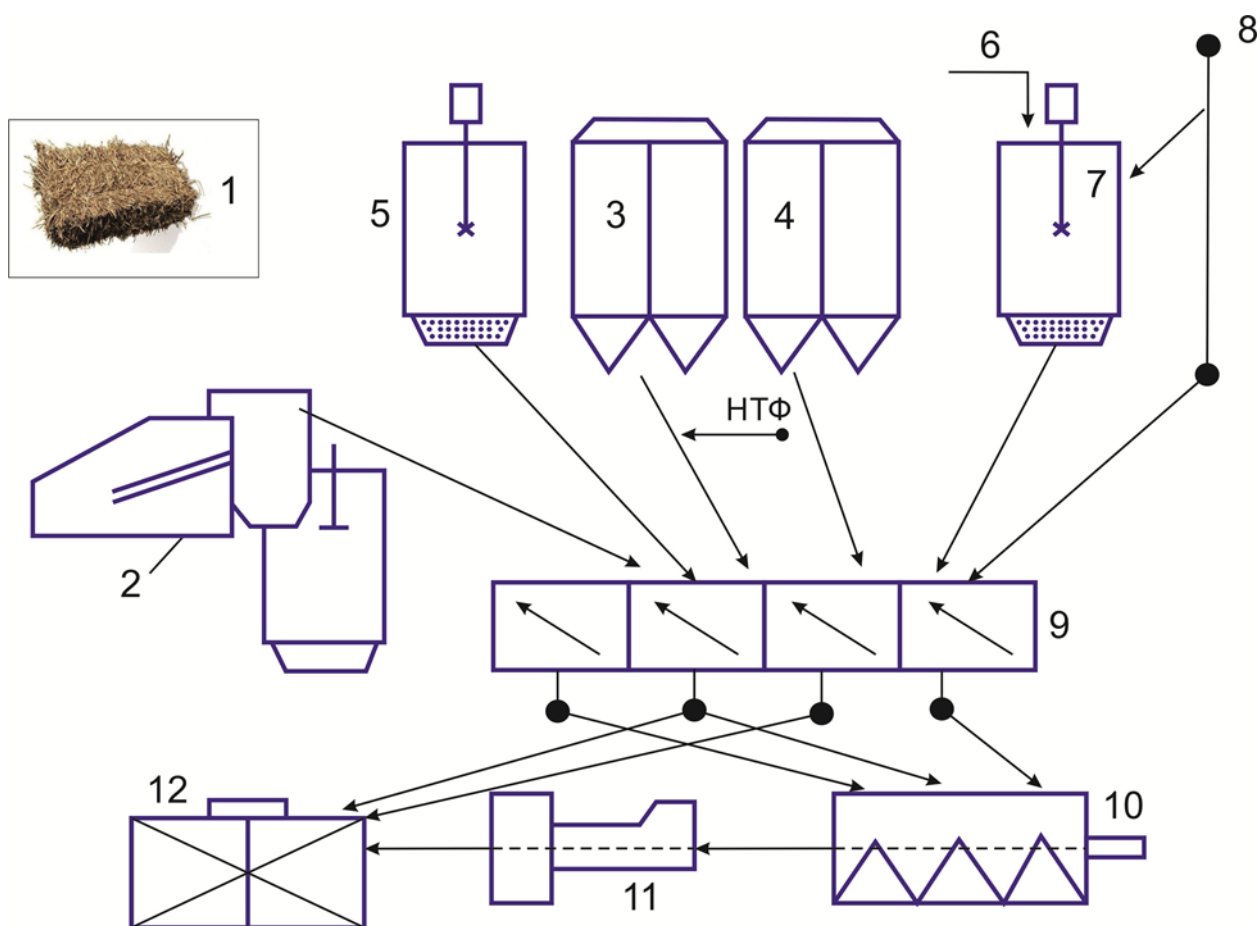


Рисунок 3.1 - Схема приготовления сырьевой смеси для облегченного арболита: 1 – склад соломы; 2 – измельчение и сортировка частиц соломы; 3 – склад гипса; 4 – склад золы ТЭЦ; 5 – емкость разбавленного жидкого стекла; 6 – катализатор; 7 – емкость разбавленного полимерного модификатора; 8 – вода; 9 – дозаторы; 10 – смеситель; 11 – подсушка частиц; 12 – смеситель сырьевой смеси с гипсозолощелочным вяжущим

Модификатор заливается в корпус смесителя через люк в крышке при вращающихся лопастях.

Расход полимерсиликатных модификаторов для обработки 1 кг частиц соломы составляет около 0,11-0,13 кг (по сухому остатку), при этом толщина жидкой пленки на поверхности частиц из соломы равна около 0,042-0,047 мм. Расход гипсозолощелочного вяжущего составляет при массовом соотношении наполнитель-вяжущее, равным 0,6. Во избежание комкования, смоченный

жидким полимерсиликатным модификатором наполнитель, непрерывно перемешивается.

Чтобы сократить этот процесс и ускорить подсушку частиц соломы, через перфорированное дно емкости поступает теплый воздух с температурой 60-100°C. Перемешивание продолжается 3-7 мин. Когда масса приобретает сыпучесть, ее выгружают в смеситель сырьевой смеси, куда подается гипсозолощелочное вяжущее. Туда же подается вода затворения.

По мере наполнения композиции до критического термодинамического состояния стенка матрицы уменьшается и становится неустойчивой. Количество пор в композите увеличивается с уменьшением прочности. Поэтому основным показателем для подбора оптимального состава полимерной композиции является толщина пленочной матрицы, соответствующая среднему значению по объему композита. Кроме того, матричная пленка играет роль связки между частицами наполнителя, образуя при этом в материале пространственный каркас.

На процессах смешивания и уплотнения происходит адгезионное действие между частицами полимерного вяжущего и наполнителя, эффективно влияя на образование новых качеств получаемого материала (снижение усадки т.д.).

На этих этапах технологического передела увеличивается свободная энергия поверхности дисперсных частиц, что способствует образованию кластеров, выполняющих роль элементарных структурных ячеек. Формирование структуры полимерсиликатных материалов можно рассматривать как процесс обволакивания частиц кремнегеля полимером, ограничивающий их сближение при отверждении. В результате проявляется защитный эффект предохранения кремнегеля от чрезмерной усадки. Обволакивание частиц кремнегеля происходит сорбционно.

При структурообразовании композита происходит коагуляция, пленкообразования, обусловленные формированием полимерной защитной

прослойки, обволакивающей наполнитель. В результате несколько раз повышается прочность полимерных прослоек между частицами.

Основным показателем, подтверждающим эффекты действия добавок, является снижение усадки не менее чем в 2 раза по сравнению с исходными силикатными композициями, что примерно соответствует закрытию (уплотнению) около 70% имеющихся пор.

Перспективным направлением технологии полимерсиликатных материалов может быть получение композиций при затворении диспергированного сухого силиката натрия малым количеством воды из раствора или дисперсии полимера. В наполненных системах это приводит к более тесному контакту вяжущего с частицами наполнителя благодаря адгезионной активности раствора и формированию геля в стесненных условиях. Вероятность образования прерывистой пленки связующего вследствие локального характера адгезионного контакта компенсируется полимерными прослойками, создающими сплошную полимерсиликатную матрицу подобно тому, как это происходит в полимерцементных композициях [87, 89, 99, 108].

Таким образом, установлено следующее:

1. На гидратацию и твердение цемента по традиционной технологии существенное влияние оказывают физико-химические процессы, в арболите, заключающиеся в отрицательном действии водорастворимых веществ органического наполнителя на цемент, проявляющийся в адсорбционном отравлении. Растворимые вещества, попадая в цементные системы с водой затворения, в результате адсорбции образуют адсорбционный слой. Вследствие этого, частицы цемента, покрытые такой защитной оболочкой, не могут контактировать между собой, находясь под влиянием молекулярных сил и коагулировать. Вместе с тем, образование такой оболочки затрудняет также доступ воды к зернам цемента.

2. В производственных условиях проблема «минерализации» наполнителя в основном ограничивается вымачиванием в воде. Предлагаемые

различные методы противозэкстракционной обработки заполнителя имеют те или иные недостатки.

3. Имеющиеся методики определения качества заполнителя независимо от вида растительного сырья требуют дальнейшего развития и остаются актуальными.

Повышенные строительно-технические свойства гипсозолощелочного арболита на модифицированном полимерсиликатами заполнителе и его высокая водостойкость обеспечивает длительную работоспособность материала в наружных конструкциях. Снижение горючести арболитового материала обусловлено покрытием частиц полимеров пленкой вяжущего, а также расположением их внутри арболита.

3.2. Теоретические предпосылки состояния движущейся сжимаемой пластической среды из РГЗК с учетом динамики вязкопластической среды

В связи с развитием строительства одно- и многоэтажных зданий и сооружений в Кыргызской Республике одним из востребованных являются стеновые материалы, обладающие теплоизоляционными свойствами. Поэтому развитие производства легких строительных конструкций с применением местного растительного сырья и отходов его переработки, недефицитных минеральных вяжущих и полимерсиликатных добавок – актуальная проблема в строительстве.

К таким материалам относится арболитовый бетон, предназначенный для конструктивных стеновых блоков. Для ускорения твердения и получения высокопрочной арболитовой конструкции одним из путей является использование быстротвердеющих гипсовых вяжущих вместо портландцемента, а также соломы в качестве древесного наполнителя. Данное решение позволит не только экономии топливно-энергетических затрат, но и

дает возможность к ускоренному развитию в промышленности строительных материалов, изделий и конструкций с использованием местных строительных материалов.

Целесообразно применять гипсовые вяжущие для получения пористых композитов. Преимущества гипса перед другими вяжущими очевидны: седиментационная устойчивость, быстрое схватывание, твердение в воздушных условиях и отсутствие усадки при этом. Кроме того, получение высокопористого материала повышенной прочности обусловлено строением кристаллической решетки гипсового вяжущего (полугидрат сульфата кальция), имеющей вид игольчатого габитуса [283].

Прочность материала, как правило, будут зависеть от концентраций трех фаз жидкой (Ж), твердой (Т) и газовой (Г). И упруго-пластично-вязкие свойства формовочной смеси, а также их влияние эксплуатационные характеристики будут обусловлены реакцией между исходными компонентами (скоростью, продолжительностью). [122, 152, 157, 324, 332]

Ниже рассматривается высокопластичная среда в условиях прессования и плоской деформации в граничном слое пластичности. Как известно, вязкопластичная среда в напряженном состоянии при динамическом коэффициенте μ равной нулю подчиняется условию пластичности [324].

Следуя этому предположению, приняты пять неизвестных функций:

$$X_x(x, y, t), \quad Y_y(x, y, t), \quad X_y(x, y, t), \quad v_x(x, y, t), \quad v_y(x, y, t) \quad (3.1)$$

- данная функция состоит из трех компонентов тензора напряжений и двух проекций вектора скорости на координатных осях y и x .

В соответствии с системой уравнения, которая описывает состояние движущей высокопластичной среды:

$$\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} \right) + X = \frac{\partial V_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y}; \quad (3.2)$$

ρ_0 – средняя плотность вязко-пластической массы,

X, Y – проекции массовых сил.

$$\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial X_y}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} \right) + Y = \frac{\partial v_{yx}}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y}; \quad (3.3)$$

$$(X_x - Y_y)^2 + 4X_y^2; \sin^2 \varphi (\bar{\sigma}_\sigma - \sigma_\sigma + 2kctg\varphi)^2, \quad (3.4)$$

где φ – угол внутреннего трения.

Условие непрерывности для движущейся высоковязкой среды выражено следующим уравнением:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0; \quad (3.5)$$

Единство направления предельно высокой скоростимаксимальных скорости деформации сдвига с направлениями линий скольжения выражается следующим условием:

$$\frac{2X_y}{X_x - Y_y} = \frac{\left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) \pm \left(\frac{\partial v_x}{\partial \sigma} - \frac{\partial v_y}{\partial \sigma} \right) tg \varphi}{\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) \pm \left(\frac{\partial v_x}{\partial \sigma} - \frac{\partial v_y}{\partial \sigma} \right) tg \varphi} \quad (3.6)$$

(3.2) и (3.3) являются уравнениями движущей среды, выраженные в переменных Эйлера. Положительные направления X, Y совпадают с положительными направлениями осей координат.

Как известно, уравнение (3.4) показывает условие пластичности по Треска-Сен-Венану и показывает условие постоянства предельно высокого касательного напряжения, равного « K ».

Дополнительная система напряжений, которая подчиняется закону Ньютона, возникает при $\mu \neq 0$ и отличных от нуля скоростях движений в вязкой среде. Данное выражается в форме линейного скалярного отношения (или зависимости) между девиатором скорости деформации и многокомпонентным девиатором дополнительной системы напряжений:

$$\left. \begin{aligned} X_x^{(2)} &= 2\mu \frac{\partial v_x}{\partial x}; \\ Y_y^{(2)} &= 2\mu \frac{\partial v_y}{\partial y}; \\ X_y^{(2)} &= 2\mu \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right), \end{aligned} \right\} \quad (3.7)$$

где v - скалярный множитель, функция координат и времени,

$$p = \frac{X_x + Y_y}{2}.$$

Для неустановившегося движения идеально-пластической массы введем следующие функции χ , β , V_x , V_y , где β является углом между направлениями оси x и главным нормальным напряжением σ_I :

$$\chi = \frac{X_x + Y_y}{2K} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2K} = \frac{p}{K}, \quad (3.8)$$

$$v_x = v \cdot \cos \alpha; \quad v_y = v \cdot \sin \alpha, \quad (3.9)$$

где α - угол между направлениями оси x и положительным направлением оси x и вектора скорости; v - векторный модуль скорости.

Тогда, компоненты тензора напряжений принимают следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} X_x &= K(\chi + \text{Cos}2\beta) \\ Y_y &= K(\chi - \text{Cos}2\beta) \\ \chi_y &= K \cdot \text{Sin}2\beta \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

При подставлении в (3.2), (3.3) и (3.6) соотношение (3.10), можно получить систему уравнений для непостоянного движения идеально-пластической среды:

$$\left. \begin{aligned} &\frac{\partial \chi}{\partial x} - 2 \left(\text{Sin}2\beta \frac{\partial \beta}{\partial x} - \text{Cos}2\beta \frac{\partial \beta}{\partial y} \right) - \\ & - \frac{\rho_0}{K} \left(\text{Cos}\alpha \frac{\partial v}{\partial t} - v \text{Sin}\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial t} - v^2 \frac{\partial \alpha}{\partial y} \right) + \frac{\rho_0 X}{K} = 0; \\ &\frac{\partial \chi}{\partial y} + 2 \left(\text{Cos}2\beta \frac{\partial \beta}{\partial x} + \text{Sin}2\beta \frac{\partial \beta}{\partial y} \right) - \\ & - \frac{\rho_0}{K} \left(\text{Sin}\alpha \frac{\partial v}{\partial t} + v \text{Cos}\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial t} + v^2 \frac{\partial \alpha}{\partial x} \right) + \frac{\rho_0 Y}{K} = 0; \\ &\left(\text{Cos}\alpha \frac{\partial v}{\partial x} + \text{Sin}\alpha \frac{\partial v}{\partial y} \right) - v \left(\text{Sin}\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial x} - \text{Cos}\alpha \frac{\partial \alpha}{\partial y} \right) = 0; \\ &\left[\text{Sin}(\alpha - 2\beta) \frac{\partial v}{\partial x} + \text{Cos}(\alpha - 2\beta) \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \\ & + v \left[\text{Cos}(\alpha - 2\beta) \frac{\partial \alpha}{\partial x} - \text{Sin}(\alpha - 2\beta) \frac{\partial \alpha}{\partial y} \right] = 0. \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

На рис.3.2 показана модель механическая модель высокопластической массы.

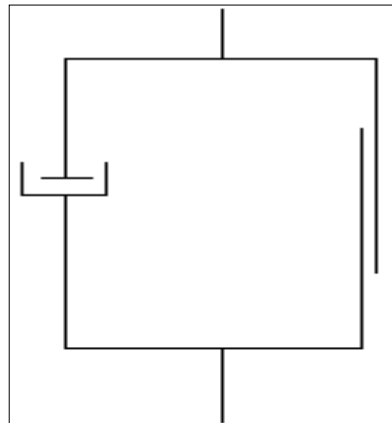


Рисунок 3.2 - Модель высокопластической массы

В связи с вышеприведенным, мы имеем:

$$\left. \begin{aligned} X_x &= p + K \cdot \cos 2\beta + 2\mu \frac{\partial v_x}{\partial x}; \\ Y_y &= p - K \cdot \cos 2\beta + 2\mu \frac{\partial v_y}{\partial y}; \\ X_y &= K \cdot \sin 2\beta + \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right). \end{aligned} \right\}, \quad (3.12)$$

где P и β – функции компонентов тензора напряжений.

Максимальная скорость деформаций сдвига H :

$$H = \sqrt{\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2}. \quad (3.13)$$

На основе коаксиальности скоростей деформаций, тензоров напряжений (3.6) соотношение (3.12) можно представить в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} X_x &= p + (K + \mu H) \cdot \cos 2\beta; \\ Y_y &= p - (K + \mu H) \cdot \cos 2\beta; \\ X_y &+ (K + \mu H) \cdot \sin 2\beta. \end{aligned} \right\} \quad (3.14)$$

(3.14) можно представить в форме

$$\sqrt{\frac{(X_x - Y_y)^2}{4} + X_y^2} = K + \mu \cdot H. \quad (3.15)$$

$$\beta = \omega \pm \frac{\varphi}{2} \quad (3.16)$$

где ω - угол между осью и направлением максимальной главной скорости деформаций ε_1 .

На основании (3.16) и (3.2) получим соотношения в форме:

$$\left. \begin{aligned} X_x^{(2)} &= \mu H \cdot \cos 2\omega; \\ Y_y^{(2)} &= -\mu H \cdot \cos 2\omega; \\ X_y^{(2)} &= \mu \cdot H \cdot \sin 2\omega, \end{aligned} \right\} \quad (3.17)$$

В соответствии с этим, в модели высокопластической массы (рис. 3.1) касательное напряжение на линиях скольжения, можно определить составляющей нормального напряжения $\sigma_n^{(1)}$, которая не зависит от составляющей $\sigma_n^{(2)}$, вызванной силами вязкого сопротивления вязущего, тогда полное нормальное напряжение:

$$\sigma_n = \sigma_n^{(1)} + \sigma_n^{(2)}$$

Данное уравнение является обобщенным условием высокопластичной идеальной массы РГЗК.

Для упрощения уравнения динамики высокопластической поромассы вязкопластической поромассы в граничном слое фаз, можно применить способы вывода таких уравнений, приведенной в гидродинамике.

$$\left. \begin{aligned} &\frac{\partial \sigma}{\partial x} - \cos 2\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} - \sin 2\theta \frac{\partial \theta}{\partial y} - \\ &-\frac{\rho_0}{2K} \left(v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_x}{\partial t} \right) = 0; \\ &\frac{\partial \sigma}{\partial y} - \sin 2\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} + \cos 2\theta \frac{\partial \theta}{\partial y} - \\ &-\frac{\rho_0}{2K} \left(v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial t} \right) = 0; \\ &\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0; \\ &\sin 2\theta \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) + \cos 2\theta \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) = 0, \end{aligned} \right\} \quad (3.18)$$

где угол θ связан с углом β зависимостью

$$\theta = \beta - \frac{\pi}{4}.$$

$$\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial X_y}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} \right) + Y = \frac{\partial v_{yx}}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y}; \quad (3.19)$$

Как известно, при рассмотрении каких-либо движений, обычно вводятся следующие параметры: длина L , время T и скорость V . Здесь $T = \frac{L}{V}$, а для ускорения $\frac{V^2}{L}$. Исходя из этого, можно ввести следующие безразмерные величины:

$$\left. \begin{aligned} x &= L \cdot \bar{x}; & y &= L \cdot \bar{y}; \\ t &= T \cdot \bar{t}; & v_x &= V \cdot \bar{v}_x; & v_y &= V \cdot \bar{v}_y. \end{aligned} \right\} \quad (3.20)$$

Преобразуем уравнение (3.18) к новым безразмерным переменным. Получим:

$$\left. \begin{aligned} &\frac{\partial \sigma}{\partial x} - \text{Cos}2\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} - \text{Sin}2\theta \frac{\partial \theta}{\partial y} - \\ &-\xi^2 \left(\bar{v}_x \frac{\partial \bar{v}_x}{\partial \bar{x}} + \bar{v}_y \frac{\partial \bar{v}_x}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial \bar{v}_x}{\partial \bar{t}} \right) = 0; \\ &\frac{\partial \sigma}{\partial y} - \text{Sin}2\theta \frac{\partial \theta}{\partial x} + \text{Cos}2\theta \frac{\partial \theta}{\partial y} - \\ &-\xi^2 \left(\bar{v}_x \frac{\partial \bar{v}_y}{\partial \bar{x}} + \bar{v}_y \frac{\partial \bar{v}_y}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial \bar{v}_y}{\partial \bar{t}} \right) = 0; \\ &\frac{\partial \bar{v}_x}{\partial \bar{x}} + \frac{\partial \bar{v}_y}{\partial \bar{y}} = 0; \\ &\text{Sin}2\theta \left(\frac{\partial \bar{v}_x}{\partial \bar{y}} + \frac{\partial \bar{v}_y}{\partial \bar{x}} \right) + \text{Cos}2\theta \left(\frac{\partial \bar{v}_x}{\partial \bar{x}} - \frac{\partial \bar{v}_y}{\partial \bar{y}} \right) = 0, \end{aligned} \right\} \quad (3.21)$$

$$\xi^2 = \frac{\gamma \cdot \rho_0 \cdot V^2}{2K}, \quad (3.22)$$

где γ - коэффициент изменчивости вязкой массы.

В соотношении (3.21) безразмерные переменные (ξ^2) стремятся к бесконечности, при этом имеют вид, как и в размерных. Для этого, черточки переменных и индексы переменных в уравнениях опускаются.

Система уравнений в граничном слое в период нарастания пластической прочности (при прессовании массы РГЗК) примет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \sin 2\theta \frac{\partial \theta}{\partial y} + \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} &= 0; \\ \frac{\partial \sigma}{\partial y} + \cos 2\theta \frac{\partial \theta}{\partial y} &= 0; \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} &= 0; \\ \frac{\partial v_x}{\partial y} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3.23)$$

Решение соотношения (3.23) дает следующее уравнение:

$$v_x = f(x, t),$$

где f – интегрированная произвольная функция.

Тогда, при подставлении в уравнение (3.3), получим следующее выражение:

$$v_y = -\frac{\partial f}{\partial x} \cdot y + g(x, t), \quad (3.24)$$

где g – произвольная функция интегрирования.

Подстановка v_x и v_y в первое уравнение (3.23) дает:

$$\frac{1}{2} \cos 2\theta = \left(\frac{\partial f}{\partial t} + f \frac{\partial f}{\partial x} \right) y - \psi(x, t),$$

а из второго уравнения (3.23) получаем:

$$\sigma = -\frac{1}{2} \sin 2\theta + h(x, t), \quad (3.25)$$

где ψ и h – произвольные функции интегрирования.

Таким образом, в период нарастания пластической прочности, произвольные функции для процессов интегрирования – f , g , ψ , h удовлетворяют всем условиям пограничного слоя массы из РГЗК. Исходя из решений и вывода упрощенного уравнения в граничном слое, которое дает понятия, что высокопластическая диссипация ничтожно мала с аналогичной ситуацией приведенной в гидродинамике, в котором граничный слой в поромассе в процессе контакта с границей тела включая область потенциального течения, который имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} V_x &= f(x); \\ V_y &= \frac{\partial f}{\partial x} \cdot y + g(x); \\ \frac{1}{2} \cos 2\theta &= f \cdot y - \psi(x); \\ \sigma &= -\frac{1}{2} \sin 2\theta + h(x) \end{aligned} \right\} \quad (3.26)$$

или

$$\sigma \approx -\sqrt{fy} + \frac{1}{\xi} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot W(L-x) + \sigma_0, \quad (3.27)$$

где W – ускорение движущей среды:

$$W = V_x = \text{const}; \sigma_0 - \text{постоянная интегрирования.}$$

Тогда, уравнение (3.27) имеет следующий вид:

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} + \frac{2}{3} \sqrt{aW}, \quad (3.28)$$

где a – половина длины выбранного участка.

По этой формуле (3.28) можно найти величину распространения с постоянной скоростью нормального давления P_n , приложенного к поверхности пластической массы «тела», равное:

$$\frac{P_n}{K} = 1 + \frac{2}{3} \sqrt{a \cdot W}. \quad (3.29)$$

Таким образом, были предложены новые упрощенные способы решения, приближенного к реальным условиям структурообразования высокопористой композиции на основе зависимостей уравнений (3.11, 3.15, 3.21, 3.23, 3.26, 3.27, 3.29).

Индукционный период сопровождается активизацией поверхностей раздела, способствуя образованию новых фаз. Структурно-механические показатели при этом не меняются и твердение системы проходит с одновременным упрочнением структуры.

Однако, в высокопористых композициях одновременно проходят процессы не только формирования пористой структуры, но и ее разрушение. Как известно, данные многих исследований показывает, что индукционный период высокопрочной композиции не должен быть более 30 мин, т.е. должен быть в пределах 5 мин. Для снижения индукционного периода необходимо использовать различные виды добавок, таких как: пластификаторы, полимерсиликатные добавки, стабилизаторы, катализаторы и др. [185, 200, 233, 263, 283, 285].

3.3. Термодинамический анализ структуры облегченного арболита

Экспериментально-теоретические исследования структуры водостойкого арболита из РВК и модифицированного ПСГВ включают: исследование структурообразования арболита с учетом адгезионного взаимодействия, повышения прочностных свойств за счет дисперсности наполнителя, обеспечение однородного фракционного состава безцементного композиционного материала.

В композиционных материалах понятие микроструктуры относится к связующим. Оно объясняет расположение и взаимосвязь мельчайших структурных элементов – радикалов, молекул, микродисперсных частиц, пор, микротрещин и др., в их совокупности которой образуется связующее.

Микроструктура формируется при совмещении вяжущего вещества с наполнителем и добавками. Свойства материала при этом зависят от степени наполнения, дисперсности и поверхностной активности наполнителя, концентрации и молекулярной массы вяжущего [148, 157, 166, 185, 207, 237].

В результате технологических переделов микроструктура композита меняется. Частицы, взаимодействуя с окружающей средой, переходят из одного состояния в другое. И под влиянием взаимоперемещения и распределения связей меняется структура молекул.

Структуру обеспечивают вязкопластические свойства наполнителя и его дисперсность.

В данной работе рассматривается принципиальная возможность применять местные сельскохозяйственные отходы для получения нового композиционного материала по определенному составу и свойствами.

Микроструктуру композита исследовали стереометрическим методом оценки в оптических микроскопах, что позволило разработать композиционный безцементный материал из РГЗЦК с полимерными добавками.

Для определения пространственного расположения и объемных долей структурных составляющих достаточно исследований продольных и поперечных сечений [83].

Шлифы для микроскопических исследований готовились после пропитки образцов парафином, чтобы не было выкрашивания и сдвига частиц. Микрофотография шлифа, протравленная парафином, представлена на рис. 3.3.

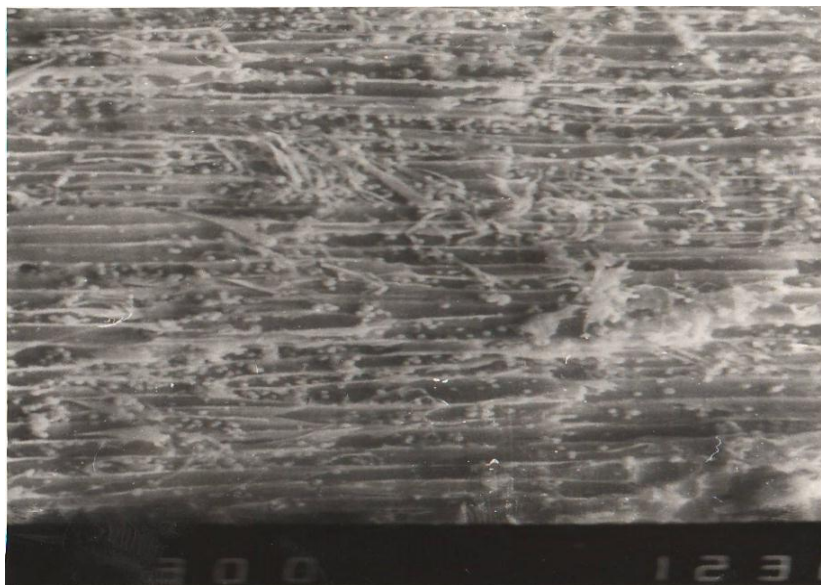


Рисунок 3.3 - Микрофотография шлифа протравленная парафином вдоль ориентации частиц заполнителя (увеличена в 300 раз)

Для определения объемных долей структурных составляющих применен точечный метод по А.А. Глаголевой [83]. Представленный метод хорошо подходит в применении подсчета в поле зрения микроскопа с помощью окуляра с сеткой.

Повышение показателя объектива микроскопа необходимо установить так, чтобы размеры частиц структурных составляющих были не меньше расстояния между узлами сетки.

Схема определения объемных долей фаз наполнителя с использованием точечного метода приведена на рис. 3.4.

Так как число структурных составляющих больше двух, подсчитывали отдельно числа узловых точек, попавших на каждую из составляющих в

отдельности, Эти числа, отнесенные к их сумме, покажут объемную долю каждой из структурных составляющих наполнителя.

Точность полученного при точечном анализе результата обусловлена общим числом использованных точек и зависит от объемной доли структурной составляющей в композите.

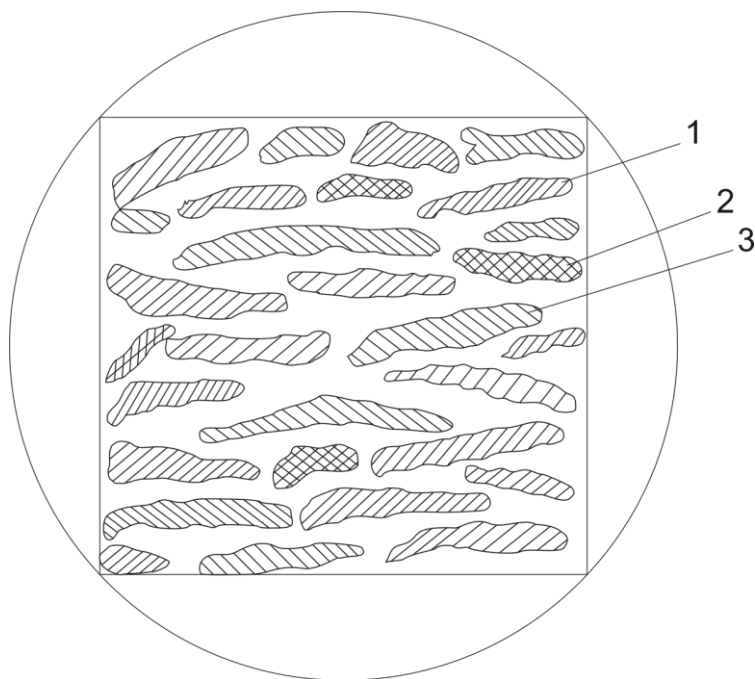


Рисунок 3.4 - Схема определения объемных долей фаз наполнителя точечным методом: 1,2 – частицы соломы разной фракции; 3 – мельчайшая фракция частиц

Характер разрушения и структуры поверхности излома поризованного арболита исследована в институте физики НАН КР с помощью применения растрово-электронного микроскопа (РЭМ) В- 301.

При исследовании неэлектропроводных материалов, каким является поризованный арболит, весьма важно выявить однородное распределение частиц наполнителя по всей толщине образца, чтобы обеспечить максимальный контакт частиц и лубяного волокна. Аналогии поверхности излома плит и довольно однородная структура дана на рис 3.5.

В соответствии с рисунками 3.3 и 3.5. структура шлифа просмотрена в полях зрения с использованием окулярной сетки с 25-ю узловыми точками.

Общее число использованных точек равно $60 \times 20 = 1200$. Из них 707 точек попали на 1-ю структурную составляющую – солому фракции 10/7. Следовательно, искомая объемная доля этой составляющей равна: $707:1200 = 0,83$ или 83,3 % по объему наполнителя. 130 точек попали на 2-ю структурную составляющую (фр.10/5), следовательно искомая объемная доля этой составляющей равна: $130:1200 = 0,10$ или 10 % по объему.



Рисунок 3.5 - Поверхность излома арболита плотностью 650 кг/м^3 , травление серебром (увеличена в 300раз)

84 точки попали на 3-ю структурную составляющую. Следовательно, искомая объемная доля этой составляющей равна : $84:1200 = 0,07$ или 7% по объему.

Используя справочные таблицы по Глаголевой, примем T равное 0,674. Тогда вероятная абсолютная погрешность анализа (в долях площади шлифа):

$$E = 0,674 * 0,83 * (1 - 0,83) / 1200 = 0,0079;$$

$$E = 0,674 * 0,10 * (1 - 0,10) / 1200 = 0,0051;$$

$$E = 0,674 * 0,07 * (1 - 0,07) / 1200 = 0,0037.$$

Таким образом, первая структурная составляющая будет в пределах 0,83-0,0079 (доверительная вероятность 0,4). Для второй структурной

составляющей, объемная доля состоит в пределах 0.10 – 0.0051 с вероятностью – 0,49 включая относительную погрешность, равной 3.2 %. А для третьей структурной составляющей, объемная доля состоит в пределах 0,07-0,0037 с вероятностью – 0,33 включая относительную погрешность, равной 5.1 %.

Микрофотография шлифа различным объемом составляющих наполнителя представлена на рис. 3.6 .



Рисунок 3.6 - Микрофотография шлифа вдоль ориентации частиц наполнителя (увеличена в 300 раз) при содержании фракции:

1-82 %; 2 – 12 %; 3 – 6 %

Микрофотографии шлифов образцов плит с разным объемом, составляющих наполнителя с окраской каждого вида наполнителя в яркий цвет и протравленных парафином вдоль ориентации частиц наполнителя, а также в поперечном разрезе даны на рис. 3.7. и 3.8.



Рисунок 3.7 - Микрофотография шлифа образца арболита с окраской каждого вида наполнителя вдоль ориентации частиц



Рисунок 3.8 - Микрофотография шлифа образца арболита с окраской каждого вида наполнителя в поперечном разрезе

На представленной микрофотографии (рис. 3.7) структуры образца в продольном разрезе четко видны частицы 1, 2, 3, окрашенные в разные цвета.

На микрофотография шлифа в поперечном разрезе (рис. 3.7) образца, можно видеть доли структурных составляющих в объемном соотношении. Хорошо видна их равномерная ориентация и запрессованность в разрезе.

Таким образом, с помощью РЭМ для фотографирования микрошлифов с числом трех структурных составляющих наполнителя композиционного материала, мы определили оптимальные объемные доли каждой составляющей в структуре композита.

На микрофотографиях изломов образцов отчетливо видна однородность расположения частиц, что обусловлено хорошей смешиваемостью со связующим в композите.

Так, на рис. 3.9 и 3.10. достаточно хорошо представлено равномерное и плотное прилегание частиц друг к другу с включением клеевого связующего, обеспечивающего равномерность адгезии к поверхности наполнителя.

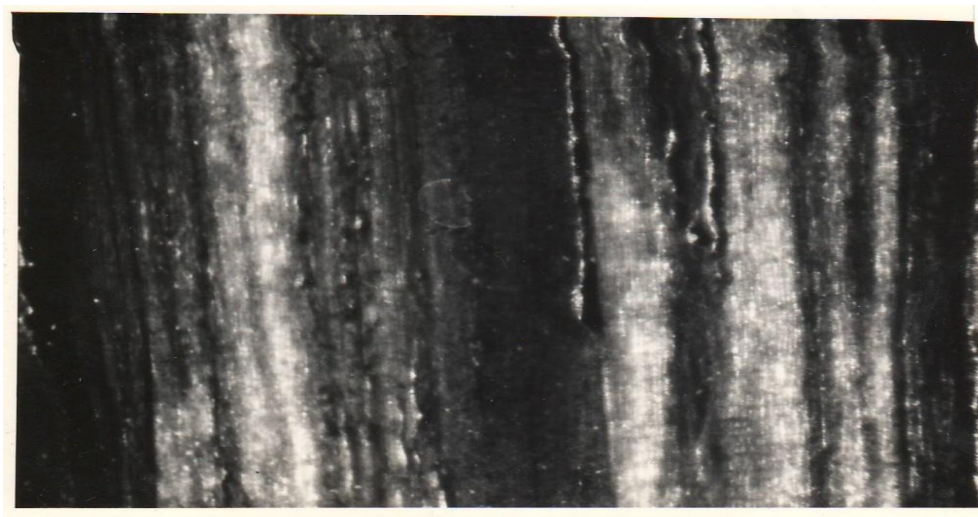


Рисунок 3.9 - Поверхность «излома» образца арболита с ориентацией частиц в продольном направлении (увеличена в 1000 раз)

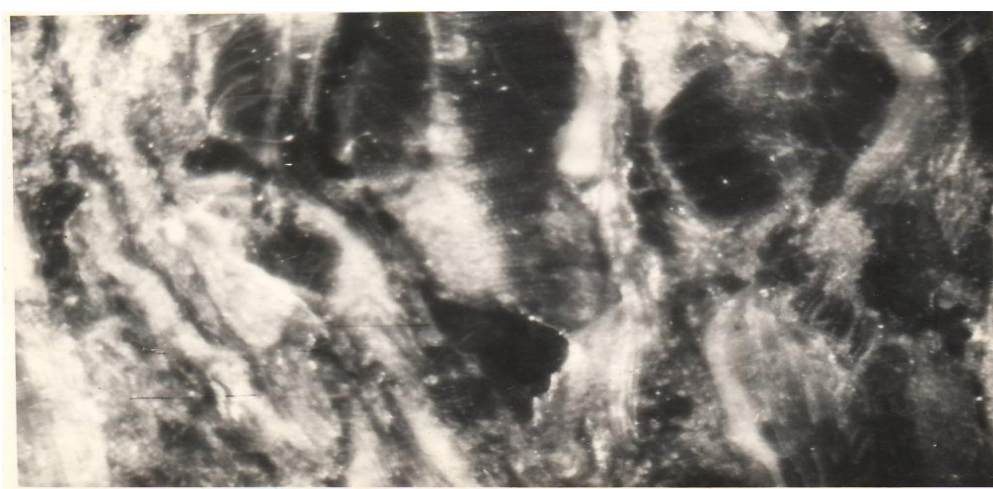


Рисунок 3.10 - Поверхность «излома» образца арболита $P = 650 \text{ кг/м}^3$ с ориентацией частиц в поперечном направлении (увеличена в 1000 раз)

На рис. 3.11. представлена довольно однородная структура и хорошо просматривается эффект склеивания и пропитки материалов наполнителя ПСД, т.е. видно, что часть клеевой пленки оторвалась, а большая осталась. Это указывает на то, что адгезионные свойства улучшаются за счет пропитки частиц через поры.



Рисунок 3.11 - Поверхность «излома» образца арболита с крупными порами между частицами (увеличена в 1000 раз)

На фотографии (рис. 3.12) отчетливо видно заполнение пор мелкими частичками (шариками), что благотворно влияет на прочность материала.



Рисунок 3.12 - Поверхность «среза» образца арболита с мелкими частицами – шариками (увеличена в 1000 раз)

3.4. Исследование адгезии и контактной зоны в структуре модифицированного арболита

Особые свойства композиционных материалов обусловлены, в первую очередь, адгезионным взаимодействием связующего с дисперсным наполнителем. При отсутствии такой адгезии компоненты материала образуют механическую смесь и проявляют независимые друг от друга индивидуальные свойства.

Создание эффективных композиционных материалов связано с проблемой управления адгезионным взаимодействием компонентов. При этом контакт можно увеличивать или ограничивать в зависимости от требуемых свойств композита за счет различных примесей, присадок, модификаторов и смачивающих поверхностно активных веществ.

Основную роль в адгезионном взаимодействии играет смачивание [269].

Согласно теоретическим расчетам общая работа адгезии (сил прилипания) и когезии (сил внутреннего сцепления) выражается уравнением:

$$\alpha_0 = \gamma_m(3 + \cos\varphi),$$

где α_0 – суммарная работа сил адгезии и когезии связующего;

γ_m – поверхностное натяжение связующего по отношению к воздуху;

φ – краевой угол смачивания поверхности.

Приведенное уравнение выражает обобщенно прочность композита как производное сил адгезии. Оно показывает, что снижение γ_m и φ путем введения различных модификаторов или технологическими приемами однозначно приводит к увеличению общей работы α_0 , затрачиваемой на разрушение [203, 206, 232, 270].

Число параметров, характеризующих равновесное состояние композиции, равно трем: это абсолютная температура T , поверхность наполнителя, отнесенная к единице объема композита S , и концентрация полимера в единице объема n_p . Параметры T и S легко управляемы, а изменение n_p практически не

контролируется, что объясняется непредвиденным самопроизвольным перераспределением концентрации полимера в композите при самоорганизации структуры. В кластерах она становится выше, чем в объеме полимера, вследствие его ориентационной упорядоченности.

При постоянных T и S число степеней свободы F композитной системы в равновесном состоянии составляет:

$$F = C - R + 1$$

где C – число компонентов (полимер, наполнитель, воздушные включения),

R – число фаз (твердая, жидкая, газообразная).

Таким образом, при фиксированных термодинамических параметрах композитная система всегда имеет одну степень свободы. Это концентрация полимера n_p . От концентрации полимера зависит прочность всего композита. В то же время она зависит и от дисперсности наполнителя при постоянном его массовом содержании. Зависимость носит экстремальный характер (рис. 3.13). При этом снижение прочности по мере увеличения размеров частиц наполнителя связано с уменьшением общей удельной поверхности и, соответственно, суммы сил адгезии.

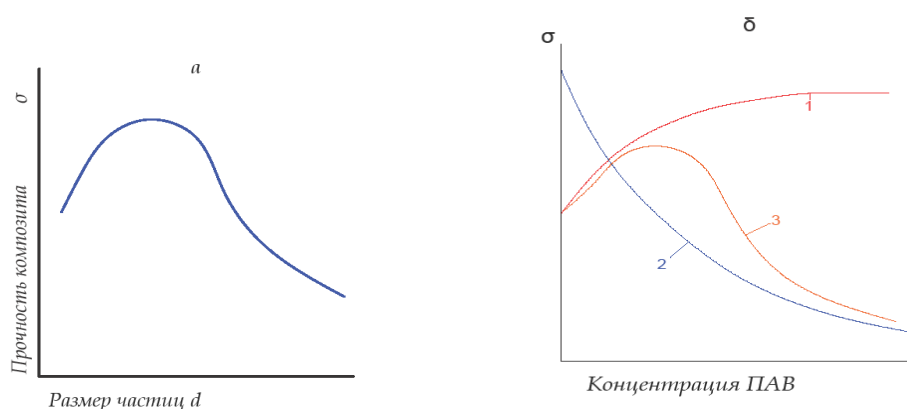


Рисунок 3.13 - Зависимость прочности композиционных материалов от среднего размера частиц наполнителя (a) и от концентрации поверхностно-активных веществ в системе (b). 1- зависимость при малых концентрациях; 2- при оптимальных; 3 – при избыточных

Обработка наполнителя поверхностно-активным веществом (ПАВ) понижает термодинамический потенциал системы, уменьшает поверхностное напряжение наполнителя и тем самым способствует повышению прочности композита [314, 315]. Действие ПАВ на прочность связи полимера с наполнителем объясняется эффективной передачей внешнего усилия на все частицы наполнителя через границу раздела фаз. Это происходит из-за увеличения контактирующей площади между компонентами, а более полное смачивание поверхности наполнителя образует больше слоев связующего. Тем самым способствуя лучшей деформации без разрушения.

Взаимодействие полимера и наполнителя через прослойку ПАВ может происходить за счет множества слабых физико-химических связей типа ван-дер-ваальсовых и за счет редких, но прочных химических связей макромолекул с наполнителем.

В результате сложения этих сил в неравной пропорции между физическими и химическими общая прочность связи материала в целом повышается. Химические связи образуются при реакции ПАВ с активными группами наполнителя, а физические, преимущественно водородные при наличии гидроксильных групп. Возможно также образование небольшого числа ковалентных связей [314, 316].

Влияние концентрации ПАВ, как и степени наполнения на прочность композитов имеет экстремальный характер (рис. 3.13, а). При малой концентрации ПАВ в системе образуются коагуляционные сетчатые структуры, повышающие прочность (рис. 3.13, б, кривая 1), а при его избытке частицы наполнителя полностью блокируются слоями. ПАВ и коагуляционные структуры перестают взаимодействовать и прочность композита падает (рис. 3.13, б, кривая 2).

Полученный композит на основе РВК с ПСД обладает достаточно высокой прочностью и влагостойкостью. Однако для получения облегченного арболита в композит была введена зола-уноса Бишкекской ТЭЦ. Как известно,

здания и сооружения из легковесных материалов и конструкции являются сейсмостойкими. Кроме того решаются вопросы утилизации [232].

В основы научной концепции создания композиционного гипсозольного вяжущего является соотношение составляющих с оптимальными свойствами, обеспечивая долговечность и обладающими фракцией определенной тонкостью помола, что определяет водопотребность композиции, плотность и заданные свойства композита с учетом введения гидрофобных добавок. [206, 135, 132].

Ввод тонкодисперсной золы в гипсовое вяжущее создает однородную гомогенную смесь нескольких компонентов. А модифицирование гипсового вяжущего пластифицирующими добавками способствует быстрому набору прочности, долговечности, влагостойкости и др. показателя композита. Исходные компоненты должны быть доступны, надежны, дешевы и частично или полностью заменены побочными продуктами или отходами промышленности, что одновременно будет способствовать улучшению экологических факторов.

При введении в сырьевую композицию специальных добавок пористых и пластифицирующих полимерных и неорганических – жидкого стекла – обеспечивает снижение теплопроводности арболита ($0,08 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), а также существенно повышает деформативность арболита, что позволяет значительно снизить демпферный эффект и внутренние напряжения в материале для стеновых блоков.

В ходе исследований установлено, что обогащение заполнителя (солома) полимерсиликатно-пластифицирующей смесью приводит к его прочному контакту с гипсозольным вяжущим. Прочность арболита увеличивается до 5 МПа с морозостойкостью до 35-40 циклов.

Были проведены ряд исследований, посвященных повышению качества материала-арболита с помощью введения полимерно-пластифицирующих модификаторов в смесь, целью которой является получить оптимальную структуру включая совершенствование процессов гидратации [74, 152].

Катализатор вместе с водостойкой мало концентрированной полимерной смолой «СФЖ-3066» подвергаются процессу поликонденсации, где образуются полимеризованные частицы. В связи с чем для качественного протекания процессов полноценной полимеризации композита, необходимо провести подбор режима твердения, где сроки схватывания золы с гипсом и времени для полимеризации смолы «СФЖ-3066» протекали бы одновременно.

Предварительная обработка сечки соломы раствором полимерной смолы обуславливает влиянию дипольности гидроксильных групп органозаполнителя.

Дипольные молекулы полимера пропитываясь в стенки клеток, объединяются с гидроксильными свободными группами целлюлозы, что приводит к снижению влажностных деформаций сечки соломы [313, 317, 340, 347, 353].

Так, к наполненным органо-полимерсиликатным системам с пластифицирующими добавками применяется основное требование теории композитов на полимерных связующих. Последние значительно увеличивают адгезионную прочность заполнителя.

Механическая активация соломы методом измельчения способствует образованию реакционно способных участков в новообразованных поверхностях. А адсорбция связующего, как известно, наиболее действенно протекает на этих местах. Поэтому дальнейшие новообразования, трансформирующие структуры граничного слоя могут изменять или совсем разрушать надмолекулярные формы.

Ряд работ посвящены применению золощелочных вяжущих в производстве арболита [111, 118, 120, 125, 134]. Введение высококальциевой золы-уноса в состав вяжущих значительно повышает прочность композиционных материалов. В нашей же работе применяли золу-уноса Бишкекского ТЭЦ (БТЭЦ), характеристики которой приведены в разделе 2.1.

Много работ посвящены золе БТЭЦ и ее применению в строительном материаловедении [87, 95, 97, 104, 111, 119]. В отличие от проведенных работ,

нами была исследована возможность получения золощелочных вяжущих с использованием золы БТЭЦ в лаборатории кафедры «ПЭСМиК» КГУСТА.

В приготовлении золощелочных композиций, в качестве структурообразующих компонентов выбран щелочной состав. В зависимости от вещественного состава и физико-химической активности пылевидной золы выбран рациональный состав золы для активации вяжущего.

Для использования зол БТЭЦ в качестве вяжущих необходимо пластифицировать их связующими добавками. В качестве связующих добавок к исследуемым золам БТЭЦ были взяты суглинки месторождения Толойкон с большим содержанием глинистых фракций.

По отношению к сульфатам, высокая активность характерна для всех силикатно-алюминатных систем. При добавлении к вяжущей композиции полимерсиликатных добавок и катализатора можно отметить процесс изменения характера новообразований (рис. 3.6 - 3.12). В данном процессе также можно пронаблюдать следующее: глобулы и кристаллы уплотняются, появляются сростки кристаллов и арагонита в гармошкообразной форме, гидросульфоалюмината и армирующие их иголки гипса.

Зола с относительно высоким содержанием глинозема и кремнезема особенно чувствительна к добавкам сульфата в виде гипса, который после обменной реакции превращается в активный гипс в состоянии молекулярной дисперсности.

Предварительное обогащение стекловидной фазой зологипсовых вяжущих приводит к повышению новообразований сначала в коллоидной, далее в кристаллической структуре материала. В процессе реагирования в щелочной среде с активной частью золы должны участвовать вещества, содержащие стеклофазу.

Вследствии, становится очевидным что переход с процесса фазовой активизации в режим твердения при участии кристаллических новообразований способствует обеспечить получение искусственного камня на основе золы и гипса включая добавки вяжущих. Микроструктура полученного

(искусственного) камня должна содержать армирующие и дендритные формы и быть тонкокристаллической по возможности.

Хранение при комнатной температуре в умеренно-нормальной влажности ПСГЗЩВ, активированного цементом (4-5 %), глиногипсом (2 %) и натриевым жидким стеклом достигает высокую гидратацию камня с упрочнением образцов.

Таким образом, проведенные электронно-микроскопические исследования позволили выявить характер новообразований при различных способах активации низкокальциевой золы с гипсом. Установлено, что использование при активации более высокоосновных материалов с щелочным компонентом приводит к образованию довольно прочного сростка, т.е. из зол малоизвестковых и гипса создает возможность получить гипсо-зольнощелочных вяжущих. Активность гипсощелочных вяжущих при использовании в качестве добавки портландцементного клинкера выше, чем при активации их известью.

Гидраты окиси, кремния, железа и алюминия, оседающиеся на поверхностях зерен являются продуктами гидратации малоизвестковых зол. Пленка из кристаллов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выпавших из водного раствора образуется на поверхности зольных частиц в процессе взаимодействия золы с минералом клинкера. Далее образуются слои воды между поверхностью частиц золы и пленкой, которые продолжительное время еще активны. Прослойки воды постепенно заполняются в процессе реакции Ca^{+2} , которые диффундируются через слой воды включая растворимые компоненты стекловидной части золы [21, 22, 32, 36].

Повышение количества ПЦК в составе гипсощелочных вяжущих нецелесообразно., так как при более высоком содержании ПЦК в составе вяжущего может проявиться воздействие экстрактивных веществ органического заполнителя на процесс твердения, так как разрабатываемые вяжущие предназначены для применения их в органо-полимерминеральных композитах.

Кроме того, повышение количества ПЦК в составе вяжущего ощутимо скажется на себестоимости продукции, так как ПЦК – дорогостоящий продукт.

Арболит рассматривается как крупнопористый композит с контактирующей структурой. Основываясь на закономерности образования искусственных строительных материалов и учитывая специфические особенности наполнителя из сечки соломы, влияющие на структурообразование, прочность и стойкость арболита, необходимо изучить адгезионное взаимодействие в конгломерате композита [62, 78, 89, 118, 133].

Для обеспечения контакта клея (связующего) с поверхностью сечки соломы, при котором между ними появляются силы взаимодействия, клей должен обладать хорошей смачивающей способностью. Хорошее смачивание адгезивом (клеем) поверхности субстрата – уменьшает свободную энергию на границе раздела фаз твердой и жидкой. Адгезионная прочность (W_a), которую надо затратить для отрыва жидкости от поверхности заполнителя (твердого), т.е. для восстановления исходного состояния контактируемых «тел». Контакт жидкости с твердой поверхностью выполняется по поверхности неравномерно, адгезию композита нужно относить к единице площади контакта.

На обработанной модификаторами поверхности частицы соломы пшеницы, модифицированные полимерные гели распределяются на небольшую глубину, после чего происходит сложное взаимодействие между жидкой и твердой фазой. Ослабленное адгезионное взаимодействие переходит в когезионное. Взаимодействие жидкости с частицами компонента для разъединения контактирующих тел определяется работой (W), рассчитываемой по формуле:

$$W = W_a \cdot S. \quad (3.30)$$

где W_a – работа адгезии, S – площадь *соприкосновения с твердым телом*.

Практически применить уравнение (3.30) к определению работы не представляется возможным, т.к. пока нет еще методики твердых тел по ее

определению.

На рис. 3.14 дана схема, для установления зависимости поверхностного натяжения жидкого клея от различного объема капли краевого угла клея « Q ».

Термодинамическими величинами, характеризующими контактирование фаз, участвующих в смачивании, являются: $\sigma_{жг}$, $\sigma_{тж}$, $\sigma_{тг}$, - соответственно поверхностные натяжения на границе раздела фаз (Ж, Т и Г).

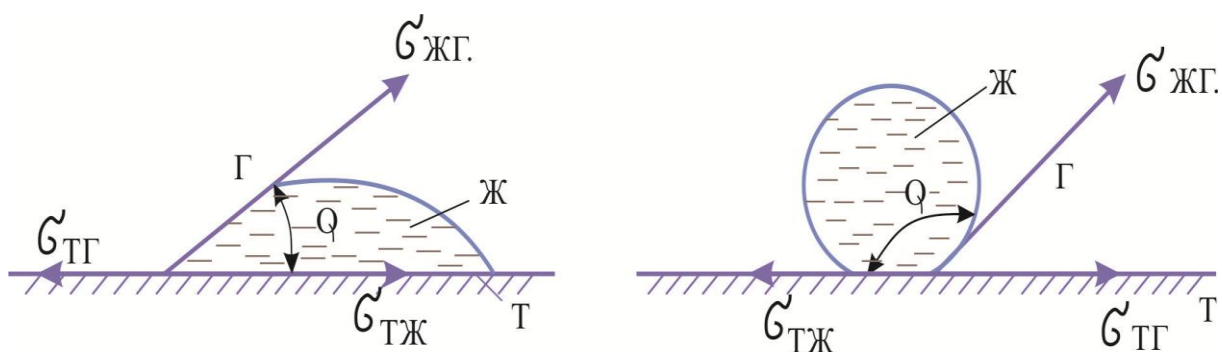


Рисунок 3.14 - Объем клея (Ж), нанесенного на поверхность твердой частицы (Т) на границе раздела (Г)

Зависимость натяжения краевого угла Q от поверхностных Ж.Т.Г. на границе фаз, при смачивании представлена уравнением Юнга:

$$\cos Q = \frac{\sigma_{тг} - \sigma_{тж}}{\sigma_{жг}}, \quad (3.31)$$

Работа же адгезии вычисляется по уравнению (3.32), используя косвенный путь

$$W_a = \sigma_{жг} (1 + \cos Q), \quad (3.32)$$

где $\sigma_{жг}$ – поверхностное натяжение жидкого клея; Q – краевой угол.

Как известно, на взаимодействие любых тел действуют силы молекулярного притяжения. Поэтому работа адгезии имеет положительный

знак. И при определении равновесного краевого угла чаще ограничиваются использованием только адгезионной работой W_a или:

$$\cos Q = \frac{(W_a - \sigma_{жг})}{\sigma_{жг}}; \quad (3.33)$$

Преимущество уравнения (3.33) состоит в том, что входящие в него величины можно измерять экспериментально следующими методами: вибрационным центробежным, ударным или импульсивным, лазерным и т. д., а также различными теоретическими методами.

При выполнении исследований нами применен центробежный метод, который основан на отрыве частиц при вращении испытываемого образца вокруг вертикальной или горизонтальной оси. Этот метод доступен и прост в обращении и позволяет быстро получить экспериментальные результаты.

Из курса физики известно, что величина силы, необходимая для того, чтобы тело “ m ” равномерно двигалось со скоростью по окружности радиуса R , которая определяется по второму закону Ньютона:

$$F = \frac{m \cdot V^2}{R} \quad (3.34)$$

Силы при вращательном движении нередко выражают через угловую скорость. Поэтому

$$F = m \cdot a = m \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (3.35)$$

где m – масса тела; ω – угловая скорость; R – радиус вращения.

Но, как известно масса частиц равна произведению объема частиц на его объемный вес, т.е.:

$$m = \rho \cdot v.$$

Заменяя $R=x$ – расстояние от частиц до оси вращения получим формулу для определения силы отрыва при адгезии:

$$F_{отр} = V \cdot P \cdot w^2 \cdot x, \quad (3.36)$$

$$w = \frac{2\pi \cdot n}{60}, \quad (3.37)$$

где n - число оборотов ротора в центрифуге ОС-6М в минуту.

При центробежном методе достигается высокая точность результатов, быстродействие обеспечивается одновременным измерением большого числа частиц с привлечением методов статистики.

Достоверность центробежного метода определяется точностью замера диаметра частиц, определения числа оборотов центрифуги:

$$\frac{\Delta F}{F} \cdot 100\% = \left(3 \frac{\Delta d}{d} + 2 \frac{\Delta n}{n} \right) \cdot 100\%, \quad (3.38)$$

где Δd , Δn – значения диаметра частиц и числа оборотов центрифуги.

В эксперименте использована центрифуга ОС – 6М. Для исследований был изготовлен патрон – кювета (рис. 3.15.), состоящий из 3-х частей: полого цилиндра 1 и двух деталей 2 и 3. Пластинки образцов арболита размером 10x10x2 мм, подвергаемые испытанию 4, устанавливаются на подложку кюветы и закрепляются болтами на детали 2. В рабочем положении патрон – кювета показан на рис. 3.15, б. Затем патрон – кювета устанавливается на центрифугу, постепенно разгоняя центрифугу до определенного числа оборотов и определенного времени. Результаты испытаний образцов приведены в табл. 3.2 и 3.3.

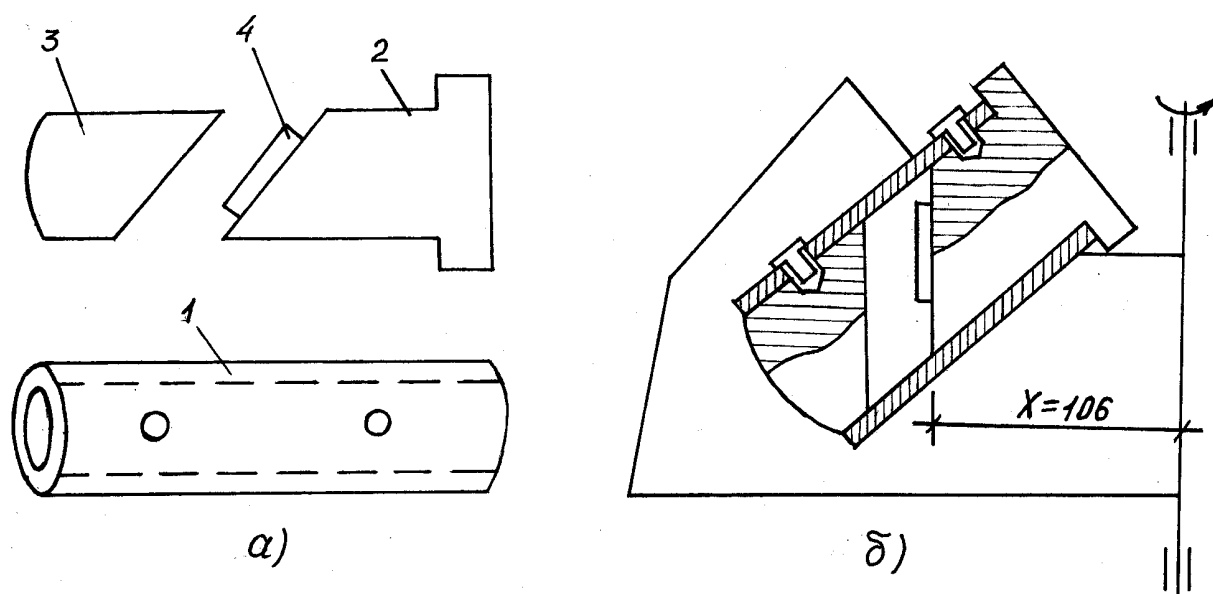


Рисунок 3.15 - Патрон – кювета для измерения сил адгезии центробежным методом: 1 – полый цилиндр; 2 – деталь 1; 3 – деталь 2

По результатам испытаний были определены силы отрыва по формуле (3.36). Среднестатистическая величина силы отрыва составила – 177 Н.

Надежность сцепления наполнителя в композите из соломы на границе «раздела» (Ж, Т и Г) характеризуется способностью частиц соломы сопротивляться действию касательных напряжений (τ), т.е. адгезионной прочности клеевого шва на границе раздела. Создание условий «чистого сдвига» рабочей части контактов сопряжено со значительными трудностями установления предельных значений касательных напряжений в технике эксперимента. Нами были выполнены простые испытания по стандартной методике (ГОСТ 15613.1, группа К 29) образцов на сдвиг, т.е. скалывание вдоль ориентации волокон на границе «раздела».

Получаемая адгезионная прочность при испытании образцов может быть принята как усредненная величина сцепления частиц наполнителя. Результаты испытаний и вид адгезионного отрыва соединения приведены в таблице 3.2.

Проведенные эксперименты показали (табл. 3.2), что величина деформации растяжения при отрыве (до момента разрушения)

пропорциональна отрывающему усилию.

Таблица 3.2. - Характеристика исследуемых образцов

Модификат-ры	Площадь, мм ²	Масса, гр.	Плотность
10	18,65	0,137	Плотность образцов принята 600-650 кг/м ³
10	18,95	0,136	
10	18,55	0,130	
8	17,45	0,129	
8	17,59	0,128	
10	18,61	0,135	
10	18,51	0,135	
12	19,35	0,135	
12	19,66	0,137	
12	19,53	0,137	

Таблица 3.3. - Характер адгезионного отрыва частиц соединения (направление склеиваемых поверхностей тангенциальное)

Модификаторы	Площадь склеиваемой поверхности, %	Отрывающее усилие, Н	Величина предельной растяжимости адгезионного соединения, мкм	Адгезионная прочность, МПа	Характер отрыва адгезионного соединения
2	78-80	195	37	0,338	Смешанный
4	78-82	197	39	0,341	Адгезионный
6	59-72	172	32	0,318	Смешанный
8	52-70	168	28	0,294	Адгезионный
10	70-80	186	36	0,325	Когезионный

Адгезионная прочность находится в прямой зависимости от площади

склеиваемой поверхности и толщины полимерной прослойки (до 0,15 мм).

Для повышения сцепления заполнителя (сечки соломы) с полимером наиболее эффективным оказывается введение модификаторов, которые более полярны.

Полученные данные табл. 3.3 подтверждают результативность эксперимента и соответствие показателей адгезионной прочности арболита аналоговым композитам.

3.5. Анализ кинетики твердения и взаимодействия компонентов в органоминеральной полимерсиликатной композиции арболита

Увеличение адгезионного эффекта между компонентами в композиции и их контактной зоны повышает прочность арболитового материала на основе полимеров. Адгезия также обуславливает повышение эластичности в клеевых швах которые за счет деформаций структурных элементов компенсируют объемные деформации [161, 163, 182, 185, 216, 261, 283].

Органические (солома) и минеральные компоненты (жидкое стекло, полимернопластифицирующие добавки), содержащиеся в вяжущем (гипс, зола, глиногипс, ПЦК) твердеют по разным механизмам с различной скоростью твердения. Кроме того, взаимодействие этих компонентов с наполнителем существенно различно. Процесс твердения жидкого стекла с полимерными добавками является основным, формирующим структуру композита.

Известно, что процесс твердения жидкого стекла происходит в течение нескольких часов, а иногда доходит и до суток. Твердение обусловлено высыханием и выделением аморфного кремнезема под действием содержащегося в воздухе углекислого газа:



Образуется гель, уплотняющийся по мере удаления влаги. Бутадиенстирольный латекс твердеет по схеме отсасывания влаги (водной фазы) пористой поверхностью, в результате чего сближаются и слипаются мелкие частицы (шарики) полимерсиликатных добавок (ПСД) в течение 0,5 до 1,5 часа. При этом образуются эластичные межзерновые прослойки, поэтому данный процесс не может быть твердением.

Для определения кинетики набора прочности, проводились испытания образцов-кубиков с размерами 2x2x2 см на сжатие, которые были отформованы в решетчатой форме из полиэтилена.

Введение в составы образцов арболитовой полимерной смеси СФЖ-3066 совместно с жидким натриевым стеклом в соотношении 1,0:0,6 (при общем количестве фенолформальдегидной смолы 8-12 %) способствует образованию весьма прочных связей полимера с целлюлозой, содержащейся в соломе. Так как поверхность их контакта весьма значительна, то адгезионные силы начинают оказывать существенное влияние на характер поведения полимерсиликатной композиции при различных внешних воздействия [278, 297, 311]. Все это обуславливает повышение прочности арболита на сжатие и снижение водопоглощения. На гистограммах представлено влияние ПСД и жидкого стекла на прочность (рис. 3.16, а) и водопоглощение (рис. 3.16, б) арболитовых образцов.

Полученные результаты показывают, что по мере увеличения добавки ПСД до 12% увеличивается прочность арболита до 5 МПа. А при дальнейшем увеличении добавки прочность снижается. Значения водопоглощения при этом уменьшаются по мере увеличения добавки, что свидетельствует об уменьшении или частичном исчезновении пор. Это связано с тем, что частицы гипса, проникая в поры сечки соломы, кольматируют их. И, как следствие, увеличивается прочность арболита.

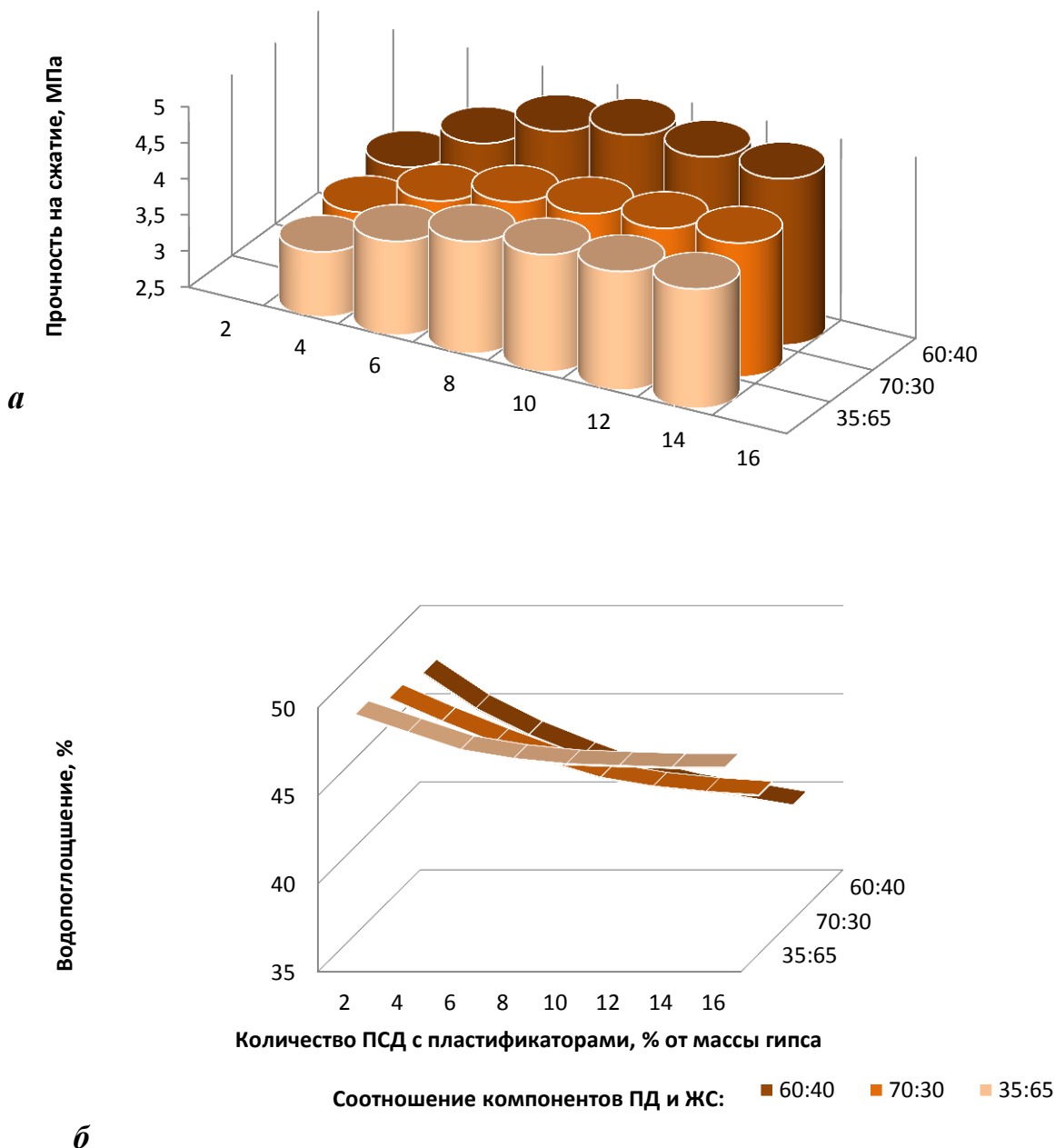


Рисунок 3.16 - Факторы, влияющие на прочность (а) и водопоглощение (б) образцов арболита при нормальном режиме твердения при различном содержании полимерных добавок и жидкого стекла ПСД (при различном их соотношении)

Основную роль в повышении адгезионной прочности в полимерной композиции играет малоцентрированная смола СФЖ - с полярной структурой. При добавке СФЖ-3066 в количестве 8-10 % от массы гипса, достигается максимальная прочность образцов арболита из соломы.

Значительно улучшают деформационные свойства наполняемых материалов, обладают высокой коррозионной стойкостью и хорошими адгезионными свойствами. Благодаря активному взаимодействию со связующими наполненные частицами соломы композиции стойки к действию воды.

Наполнители являются регуляторами основных свойств композиционных материалов, обеспечивающих взаимодействия в структуре, [41]. В данной исследуемой структуре, регулятором выступает солома – органический наполнитель. Его предварительная обработка малоцентрированной СФЖ-3066 создает устойчивую прочную пленку, обладающую высокой адгезией к частицам соломы и гипсозолощелочному вяжущему.

На процесс твердения каталитически влияет содержание кислоты в доле 0,3% в СФЖ-3066, которая систематизируется щелочной композицией – жидким стеклом [278]. На кинетику твердения щелочной композиции влияют взаимодействия, образующиеся при контакте связующего с наполнителем.

Главный технологический процесс – это время приготовления смеси до момента потери его технологической пригодности, являющиеся кинетикой твердения гипсозолосодержащего вяжущего, определяющего жизнеспособность смеси. Изменение вязкости смеси определялось при различном соотношении компонентов для исследования его жизнеспособности.

Результатами экспериментов показали, что модифицирование добавок способствует набуханию частиц, что обусловило улучшение водостойкости арболитового материала, а также повышение прочности при сжатии и эластичность проклеенных швов. При сравнении с арболитовым материалов без введения полимеров в растительном наполнителе прочность снижается. Это происходит за счет влажностных деформаций, приводящих к деструкционным процессам.

В работе предложен эффективный способ подготовки органо-наполнителя (сечки соломы):

- обработка гладкой поверхности заполнителя, путем предварительного смачивания с жидким стеклом;

- введение в состав обработанного заполнителя полимерно-пластифицирующую добавку;

- смешивание его с вяжущими гипсом, золой, ГГ, ПЦК;

В результате минерализации, открытые поры заполнителя кольматируются и обеспечивается высокая адгезионная прочность защитной пленки и органического заполнителя.

Учитывая, что в составе гипсового вяжущего имеются различные примеси, чувствительные к химически активным компонентам, в т.ч. и золы, соответственно эти факторы оказывают влияние на реологические и структурно-механические свойства материала и процессов его твердения. Экспериментальные сравнительные данные влияния ПСД и замедлителей схватывания (для гипса) на сроки твердения ГЗЩВ на основе соломы приведены на рис. 3.17.

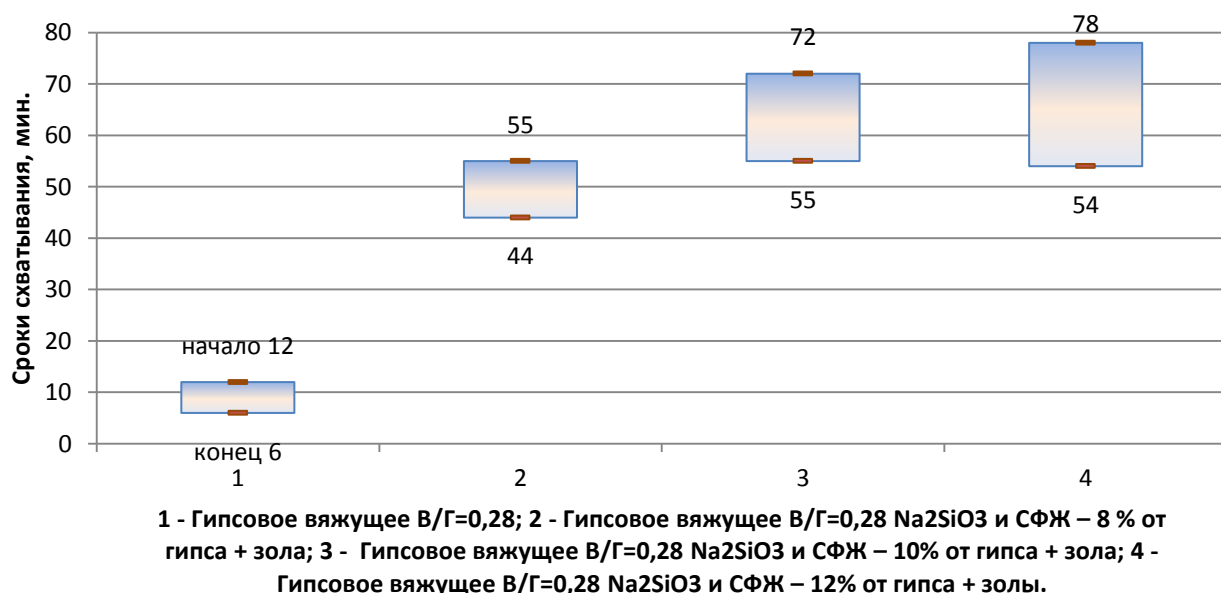


Рисунок 3.17 - Влияние ПСД и замедлителей на сроки схватывания ГЗЩВ

Как было ранее отмечено, смола СФЖ при твердении композита в присутствии катализатора более подвержена процессам поликонденсации.

Поэтому необходимо было подобрать такой режим твердения, при котором сроки схватывания гипсозольного вяжущего и полимерсиликатных добавок (ПСД) СФЖ-3066 + Na_2SiO_3 совпадали. Это обеспечит заданную адгезионную прочность составляющих с учетом структурообразующих факторов материала.

Таким образом, кинетику структурирования и твердения определяет преимущественно ПСД регулируемое гидролизным лигнином и реакциями в щелочной среде ГЗЩВ.

В отличие от цементных гидравлических вяжущих, кинетика твердения, которых определяется степенью гидратации, т.е. количеством вещества, прореагировавшего с водой, кинетика твердения воздушных гипсозолощелочных вяжущих характеризуется более сложными химическими превращениями. Это реакции гелеобразования и перехода геля в нерастворимое состояние.

Экспериментально кинетику твердения композиции из ГЗЩВ определяли наиболее распространенным методом – глубиной погружения конуса СтройЦНИЛ и пенетрацией (измерение иглой пенетрометра, мм) иглы на приборе «Вика». Согласно показаний прибора, твердение продолжается дольше, чем это определяется погружение конуса, т.к. игла погружается даже в тот период, когда состав уже начал набирать механическую прочность. Поэтому реально сроком схватывания следует считать нефиксированный момент времени, а некоторый интервал, примерно от 2 до 4 ч., в котором материал переходит от пластического к структурированному состоянию.

Испытания контрольных образцов показали особенность твердения полимерсиликатного ГЗЩВ в отличие от многих цементных гидравлических вяжущих, а именно: если в переходный период (переход геля в нерастворимое состояние) масса по показаниям конуса СтройЦНИЛ (табл. 3.3) еще может раздвигаться, то по показаниям на сжатие кубиков уже имеет достаточную механическую прочность. Таким образом кинетика твердения вяжущей части ГЗЩВ определяется изменением концентрации исходного, промежуточного (ионный раствор) и конечного веществ, участвующих в химических реакциях.

Эти физико-химические процессы свидетельствуют об экспоненциальном характере расходования веществ для структурирования системы и обратном по знаку экспоненциальном накоплении конечного вещества, обеспечивающего твердение композиции для получения атмосферостойкого арболита [283, 163, 182, 220].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 3

1. Получены и рассмотрены теоретические зависимости уравнений динамики вязкопластической самоорганизующей среды массы из РГЗК, находящейся в условиях плоской деформации и предложены упрощенные методы их решения с приближением к реальным условиям структурообразования высокопористой композиции.

2. На основании термодинамического анализа структуры поризованного арболита установлено влияние дисперсности целлюлозосодержащего частиц заполнителя на формование и прочность арболита.

Адгезия гипса к заполнителю и прочность материала на сжатие, как основные показатели качества арболита, выше в 1,5 раза у образцов с заполнителем, поверхность которого модифицирована полимерсиликатными добавками.

Определено, что термодинамическими величинами, характеризующими надежность сцепления частиц полидисперсного заполнителя, является адгезионное взаимодействие на границе «раздела фаз» (Ж, Т и Г). Величины адгезионной прочности при $\rho=550-650 \text{ кг/м}^3$ составляют 0,294-0,341 МПа при среднем схватывающем усилии $F_{отр}=177 \text{ Н}$.

3. Установлено, что механизм взаимодействия целлюлозосодержащих заполнителей с неорганической частью – полимерсиликатной матрицей дает возможность изыскать новые реагенты для отверждения, включая активные наполнители, и расширить набор полимерсиликатных пластифицирующих композиций для интенсификации производственных процессов при

изготовлении поризованного конструкционного и теплоизоляционного арболита.

4. На гидратацию и твердение цемента по традиционной технологии существенное влияние оказывают происходящие физико-химические процессы, в арболите, заключающиеся в отрицательном действии водорастворимых веществ органического заполнителя на цемент, проявляющийся в адсорбционном отравлении. Вследствие этого, покрытые защитной оболочкой, частицы цемента теряют способность контактировать друг с другом под влиянием молекулярных сил и коагулировать. Вместе с тем, образование такой оболочки затрудняет также доступ воды к зернам цемента.

5. В производственных условиях проблема «минерализации» заполнителя в основном ограничивается вымачиванием в воде. Предлагаемые различные методы противоекстракционной обработки заполнителя имеют те или иные недостатки и являются дорогостоящими.

В отличие от цементного арболита улучшенные физические и эксплуатационные свойства гипсозолощелочного арболита из соломы на модифицированном комплексном полимерсиликатами заполнителе и его высокая водостойкость обеспечивает длительную работоспособность материала в наружных конструкциях. Поскольку полимеры заключены внутри материала и с поверхности частиц закрыты пленкой вяжущего, то существенно снижается горючесть арболита и распространение пламени по поверхности.

Таким образом, предложен эффективный способ комплексной обработки сечки соломы как органозаполнителя путем облагораживания поверхности его частиц жидким стеклом и ППД композиции с дальнейшим смешиванием с зологипсовой смесью. Добавка гипса способствует в заполнителе коагуляции открытых пор, обеспечивает достаточно высокую адгезионную прочность защитной композиции и заполнителя.

Учитывая, что в составе гипсового вяжущего имеются различные примеси, чувствительные к химически активным компонентам, в т.ч. и золы,

соответственно эти факторы оказывают влияние на реологические и структурно-механические свойства материала и процессов его твердения.

Гипс, проникая в поры сечки соломы, кольматирует их. И, как следствие, увеличивается прочность арболита.

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЯ МОДИФИЦИРОВАННОГО ОБЛЕГЧЕННОГО АРБОЛИТА ДЛЯ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ НА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБАХ ПОДГОТОВКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

4.1. Оптимизация составов и свойств облегченного арболита с заданными свойствами методом математического планирования эксперимента

Оптимизация состава и свойств полимерсиликатно-гипсозолощелочной композиции для атмосферостойкого арболита проведена по методике [14, 15, 18, 68, 70, 71, 72, 225].

На основе выполненных ранее подобных исследований кафедры МиПК для реализации экспериментальных исследований и подбора состава композиционного материала был поставлен трехфакторный эксперимент по плану В₃, где варьировались три рецептурных фактора: X_1 — гипс Г-7 (30±5), %; X_2 — зола БТЭЦ (25±5) % и X_3 — полимерсиликатная композиция СФЖ-3066 (10±2) %; остальное- сечка соломы.

Содержание компонентов сырьевой смеси в указанных границах, исходя из предыдущих экспериментов, обеспечивает технические характеристики конструкционно-теплоизоляционного арболита, соответствующие ГОСТ 19222-84.

Параметрами оптимизации служили: прочность — $R^{3сут}_{сж}$ (Y_1), МПа; прочность — $R^{28сут}_{сж}$ (Y_2), МПа; плотность арболита — ρ (Y_3), кг/м³. Плотность конструкционно-теплоизоляционного арболита не должна превышать ρ (Y_3) ≥ 675 кг/м³ (табл. 4.1, 4.2).

Таблица 4.1. – Уровни варьирования факторов, %

Уровни факторов	X_1 – гипс Г-7, %;	X_2 – зола БТЭЦ, %	X_3 – смола СФЖ-3066, %
-1	25	20	8
0	30	25	10
+1	35	30	12

Таблица 4.2. – План и выходные значения эксперимента по B_3

№	План эксперимента							Результаты эксперимента		
	нормализованные переменные			натуральные переменные			Остальное солома	Y_1 $R^{3\text{сут}}_{\text{сж}}$ МПа	Y_2 $R^{28\text{сут}}_{\text{сж}}$ МПа	Y_3 ρ , кг/м ³ .
	x_1	x_2	x_3	X_1 гипс	X_2 зола	X_3 смола				
1	+	+	+	35	30	12	23	0,95	4,22	652
2	+	+	-	35	30	8	27	0,91	3,88	646
3	+	-	+	35	20	12	33	0,78	3,76	628
4	-	+	+	25	30	12	33	0,70	3,56	612
5	-	-	-	25	20	8	47	0,40	3,21	550
6	-	-	+	25	20	12	43	0,44	3,08	560
7	-	+	-	25	30	8	37	0,56	3,36	576
8	+	-	-	35	20	8	37	0,64	3,63	588
9	+	0	0	35	25	10	30	0,88	4,18	640
10	-	0	0	25	25	10	40	0,49	3,24	566
11	0	+	0	30	30	10	30	0,82	3,71	636
12	0	-	0	30	20	10	40	0,51	3,28	577
13	0	0	+	30	25	12	33	0,74	3,59	622
14	0	0	-	30	25	8	37	0,60	3,38	581
15	0	0	0	30	25	10	35	0,68	3,49	596

В качестве модифицирующих добавок в минеральное вяжущее использовали: замедлитель схватывания гипса (добавки неполной соли 1-оксиэтилен - 1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноломином) - 0,05 %; катализатор нитроплопериметилфосфорная кислота НПФК – 0,3 % (87 % серной кислоты, 13 % ортофосфорной кислоты); ПЦК – 3-5 %; глиногипс (гажа) – 2 %; жидкое натриевое стекло 12 %; пластификаторы ЛСТ -0,15%, СКС – 0,2%, СДБ – 0,15 %; модифицированный отвердитель М-4 -0,5 % и остальное вода.

После реализации эксперимента по плану B_3 были рассчитаны экспериментально-статистические модели свойств конструкционно-теплоизоляционного арболита (4.1-4.3) и построены их графические образы в виде номограмм (рис. 4.1-4.3)

$$Y_1 (R^{3\text{сум}}_{\text{сж}}) = 0,76 + 1,57 x_1 + 0,11 x_1^2 + 0,25 x_1 x_2 + 1,17 x_2 - 0,09 x_3^2 + 0,5 x_3 - 1,86 x_3^2 \quad (4.1)$$

$$Y_2 (R^{28\text{сум}}_{\text{сж}}) = 3,84 + 2,51 x_1 + 0,31 x_1^2 + 0,46 x_1 x_2 + 0,46 x_1 x_3 + 1,94 x_2 + 0,16 x_2^2 + 0,39 x_2 x_3 + 1,12 x_3 + 0,06 x_3^2 \quad (4.2)$$

$$Y_3 (\rho) = 602 + 29 x_1 + 21,9 x_2 + 13,3 x_3 - 1,0 x_2 x_3 \quad (4.3)$$

Анализ полученных моделей позволил предварительно судить о вкладе каждого фактора на прочностные свойства и прочность конструкционно-теплоизоляционного арболита. По модели (4.1) можно отметить, что прочность материала в трехсуточном возрасте в первую очередь зависит от количества гипса, на что указывает линейный эффект при первом факторе ($b_1 = 1,57$). При верхнем уровне фактора $x_1 = 1$, т.е. количестве гипса ($X_1 = 35\%$) обеспечивается максимальная прочность. Следующий по значимости является второй фактор, где линейный фактор ($b_2 = 1,17$). И для повышения прочности $Y_1 (R^{3\text{сум}}_{\text{сж}})$ он

также должен находиться на верхнем уровне $x_2 = 1$, т.е. количество золы $X_2=30\%$. Линейный эффект взаимодействия при x_1 x_2 равен $b_{12}= 0,25$. При максимальном количестве обеих факторов гипса и золы прочность $R^{3сут}_{сж}$ максимальна. Предварительный анализ модели (4.2) прочности $R^{28сут}_{сж}$ конструкционно-теплоизоляционного арболита показал, что на этот показатель также в первую очередь влияет количество гипса ($b_1 = 2,51$) и затем количество золы ($b_2 = 1,94$). Причем их максимальное содержание обеспечивает повышение прочности $R^{28сут}_{сж}$ материала.

Количество смолы также оказывает положительное влияние на прочностные свойства материала, линейный эффект при факторе x_3 в модели (4.1) $R^{3сут}_{сж}$ равен ($b_2 = 0,5$) и в модели (2) $R^{28сут}_{сж}$ составляет ($b_2 = 1,12$). Т.е. концентрация смолы должна быть максимальной.

По модели (4.3) можно отметить, что плотность конструкционно-теплоизоляционного арболита растет с увеличением количества трех факторов. В первую очередь гипса ($b_1 = 29$), затем золы ($b_2 = 21,9$) и смолы ($b_3 = 13,3$).

По номограмме рис. 4.1 можно увидеть, что на 3 сутки прочность материала при концентрации смолы $X_3 = 8 \%$ ($x_3 = -1$) изменяется от 0,4 до 0,8 МПа (*нижняя номограмма*). Так минимальное количество трех факторов обеспечивает низкую прочность ($x_1 = -1; -1; -1$) $R^{3сут}_{сж} = 0,4$ МПа. Если увеличить только количество гипса до 35 % ($x_1 = +1; x_2 = -1; x_3 = -1$) прочность возрастет до 6 МПа. При увеличении в составе только золы ($x_1 = -1; x_2 = +1; x_3 = -1$) прочность составит $R^{3сут}_{сж} = 0,65$ МПа. Но при одновременном увеличении содержания гипса и золы ($x_1 = +1; x_2 = +1; x_3 = -1$) прочность конструкционно-теплоизоляционного арболита увеличится в 2 раза $R^{3сут}_{сж} = 0,8$ МПа.

Если увеличить содержание смолы до 10 % (рис. 4.1 *средняя номограмма*) наблюдается некоторый рост прочности. При малом количестве гипса 25 % с увеличением содержания золы в составе до 30 % прочность в точке с координатами ($x_1 = -1; -1; 0$) растет от 0,4 до 0,65 МПа ($x_1 = -1; +1; 0$).

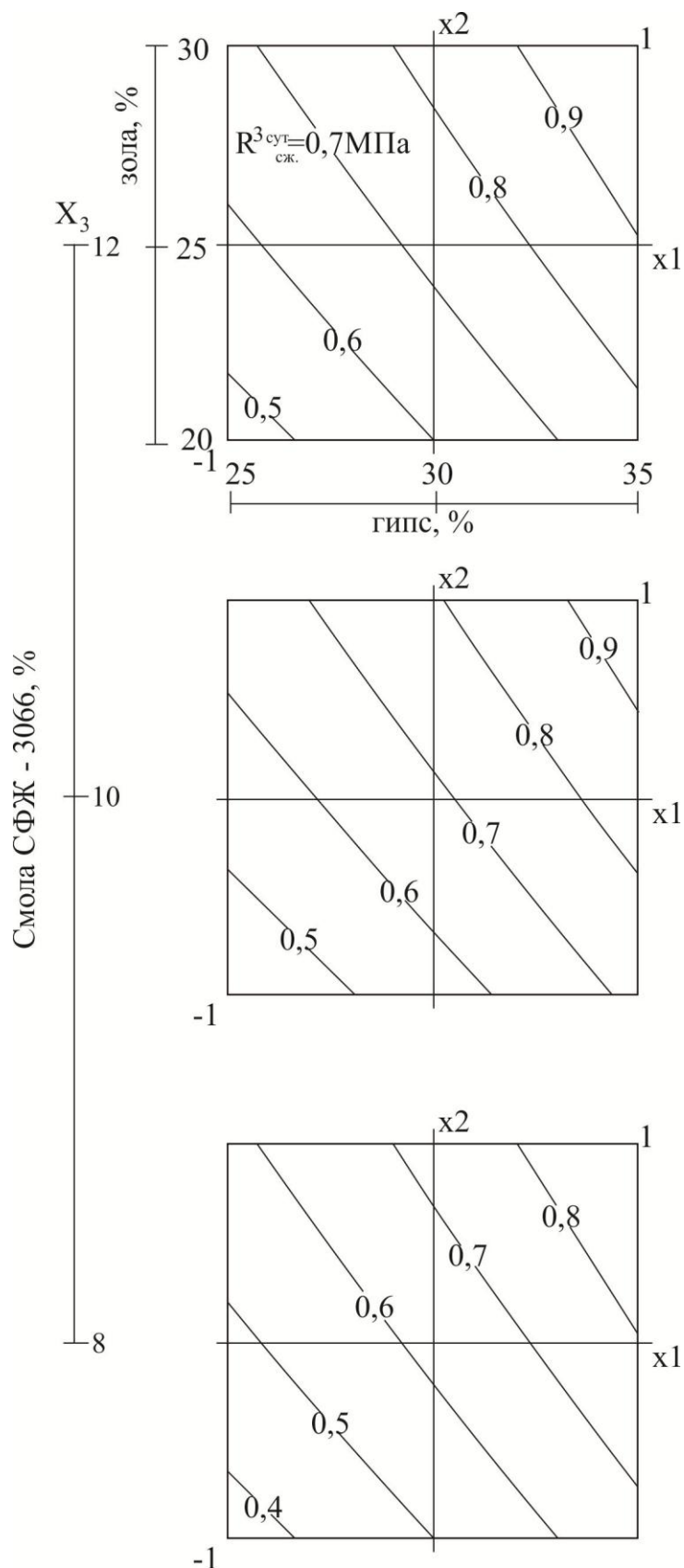


Рисунок 4.1- Номограммы прочности конструкционно-теплоизоляционного арболита на 3 суток при разных концентрациях смолы СФЖ-3066, $(Y_1) R^{3сут}_{сж} = f(x_1, x_2)$ на уровнях $x_3 = -1; 0; +1$

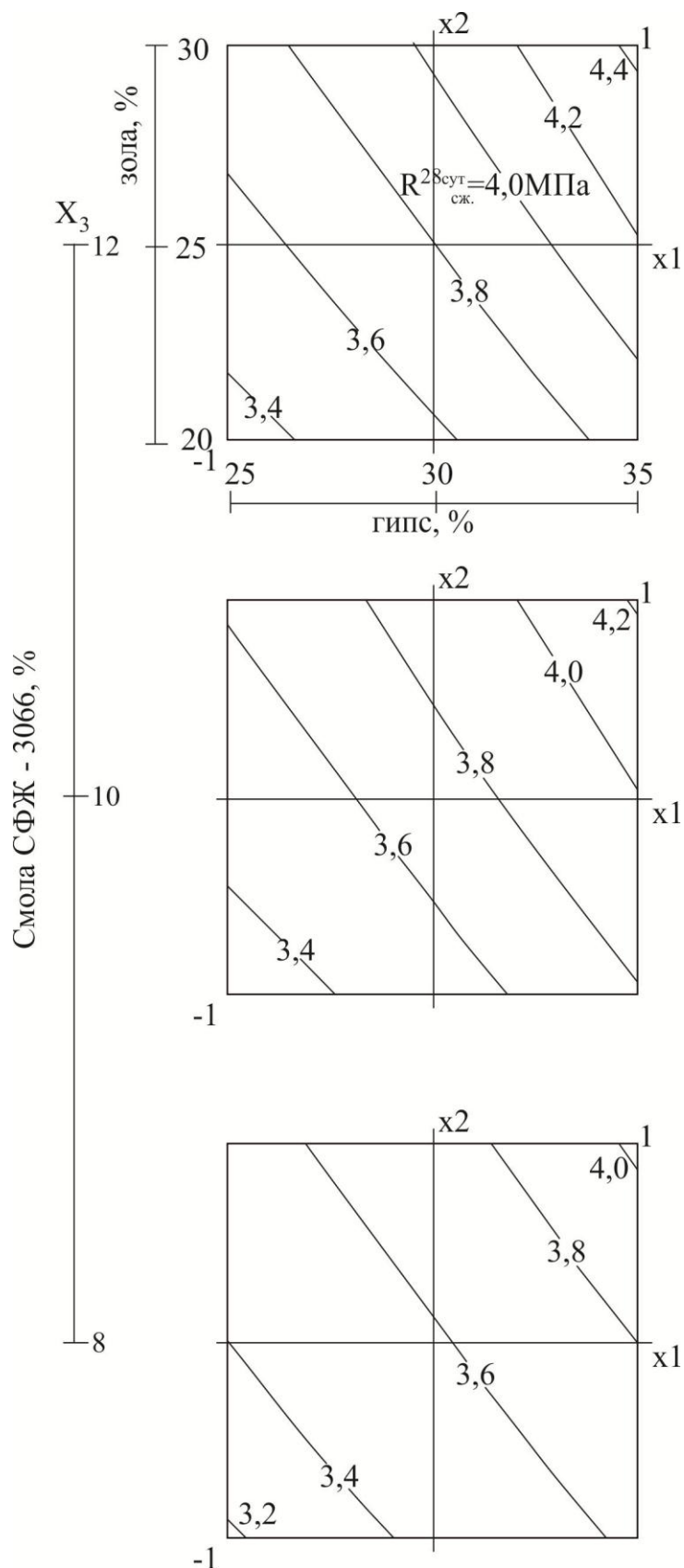


Рисунок 4.2 – Номограммы прочности на 28 сутки конструкционно-теплоизоляционного арболита при разных концентрациях смолы

СФЖ-3066, $(Y_2) R^{28\text{сут}}_{\text{сж}} = f(x_1, x_2)$ на уровнях $x_3 = -1; 0; +1$

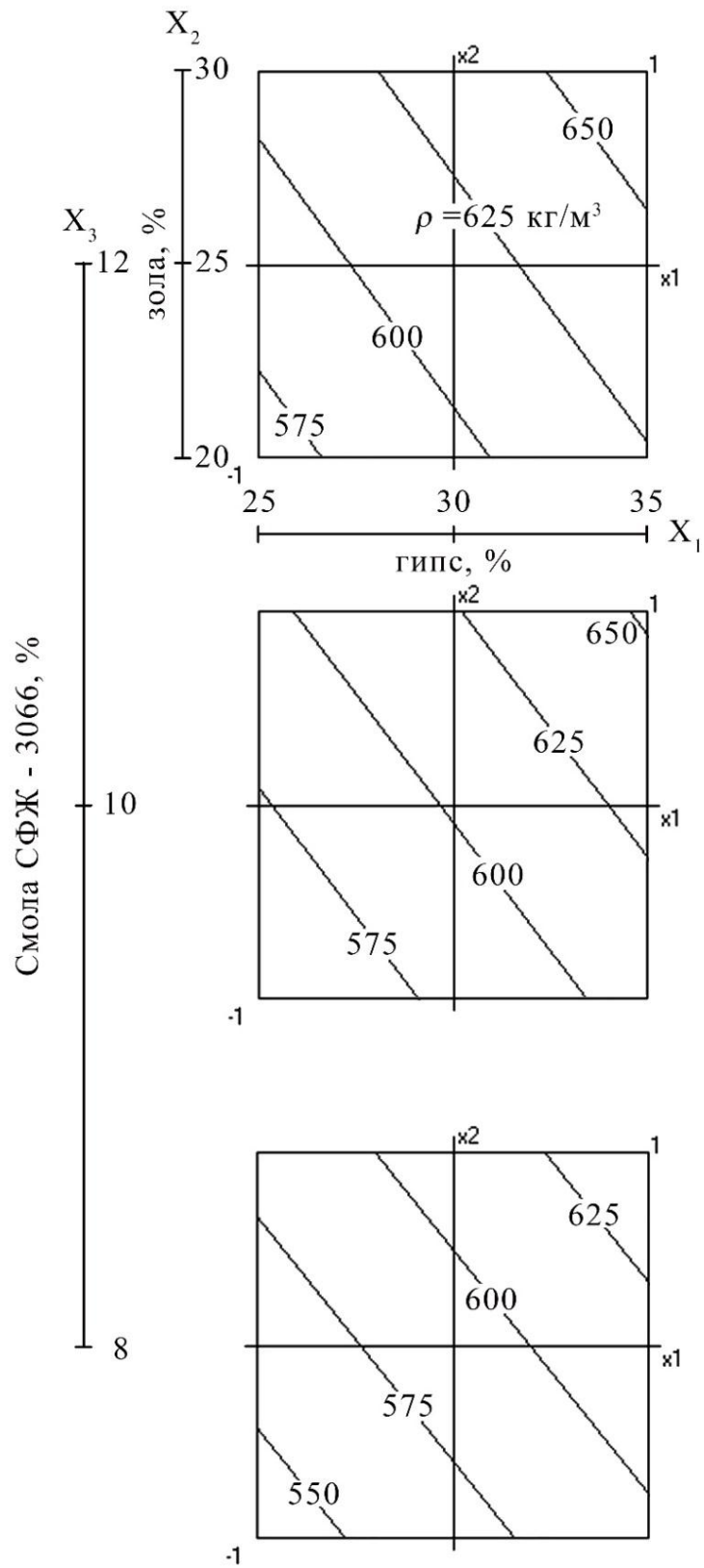


Рисунок 4.3 – Номограммы плотности $\rho (Y_3)$ конструктивно-теплоизоляционного арболита при разных концентрациях смолы СФЖ-3066, $R_{сж}^{3сут} = f(x_1, x_2)$ на уровнях $x_3 = -1; 0; +1$

Низкое количество золы 20% при увеличении содержания гипса до 35% прочность $R^{3сут}_{сж} = 0,7$ МПа. Увеличение одновременно количества гипса и золы при концентрации смолы 10% ($x_1 = +1; +1; 0$) прочность материала уже составит $R^{3сут}_{сж} = 0,95$ МПа, т.е. возрастет в 2 раза.

На номограмме (рис. 4.1 *верхняя*), где концентрация смолы максимальна 12% функция изменения прочности $R^{3сут}_{сж} = f(x_1, x_2)$ в зависимости от наличия гипса и золы практически одинакова. Здесь максимальная прочность материала обеспечивается $R^{3сут}_{сж} = 0,85$ МПа. Следует отметить, что область повышенных значений прочности $R^{3сут}_{сж} = 0,95$ МПа соответствует координатам ($x_1 = +1; +1; 0$), т.е. содержание смолы 10 %.

На рис. 4.2 показаны 3 номограммы прочности материала после 28 суток $R^{28сут}_{сж} = f(x_1, x_2)$ при ($x_3 = -1; 0; +1$) с содержанием смолы (8, 10, 12 %). Так при минимальном содержании смолы 8 % прочность материала с малым количеством гипса 25 % возрастает с увеличением количества золы от 3,21 до 3,36 МПа. В составах, где наоборот количество золы минимально 20 % с увеличением количества гипса с 25 до 35 % прочность $R^{28сут}_{сж}$ увеличивается от 3,38 до 3,63 МПа. Если одновременно увеличить в материале количество гипса 35 % и золы 30 % до максимума ($x_3 = +1; +1; -1$) прочность возрастет от 3,59 до 3,88 МПа, т.е. в 1,24 раза.

На номограмме (рис. 4.2 *средняя*), где концентрация смолы 10% минимальная прочность составляет 3,24 МПа при малых количествах гипса 25% и золы 20%. Если увеличить только количество гипса до 35% можно добиться увеличения прочности до 3,49 МПа. Или же увеличить содержание золы до 30% прочность увеличится до 3,71 МПа. Видно, что увеличение двух компонентов гипса и золы до максимального значения обеспечит рост прочности $R^{28сут}_{сж}$ до 4,18 МПа, т.е. в 1,3 раза.

При максимальной концентрации смолы 12 % в материале (рис. 4.2 *верхняя номограмма*) при минимальном количестве гипса и золы прочность составит 3,08 МПа. Если увеличить количество только гипса от 25 до 35 % при низком количестве золы 20% прочность материала возрастет до 3,76 МПа.

Если увеличить количество золы до 30% можно наблюдать значительный рост прочности $R^{28сут}_{сж}$ до 4,22 МПа.

Таким образом, можно утверждать, что высокая прочность конструкционно-теплоизоляционного арболита $R^{28сут}_{сж} = 4,22$ МПа достигается при максимальной концентрации 12 % смолы СФЖ-3066 верхних уровнях гипса и золы 35 и 30 %, т.е. возрастает в 1,4 раза.

При анализе номограмм плотности материала (рис. 4.3 *нижняя номограмма*) можно увидеть, что материал с меньшим количеством гипса 25%, золы 20 % и смолы 8 % имеет низкую плотность и не удовлетворяет требованиям $\rho (Y_3) \geq 550$ кг/м³. Увеличение плотности можно добиться повышением количества гипса до 35 % и золы до 30 %, которая возрастет до 635 кг/м³.

При увеличении количества смолы до 10 % тенденция увеличения показателя плотности материала при повышении количества гипса до 35% и золы до 30% сохраняется. Здесь плотность конструкционно-теплоизоляционного арболита возрастает до 650 кг/м³.

Максимальное количество (рис. 4.3 *верхняя номограмма*) смолы 12 %, и низкое содержание в материале гипса 25 % и золы 20 % обеспечит плотность $\rho (Y_3) = 570$ кг/м³. С увеличением количества гипса до 35 % плотность растет от 570 до 625 кг/м³. Повышение количества только золы до 30 % при минимуме гипса плотность составит 610 кг/м³. Одновременное увеличение в составе гипса и золы до максимума повысит плотность конструкционно-теплоизоляционного арболита до 655 кг/м³.

Анализ ЭСМ моделей и их графических образов показал, что регулируя содержание гипса и золы при разных концентрациях смолы СФЖ-3066, имеется возможность получения конструкционно-теплоизоляционного прочностью арболита плотностью 550 ... 655 кг/м³, прочностью 3,2...4,2 МПа.

Для определения области рецептур, где материал обладает определенной плотностью и прочностью использовали графо-аналитический способ наложения номограмм прочности и плотности.

На рис. 4.4 показано изменение полей свойств прочности и плотности конструкционно-теплоизоляционного арболита при регулировании количеством гипса и золы, и постоянном уровне смолы СФЖ-3066- 8; 10 и 12%.

При содержании смолы 8 %, гипса 27-35 % и золы 23-30 % конструкционно-теплоизоляционный арболит плотностью 550-600 кг/м³ имеет прочность в пределах 3,21 – 3,38 МПа (*серое поле*). Для плотности 600-650 кг/м³ количество гипса должно составлять 37 % и золы 22-30 %, $R^{28}_{сум\ сж} = 3,63-3,88$ МПа (рис. 4.4 *светло-серое поле*).

Для материала с количеством смолы 10 %, где плотность 550-600 кг/м³ и $R^{28}_{сум\ сж} = 3,24 - 3,49$ при содержании гипса 25-35 % и золы 20-30 %. Плотность 600-650 кг/м³ и $R^{28}_{сум\ сж} = 3,71 - 4,18$ МПа обеспечивается при наличии гипса 32-35 % и золы 30 %.

При максимальном наличии 12 % конструкционно-теплоизоляционный арболит уплотняется до $\rho \geq 650$ кг/м³, и упрочняется $R^{28}_{сум\ сж}$ до 4,22 МПа (рис. 4.4 *белое поле*).

Результаты экспериментальных исследований показали, что полученный материал по марке прочности можно отнести к теплоизоляционно-конструкционному типу М 25 к классу прочности В1,5 и В2, где плотность может меняться в пределах 550-650 кг/м³.

Полученный арболит может использоваться для возведения несущих конструкций, межкомнатных перегородок одно и двухэтажных зданий. В таблице 4.3 представлены характеристики и рецептура конструкционного арболита.

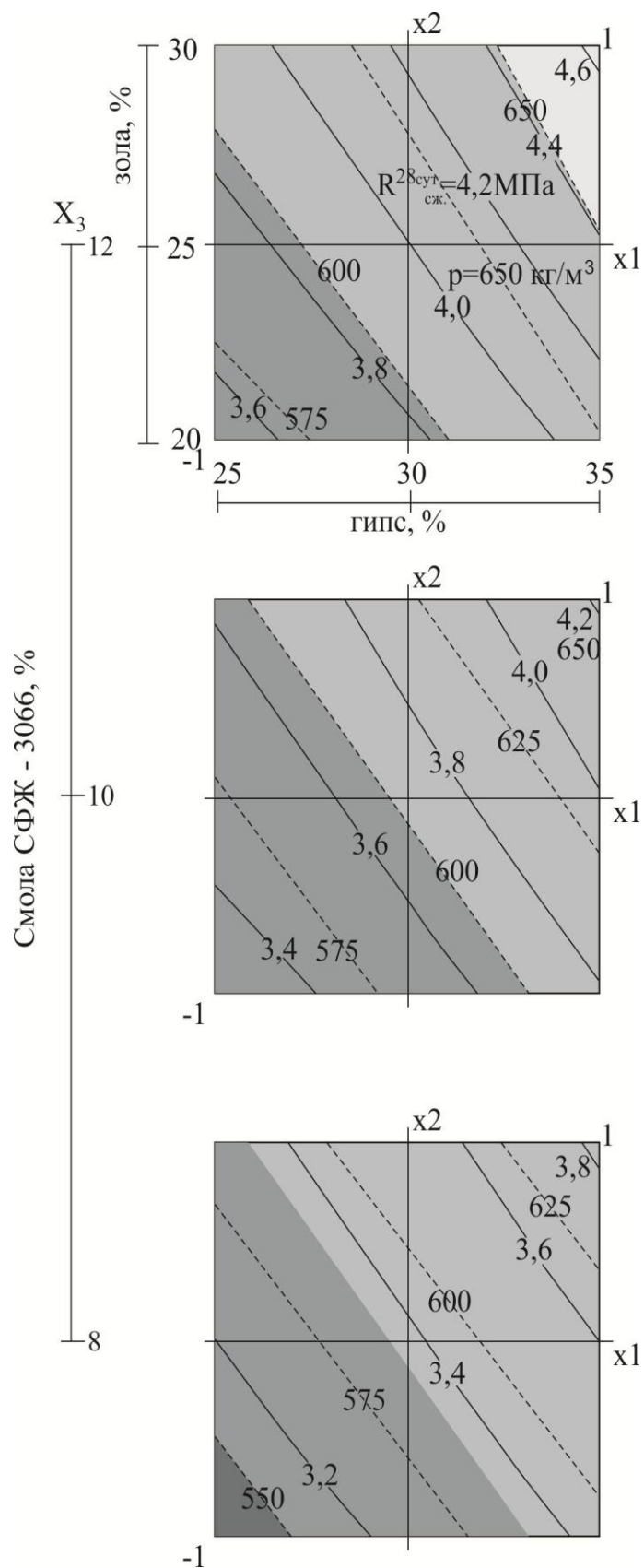


Рисунок 4.4 - Изменение полей свойств прочности и плотности
 конструкционно-теплоизоляционного арболита $\rho, R^{28\text{сут}}_{\text{сж}} = f(x_1, x_2)$
 при $x_3 = -1; 0; +1$

Таблица 4.3. - Характеристики и рецептура конструкционного арболита

	Плотность, кг/м ³	Марка арболита	Класс прочности	гипс, %	Зола, %	Смола, %	Солома, %			
1	550-600	M25	B1,5	25	25	8	42			
2				25	30	8	37			
3				27	30	8	35			
4				30	25	8	37			
5				600 -650	M25	B1,5	32	30	8	30
6							33	27	8	32
7							35	25	8	32
8							32	28	8	32
9	550-600	M25	B1,5	25	20	10	45			
10				30	25	10	35			
11				25	25	10	40			
12				25	30	10	35			
13	600 -650	M25	B1,5	28	30	10	32			
14				30	30	10	30			
15				35	25	10	30			
16				35	25	10	30			
17	550-600	M25	B1,5	25	20	12	43			
18				25	25	12	38			
19				27	20	12	41			
20				30	20	12	38			
21	600 -650	M25	B1,5	30	25	12	33			
22				30	30	12	28			
23				32	20	12	26			
24				35	20	12	33			
25	650 -675	M25	B 2,0	33	30	12	25			
26				35	30	12	23			
27				35	28	12	25			

4.2. Разработка рациональных технологических параметров подготовки сырьевых компонентов в производстве модифицированного арболита

Известно, что модифицирование полимерными добавками РВК приводит к сближению деформативности гипсового камня и растительного заполнителя, увеличивая эластичность композиции. Что благотворно влияет на прочностные показатели арболита. Кроме того, повышается влагостойкость. В качестве добавок, способствующих негативное влияние таких специфических особенностей растительных заполнителей как развитие значительных влажностных деформаций могут служить фенолформальдегидная смола, жидкое натриевое стекло, латексы, а также технические ЛСТ и СКС.

Эти добавки используются в стройиндустрии как доступные и недорогие добавки [238, 240, 243, 261, 316, 318, 319].

Предварительная обработка органозаполнителя различными пленкообразующими составами способствует увеличению прочности и снижению водопоглощения арболита. В ходе исследований было выявлено [318], что все подобранные составы, в различной мере, положительно влияют на прочность и стойкость к влагопеременным условиям арболита. Так, предварительная обработка частицы соломы с маловязким раствором смолы СФЖ-3066 обуславливает ее гидрофобность.

В результате образования водородных и химических связей между метильными группами ($-\text{CH}_2\text{OH}$) и гидроксидами органозаполнителя из растительного сырья, в воде блокируются адсорбционно-активные гидроксиды макромолекул целлюлозы и других компонентов заполнителя [155, 173].

Частицы связываются полимерами за счет поверхностной энергии, образуя кластерные структуры в композите. В органополимерсиликатной композиции полимеры играют роль связующего, молекулы которых будут ориентироваться по всему полю наполнителя, что способствует прочному

взаимодействию между частицами наполнителя и полимерным связующим. В результате такого синергетического эффекта образуется новый материал с новыми свойствами. То есть, при технологии изготовления в композиционном материале образуются кластерные системы за счет самоорганизации структуры. Увеличение поверхностной энергии частиц достигается, как известно, их дисперсностью. Поэтому наполнители подвергают механической активации путем дробления и измельчения. При измельчении на частицах образуются новые поверхности, а адсорбция, как известно, эффективнее происходит на таких новообразованных поверхностях. Также эти поверхности являются центрами силовых полей, [192, 194, 253] способных трансформировать структуры граничного слоя (изменять или совсем разрушать ее надмолекулярные формы).

Авторами установлено [152, 155, 156], что структурная прочность и влагостойкость композиционного материала повышается за счет использования смолы СФЖ-3066 в качестве модификатора – полимерного связующего.

Важным отличием смолы является то, что в ней содержится ничтожно малое количество формальдегида. Это позволяет получить экологически чистое теплоизоляционное изделие. Обработка полимером (8-12 % от массы) в РВК дает возможность получение прочной и негорючей композиции.

Адгезионный эффект органического наполнителя и золы к латексной композиции растет за счет увеличения вязкости композиции, вызванной обработкой РВК жидким натриевым стеклом.

Действие многих пластификаторов аналогично действию неиспаряющихся растворителей. Проникая между молекулами связующего, молекулы пластификатора ослабляют энергию межмолекулярного взаимодействия и, действуя наподобие смазки, повышают подвижность структуры композита. Поэтому прочность пластифицированных материалов может быть несколько ниже, чем непластифицированных, особенно при длительном нагружении. В ряде случаев пластификаторы повышают прочность, придают материалам эластичность, морозостойкость, повышают сопротивление

ударным нагрузкам, снижают усадочные напряжения и до известной степени ограничивают температурные деформации. От выбора пластификатора во многом зависят свойства композиционных материалов, их поведение в эксплуатационных условиях[218, 264, 268, 272, 152, 155].

При введении пластификатора в полимер учитывают их взаиморастворимость как условие, обеспечивающие длительную совместимость этих компонентов. При малой взаиморастворимости со временем возможно отделение пластификаторов, его избыток выделится в виде микрокапелек, микропленок, что приведет к неоднородности систем и отрицательно отразится на свойствах материалов.

При введении пластификатора в полимер с гибкими макромолекулами наблюдается сближение температуры стеклования и температуры текучести, т.е. уменьшается интервал высокоэластичного состояния. Если пластификатор вводится в жесткий полимер, то вследствие понижения температуры стеклования совершается переход из твердого стеклообразного состояния в вязкотекучее. В отдельных случаях жесткие макромолекулы приобретают гибкость вследствие сильного взаимодействия их с молекулами пластификатора.

Применяемые пластификаторы могут быть жидкими и смолообразными, или, соответственно, низко и высокомолекулярными. Жидкие пластификаторы разбавляют связующие, облегчают введение в них наполнителя. При этом может быть снижена теплостойкость, увеличена влагопроницаемость материала.

Таких недостатков не имеют смолообразные пластификаторы, более полно взаимодействующие со связующим. Для обеспечения нужных свойств материала пластификатор должен обладать незначительной летучестью, выраженной растворяющей способностью, совместимостью с жидкими и твердыми компонентами смесей. Он должен быть устойчив к атмосферным воздействиям, химически стабилен, морозостоек, негигроскопичен. Температура вспышки пластификатора должна быть достаточно высокой.

Более глубокое воздействие на композиционные материалы, чем наполнение, растворение, пластифицирование, производит модифицирование связующих, устраняющее также недостатки как хрупкость, малорастворимость, плохую смачиваемость, горючесть, склонность к старению и т.п. В общем случае модифицированием называют направленное изменение физических, механических или химических свойств веществ под воздействием различных факторов.

Наиболее часто модифицирование осуществляется взаимодействием связующего или его исходных составляющих с высоко или низкомолекулярными соединениями.

В качестве модификаторов применяют твердые, жидкие и газообразные вещества минерального и органического происхождения, например, хлор, кислоты, природные смолы и битумы, низкомолекулярные каучуки, растительные масла, синтетические жирные кислоты, полиэфир, полиамиды и многие другие. Модифицирование полимеров может происходить в результате совместной полимеризации или поликонденсации основных и модифицирующих компонентов; в результате замены одних функциональных групп полимера другими без изменения структуры и длины цепи; в результате присоединения (прививки) цепочек блоков одного полимера и главной цепи другого (привитая сополимеризация) или включения блоков одного полимера в главную цепь другого в определенной последовательности (блоксополимеризация). Последние два способа относят к макромолекулярным реакциям. Наконец, модифицирование может происходить и в результате простого совмещения природных и синтетических полимеров, приводящего к изменению физических свойств материалов без существенных химических превращений. Модифицировать можно полимеры линейной и разветвленной структуры, с малой и большой молекулярной массой, олигомеры и высокополимеры [316, 317, 321].

На рис. 4.5. представлены гистограммы изменения характеристик гипсозолощелочных вяжущих в зависимости от составов смесей (табл. 4.4) и рН среды.

Таблица 4.4. - Составы смеси

№	Состав смеси (по массе, %)			
	Гипс	Зола	Модификатор смеси	ПЦК/ГГ
1	35	30	12	5/2
2	30	30	10	4/2
3	30	25	12	5/1
4	30	25	10	4/1
5	25	25	8	3/2
6	25	20	8	2/2

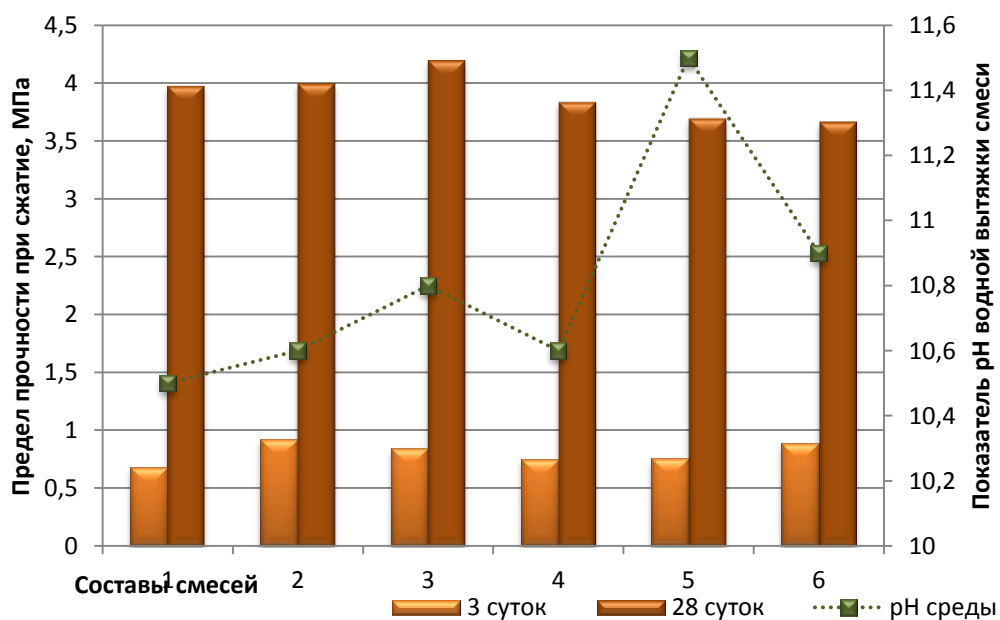


Рисунок 4.5 - Зависимости прочности на сжатие от составов смесей и рН водной вытяжки

Из рис. 4.5 видно, что показатели прочности значительно выше у композиционных материалов 28-суточного возраста. Однако с уменьшением прочности с 4,22 до 3,2 МПа рН водной вытяжки возрастает до 11,5.

На рис. 4.6 и 4.7. можно видеть зависимости влияния добавки МС на рН водной вытяжки золощелочной смеси и на прочность золосодержащего вяжущего.

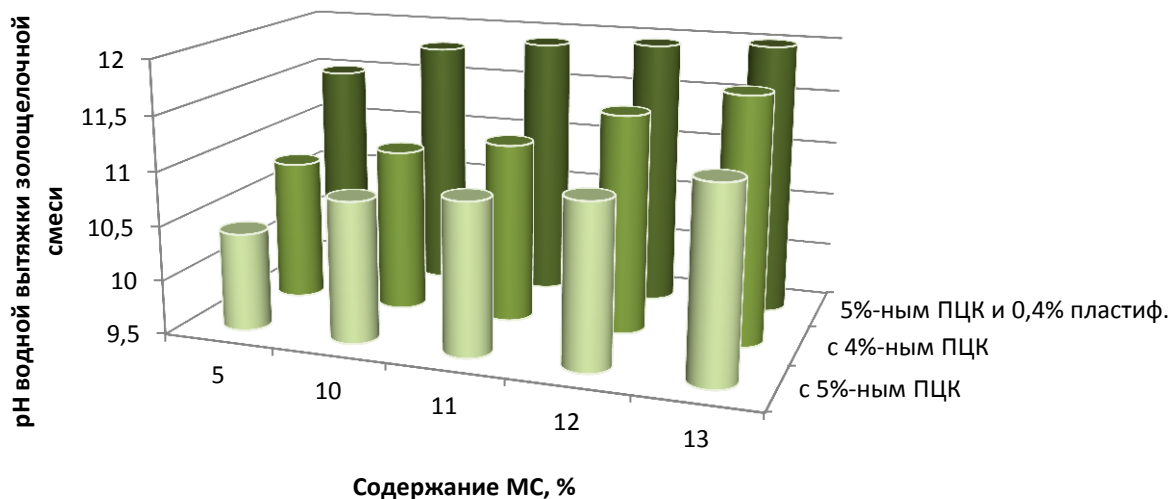


Рисунок 4.6 - Изменение рН водной вытяжки золощелочной смеси в зависимости от МС

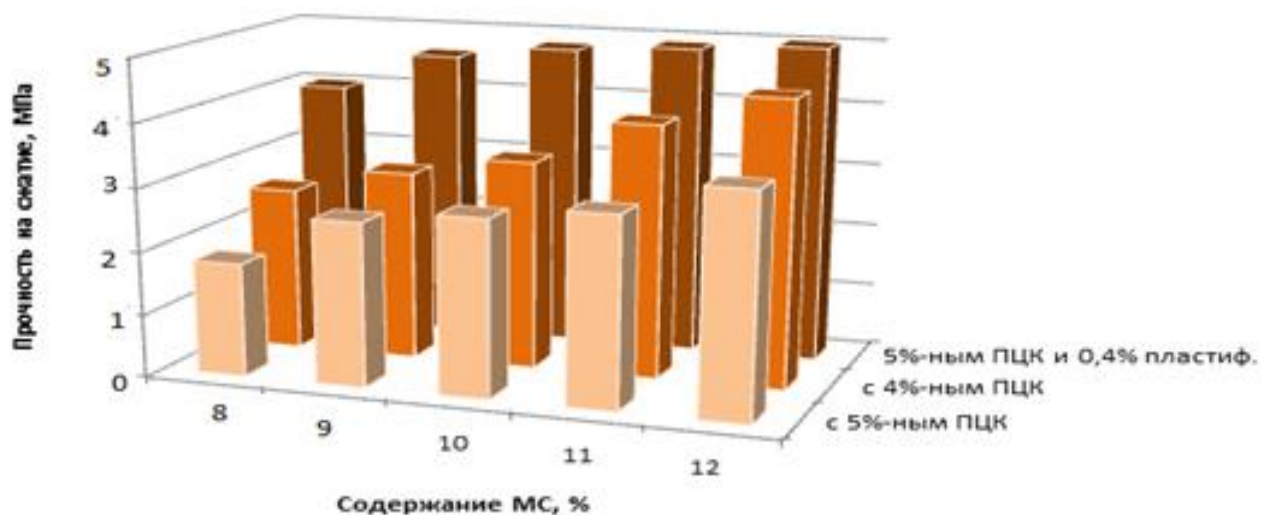


Рисунок 4.7 - Изменение прочности золосодержащего вяжущего в зависимости от добавки МС

Из приведенных гистограмм видно, что модификаторы интенсифицируют ионно-обменные процессы при твердении гипсо-золощелочных вяжущих. С увеличением содержания МС до 13 % и при 5 %-ном ПЦК и 0,4 % пластификатором увеличиваются прочность на сжатие до 12 МПа и показатель рН среды – до 12 (рис. 4.6, 4.7). А наличие в составе композиции полимерной смолы СФЖ-3066 увеличивает адгезионную прочность вяжущих в присутствии органических заполнителей. Данную композицию можно назвать гипсо-золощелочное вяжущее с синергетическим эффектом составляющих смеси. Производство такого материала можно осуществлять при дефиците портландцемента или экономии транспортных средств для его доставки.

К одним из основных показателей, предопределяющим качество композита, являются сроки схватывания. Поэтому были определены сроки схватывания гипсозолощелочных вяжущих при содержании различного количества МС. Составы смесей приведены в табл. 4.5. Результаты исследований приведены на рис. 4.8.

Таблица 4.5. – Составы смесей

№	Состав смеси по массе, %		
	гипс+зола	МС	ПЦК/ГГ
1	65	12	5,0/1
2	55	10	4,0/2
3	50	8	5,0/1
4	50	12	4,0/2
5	65	10	5,0/2
6	55	10	5,0/1
7	60	12	4,0/2

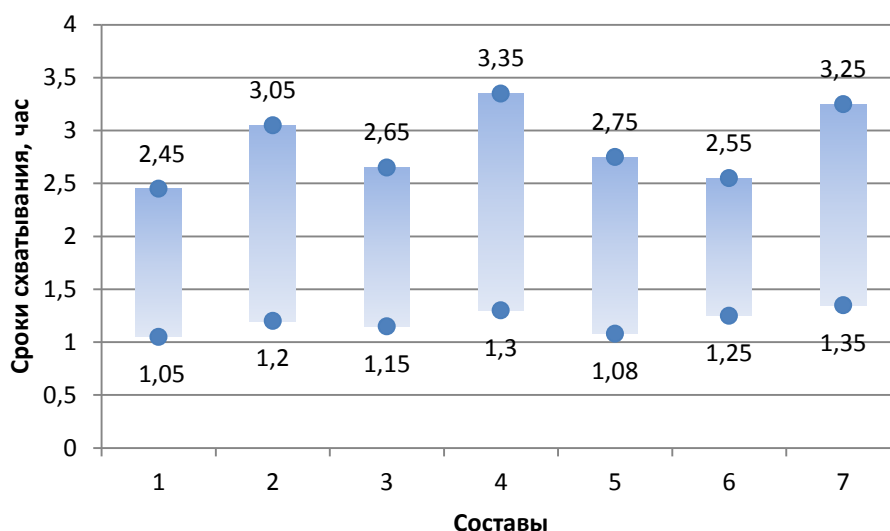


Рисунок 4.8 - Сроки схватывания гипсозолощелочных вяжущих композиций (среднестатистические данные)

Анализ исследований показал, что у составов 1, 3, 6 (5 % ПЦК) наблюдается короткий интервал схватывания: начало – от 1,05 мин. До 1,25 мин., конец – от 2,45 до 2,75 мин. Как видно сроки схватывания близки к срокам схватываниям портландцемента. У 4 состава – при содержании модификатора смеси до 12 % наблюдается более равномерное твердение.

Изменение прочности во времени разработанных вяжущих композиций зависит от их состава, условий обработки и последующего твердения.

Изменение прочности вяжущих естественного твердения определялось на образцах, длительное время хранившихся в нормальных условиях, а образцы, подвергавшиеся тепловлажностной обработке - в воздушно-сухих и водных условиях.

Прочность вяжущих повышается с добавкой 10-12 % МС при тепловлажностной обработке и при воздушном твердении (4,2 МПа).

Таким образом, обработка растительновяжущей композиции на основе гипса, золы с добавками способствует получению прочных новообразований и новых вяжущих с улучшенными свойствами.

4.3. Энергосберегающая технология изготовления атмосферостойкого, облегченного арболита из ПСГЗЩ композиции

Для получения атмосферостойкого арболита определены основные особенности строения стеблей соломы зерновых культур. Установлены их основные структурно-механические параметры заполнителя, фракционный состав сечки соломы, выявлены основы физико-химических процессов получения арболита на ПСГВ, а также закономерности обработки частиц соломы, ПСД, разработан оптимальный состав композиционной смеси и для арболита новые способы модификации связующего на основе СФЖ -3066 и жидкого стекла.

Учитывая вышеизложенное, в работе разработана специальная энергоресурсосберегающая технология производства атмосферостойкого арболита с полимерными добавками, которая отличается от традиционной технологии выпуска арболита на цементном вяжущем.

Технологическая схема подготовки и приготовления вяжущей композиции для теплоизоляционно-конструкционного атмосферостойкого арболита дана на рис. 4.9 [323, 323, 295, 219, 213].

Изготовление атмосферостойкого арболита из растительного сырья на основе ПСГЗЩ вяжущем включает нижеследующие операции: заготовочный цех и помещения для химических компонентов, помещение приготовления модифицированного связующего, площадка для резки и кондиционирования соломы, площадка распалубки и рециркуляции отходов, склад для изделий.

Сбор соломы осуществляется по методу валковой технологии с последующим прессованием в рулоны или тюки. Такой механизированный метод сбора отходов из соломы позволяет увеличить объемы перевозимого растительного сырья и значительно упростить и удешевить процесс складирования.

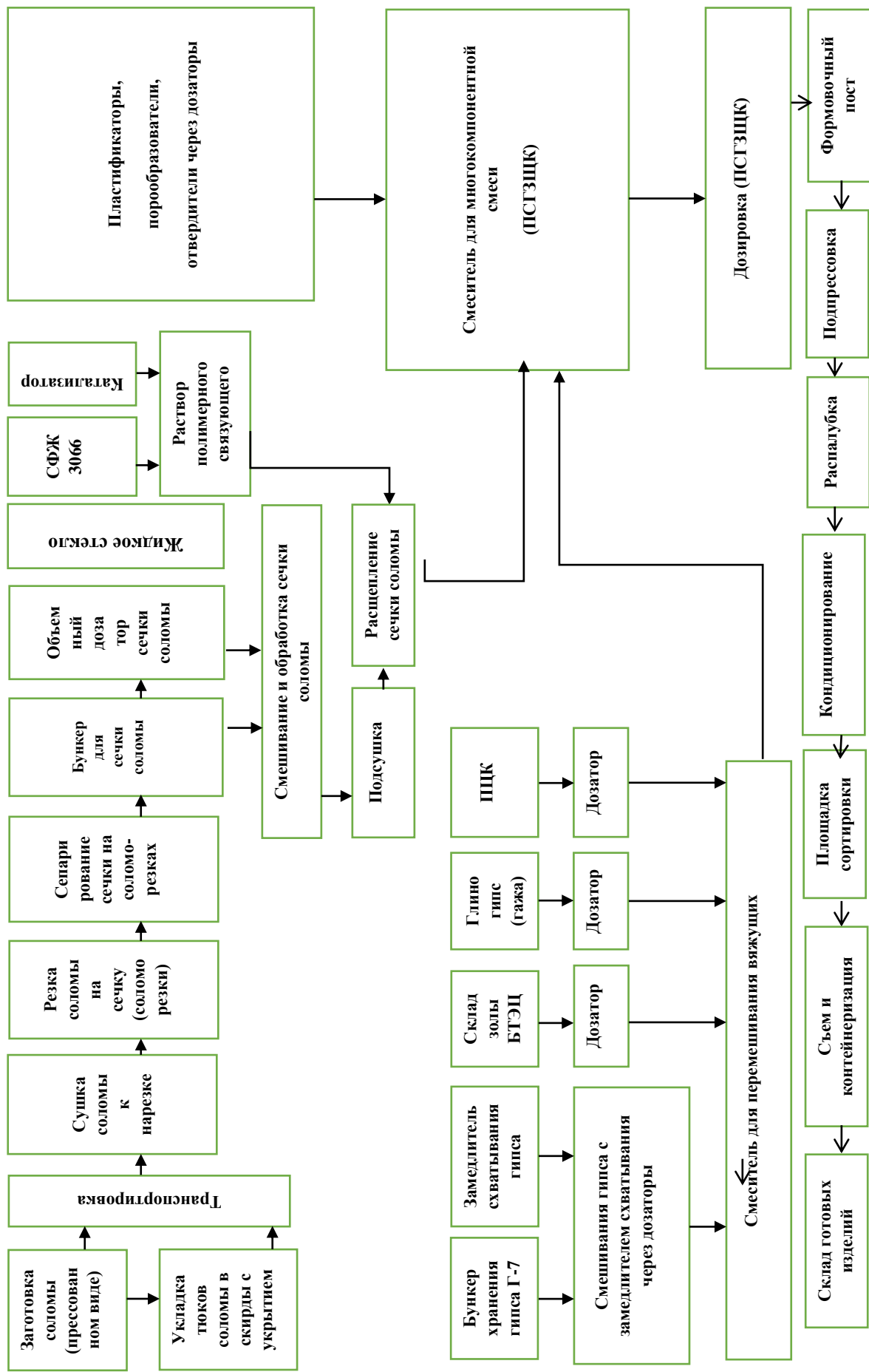


Рисунок 4.9 - Схема технологических процессов для получения конструкционно-теплоизоляционного атмосферостойкого арболита

Для хранения рассыпной или прессованной соломы используются закрытые неотапливаемые складские помещения с активной вентиляцией. Солома хранится в закрытых неотапливаемых складских вентилируемых помещениях или досушивается на специальных площадках на местах хранения.

Полученные результаты исследований позволяют приготовить арболитовую композицию из соломы на ПСГЗШВ для изготовления поризованных строительных арболитовых стеновых блоков.

Основным преимуществом бесцементного поризованного арболита с использованием в комплексном вяжущем полимерсиликатных компонентов является низкая теплопроводность ($\lambda = 0,09 \dots 0,12$ Вт/м·К) и малое сорбционное увлажнение при достаточно высоких показателях прочности.

Оптимальное соотношение компонентов из растительного сырья ПСГЗЩ вяжущей композиции для приготовления поризованного арболита составляет, масс. %: солома – 25-35+ жидкое натриевое стекло 12; гипс марки Г-7 - 30-35 + замедлитель схватывания гипса (добавки неполной соли 1-оксиэтилен-1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноломином) - 0,05; зола – 25-30; смола СФЖ-3066 – 8-12 + катализатор нитроплопериметилфосфорная кислота НПФК – 0,3 (87 % серной кислоты, 13 % ортофосфорной кислоты); ПЦК – 3-5; глиногипс (гажа) – 2; пластификаторы ЛСТ -0,15; СКС – 0,2; СДБ – 0,15; модифицированный отвердитель М-4 -0,5 и остальное вода.

Технологические процессы получения атмосферостойкого арболита следующие: нарезка соломы до длины 30-50 мм; смачивание заполнителя жидким стеклом, подсушка заполнителя; смещение заполнителя с полимерпластифицирующими добавками, смешение композиции с гипсозолощелочными вяжущими; перемешивание в течении 3-5 минут; наполнение смесью форм вместе с ее подпрессовкой в течение 15 минут под давлением 0,3-0,8 МПа (зависит от плотности арболита), распалубка и выдерживание готовых изделий в течении 24 часов, в закрытых помещениях при температуре 20°C.

При действии сжимающих усилий при подпрессовке композиции материал практически не подвергается хрупкому разрушению, вплоть до 50%-ой деформации сжатия, имеет достаточную морозостойкость – до 6 % потери прочности после 5 циклов полимерного увлажнения, замораживания и влажностного оттаивания. Водопоглощение за 24 часа составляет 17-20 %, а влагопоглощение (сорбционное увлажнение) – 2,5-3,5 %. Отверждение в композите полимерсиликатных добавок с пластификаторами ограничивает восстановление вязкоупругой деформации после распрессовки до 7 %. Это технологически выгодный показатель для операции формования композиции из растительного сырья, в частности соломы.

На рис. 4.10 дана последовательность технологического цикла процессов получения сырьевой смеси на ПСГВ ее изготовления поризованного арболита для стеновых блоков.

В соответствии с рис. 4.10 в отдозированный наполнитель (сечка соломы), раствор жидкого стекла и воздух, подается через дозатор в бункер 1, для облагораживания частиц соломы, далее производится подсушка частиц соломы с воздухом до влажности 12 %. В бункер 2- подается вода и смола для смешивания. В бункер 3- подаются обработанная солома с жидким стеклом, полимерная смола разбавленной с водой, катализатор, и пластификаторы. Смесь равномерно перемешивается в течение 3-5 минут, затем модифицированный наполнитель подвергается подсушке при температуре 20-30°C необходимой для отверждения полимера с катализатором на поверхности частиц наполнителя в течение 1.5-2 часов, либо в течение 24-х часов при нормальных условиях. В бункер 4 – подается гипс с замедлителем схватывания гипса, где подвергаются совместному смешиванию. Далее модифицированный наполнитель и смесь из гипса замедлителем твердения направляются в бункер 5, сюда же подают отдозированные золу, ПЦК, глиногипс (гажа), пенообразователь СДБ и отвердитель М4 где происходит перемешивание всех компонентов с водой в течение 3 минут.

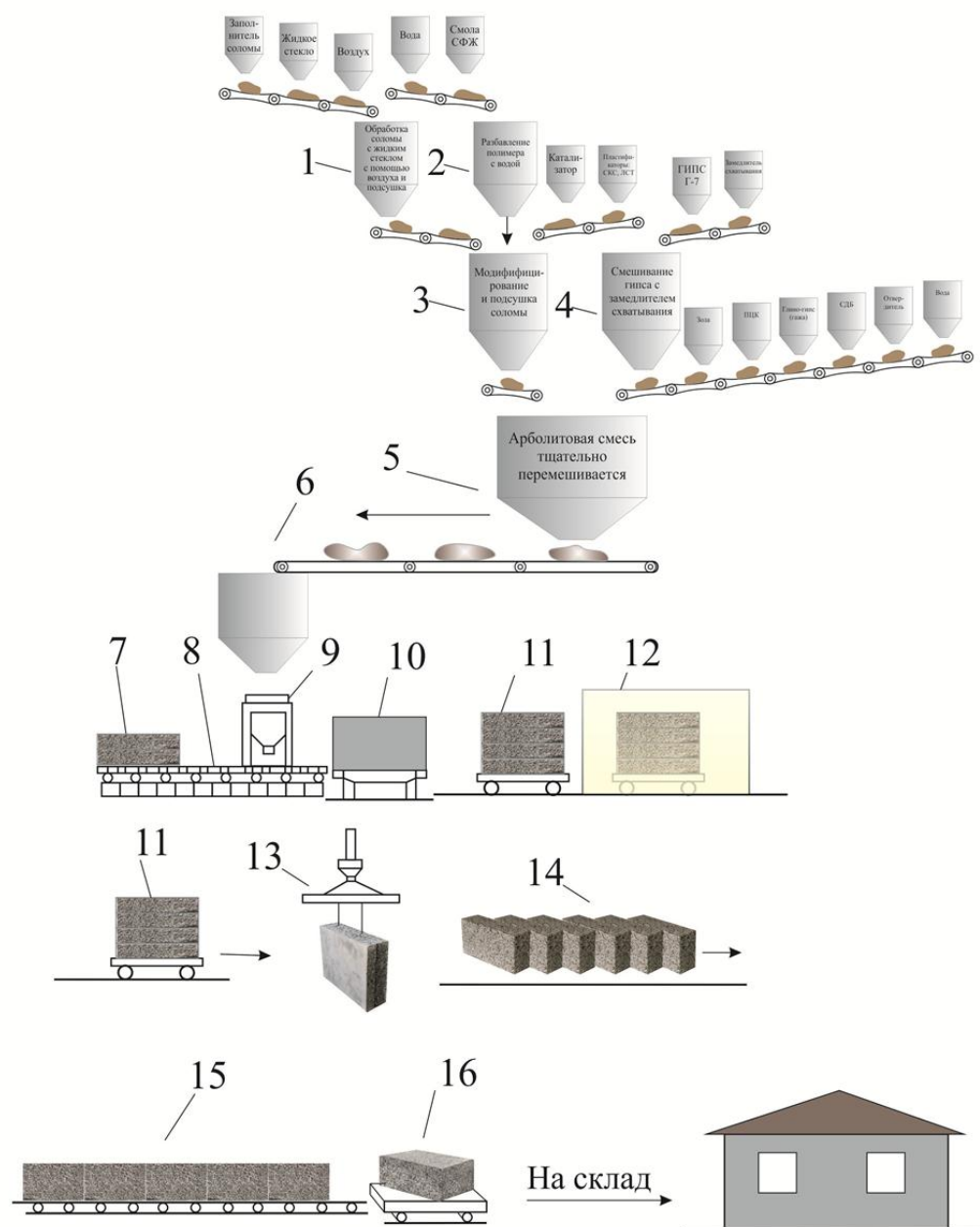


Рисунок 4.10 - Технологический процесс производства атмосферостойких арболитовых блоков, из растительного сырья по предложенной технологии: 1- обработка соломы с жидким стеклом; 2- разбавление полимера с водой; 3- модифицирование соломы; 4- смешивание гипса с замедлителем схватывания; 5- приготовление арболитовой смеси; 6- арболитораздатчик; 7- формы; 8- роликовый транспортер, 9- вибро пресс; 10- распалубка на платформе; 11- подающий роликовый транспортер готовых блоков; 12- кондиционирование (сушка); 13- сьем готовых блоков; 14- отделка и упаковка блоков; 15- роликовый транспортер с готовыми блоками; 16- отправка на склад арболитовых блоков.

Чтобы сохранить эффект тепловой изоляции, обеспечиваемый заполнителем, необходима поризация связующего.

Для этого используется пенообразователь СДБ – продукт переработки роговидных отходов от убоя крупного рогатого скота, представляющий собой легкоподвижную жидкость коричневого цвета, нетоксичную, растворимую в воде в соотношении (1:40).

Полимерсиликатно-гипсозолощелочная композиция подается в арболитораздатчик 6, распределяется в металлические формы для блоков 7. Формы снабжены специальными съемными крышками. Уложенная смесь в формы транспортером 8, подается в вибрационный пресс 9. Режим уплотнения в массы в прессе устанавливается опытным путем; он должен обеспечить получение арболита прочностью не менее 3,21 МПа при плотности ρ 550-650 кг/м³.

Далее производится распалубка на платформе 10, откуда готовый блок подающей тележкой блоков 11, направляется на пост выдержки для кондиционирования 12 (24 часа) при температуре +20 °С. Съем изделий 13. Контейнеризация выполняется на специальных площадках 14 и часть изделий отправляется на отделку 15 и затем на тележку с готовыми блоками 16 для складирования. Остальные блоки после кондиционирования поступают на склад для отправки потребителям.

К важнейшим строительно-технологическим свойствам арболита относятся средняя плотность, прочность, влажность, теплопроводность.

Разработанные составы различаются различным содержанием связующего, ПСД, заполнителя и затворителя. Средняя величина дозировки составляющих компонентов из растительного сырья на гипсозолощелочном вяжущем (ГЗЩВ) на 1 м³ арболита: заполнителя соломы - 150...200 кг; вяжущих – гипс Г-7 – 120-180 кг., зола – 80-140 кг., цемент ПЦК – 15-30 кг., глиногипс (гажа) – 15-25 кг; жидкое стекло – 8-12 кг; замедлитель схватывания гипса - 3-5 кг., полимерная смола СФЖ-3066 – 7,5-8,5 кг., пластификаторы (СКС,ЛСТ,СДБ) – 2,5-3,5 кг., катализаторы НПФК (серная и ортофосфорная

кислота) – 0,3...0,4 кг. модифицированный отвердитель М4- 3-5 кг. и остальное вода. (Рис. 4.10).

Весьма важным фактором при использовании арболита является изменение прочностных характеристик во времени [152, 155].

В течение 28 суток прочность арболита возрастает интенсивно, а затем значительно медленнее. Такое изменение прочности характерно для всех составов.

Для улучшения атмосферостойкости модифицированного арболита из растительного сырья (соломы) и ПСЗЩ композиционной смеси предложено применить защитные пленкообразующие полимеры на поверхности частиц в составе: жидкие стекла, малоконцентрированный полимер с пластифицирующими добавками. Это делается в строительном материаловедении [180, 206, 253, 298] новым научным направлением.

Развитие научных представлений о взаимодействии органических наполнителей растительного происхождения с полимерсиликатными соединениями и гипсозолощелочными вяжущими, находящемся в коллоидном состоянии и при твердении приобретать форму и свойства легкого бетона, путь к совершенствованию и развитию технологии получения водостойкого арболита, с учетом теории дисперсно-направленных полимерсиликатно-гипсозолощелочных композиций. В результате экспериментально-теоретических исследований определены новые компоненты получения и состава атмосферостойкого арболита; установлена возможность для облагораживания органоуполнителя (соломы), совмещение трех полимеробразующих соединений, взаимодействующих с жидким стеклом по различным схемам. В результате полученной системе: «наполнитель – силикатный коллоид (кремгель) – полимерные добавки». Теоретически обосновано и экспериментально доказана возможность легкого бетона с улучшенными теплоизоляционными, термодинамическими, а также гидрофизическими свойствами и деформативными показателями на основе местных отходов растениеводства и полимерсиликатно-гипсозолощелочных

вяжущих. На основании экспериментальных данных разработаны оптимальные составы водостойкого арболита из частиц соломы с минерализацией их полимерсиликатной пленкой и гипсозолощелочного вяжущего, что позволяет повысить эксплуатационные свойства материала.

Новый способ подготовки органозаполнителя с облагораживанием частиц из соломы защитной полимерсиликатной защитной пленкой заполнителя от редуцирующих веществ обработкой гипсозолощелочного вяжущего создает прочную консервацию водостойкой композиции.

Это придает арболиту формостабильность, постоянство контакта поверхности частиц с комплексной защитной плёнкой, поэтому при воздействиях влаги заполнитель является атмосферостойким.

В предложенном технологическом процессе имеется достаточная склеивающая способность композиции связующего для получения атмосферостойкого арболита и заполнителя из сечки соломы. Новый состав композиции связующего исключает из традиционного технологического процесса операции: вымачивания заполнителя, термообработку изделий после формования, сократить продолжительности циклов и делает технологию атмосферостойкого арболита менее трудоемкой и энергоемкой, чем при производстве цементного арболита [19, 75, 103, 234].

Новая технология для получения облегченного арболита по сравнению с традиционными технологиями арболита позволит в 3,0-3,5 раз сократить время и энергозатраты при приготовлении сырьевой смеси, в 3-5 раза – время укладки и уплотнения смеси, 10-15 раз – длительность цикла твердения изделий, в 3-6 раза – удельную металлоемкость производства.

На рис. 4.11 представлен атмосферостойкий арболитовый стеновой блок на основе местных отходов растениеводства и полимерсиликатно-гипсозолощелочных вяжущих. Основные физико-механические свойства опытных образцов атмосферостойкого арболита из разработанной смесевой композиции приведены в табл. 4.6.



Рисунок 4.11 – Атмосферостойкий арболит с улучшенными теплоизоляционными, термодинамическими, а также гидрофизическими свойствами и деформативными показателями на основе местных отходов растениеводства и полимерсиликатно-гипсозолощелочных вяжущих

Таблица 4.6 - Сравнительные данные физико-механических свойств цементного арболита и атмосферостойкого с ПСД

№№	Показатели	Ед. изм	Вид заполнителя и связующего	
			древесная дробленка, цементное вяжущее	частицы соломы, гипсозолощелочное вяжущее+модификаторы
1.	Плотность	кг/м ³	500 - 800	550 - 650
2.	Предел прочности при сжатии	МПа	2,8 - 3,6	3,2 - 4,2
3.	Предел прочности при изгибе	МПа	1,1 - 2,4	1,8 - 3,0
4.	Водопоглощение	%	30 - 80	35 - 55
5.	Коэффициент теплопроводности	Вт/м·к	0,10 - 0,16	0,08 - 0,12
6.	Морозостойкость,	цикл	25-50	30-50
7.	Биостойкость		биостойкие	биостойкие
8.	Огнестойкость		трудногораемые	трудногораемые

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 4

1. В результате анализа математического планирования эксперимента установлено, что при оптимальном составе (гипса 35 %, золы 30 % и смолы 12%) с прочностью до 4,2 МПа, плотностью $\rho \geq 650$ кг/м³ можно получить конструкционно-теплоизоляционному материал марки М25 с классом прочности В1,5 и В2. Полученный арболит может использоваться для возведения несущих конструкций, межкомнатных перегородок одно и двухэтажных зданий.

2. Анализ и обобщение имеющихся работ предшественников в области создания арболита для стеновых и ограждающих конструкций зданий на основе местного растительного сырья (соломы) и минеральных вяжущих (гипс и зола) позволили определить приоритетное направление возможного улучшения качественных показателей РВК для изделий, заключающиеся в разработке новых технологических решений изготовления и введения в РВК структурообразующих и гидрофобных добавок путем эффективных способов подготовки сырьевых компонентов. Это позволяет повысить прочность при сжатии до 4,22 МПа и морозостойкостью до 30-50 циклов, получить низкую теплопроводность и повысить деформативность материала.

3. Разработан и предложен эффективный способ подготовки (облагораживания) органического заполнителя (сечки соломы) пленкообразующим составом (фенолформальдегидная смола СФЖ-3066, жидкое натриевое стекло и катализатор нитроплопериметилфосфорная кислота НПФК).

4. Разработано и определено оптимальное соотношение, компонентов из растительного сырья ПСГЗЩ вяжущей композиции для приготовления поризованного арболита, масс. %: солома – 25-35 + жидкое натриевое стекло 12; гипс марки Г-7 -30-35 + замедлитель схватывания гипса (добавки неполной соли 1-оксиэтилен-1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноломином) - 0,05; зола – 25-30; смола СФЖ-3066 – 8-12 + катализатор нитроплопериметилфосфорная

кислота НПФК – 0,3 (87 % серной кислоты, 13 % ортофосфорной кислоты); ПЦК – 3-5; глиногипс (гажа) – 2; пластификаторы ЛСТ-0,15; СКС–0,2, СДБ–0,15; модифицированный отвердитель М-4-0,5 и остальное вода.

Предложенный состав РВК создает эффект модификации вяжущего за счет подготовки сырьевых компонентов (облагораживания) пленко-образующими полимер-силикатными добавками и в процессе твердения образцов арболита образуется твердое вещество – гидросиликат кальция.

5. Установлено влияние пленко-образующих полимерсиликатных и пластифицирующих добавок на адгезионную прочность частиц соломы с комплексным минеральным вяжущим (гипс+зола БТЭЦ), что способствует полному использованию вяжущих свойств гипсозолощелочного связующего с проявлением дополнительного эффекта от контакта с модифицированной полимерсиликатнопластифицирующей композицией.

6. Результаты исследований позволяют сделать заключение о том, что в повышении прочностных показателей арболитовых изделий с улучшенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами первым необходимым технологическим процессом является операция облагораживания заполнителя.

7. Результаты работы позволяют получать арболитовую смесь из соломы на ПСГВ для изготовления легких поризованных строительных арболитовых блоков. Основным преимуществом бесцементного поризованного арболита с использованием в комплексном вяжущем полимерсиликатных компонентов является низкая теплопроводность и малое сорбционное увлажнение при достаточно высоких показателях прочности.

8. Установлено, что эксплуатационные свойства поризованного арболита (морозостойкость, атмосферостойкость) обусловлены его водопоглощением, расходом вяжущего, плотностью и соответствуют требованиям ГОСТов.

9. Разработана работоспособная эффективная энергосберегающая технология производства поризованного атмосферостойкого арболита

улучшенной структуры и повышенных технических показателях на основе заполнителя местного растительного сырья и ПСГЗЦВ.

10. Разработана и рекомендована к внедрению нормативная документация на производство изделий из целлюлозосодержащего арболита на основе ПСГЗЦВ.

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И СТОЙКОСТИ МОДИФИЦИРОВАННОГО, ОБЛЕГЧЕННОГО АРБОЛИТА К ЦИКЛИЧЕСКИМ ВЛАГОПЕРЕМЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

5.1. Зависимость прочности модифицированного, облегченного арболита от состава

Одним из основных показателей, характеризующим свойства модифицированного арболита как стенового строительного блока, является прочность.

При проведении исследований необходимо было знать какая прочность модифицированного арболита при разных его объемных весах является практически достижимой. Результаты исследований получились довольно разноречивыми (рис. 5.1). Это объясняется прежде всего неодинаковым исходным сырьем, на котором проводились исследования. Кроме того, имело различие в составах поризованного арболита и в условиях твердения. В табл. 5.1. приведены значения прочности цементного и атмосферостойкого арболита в зависимости от их объемного веса [347, 348, 349, 138].

Таблица 5.1. – Кубиковая прочность облегченного модифицированного арболита

Плотность после кондиционирования в кг/м ³	Кубиковая прочность в кг/см ³	
	цементный арболит на основе древесной стружки	атмосферостойкий арболит на основе ПСГЗЦВ и соломы
550	20	25
600	25	30
650	30	35

Приведенные данные показывают, что имеется реальная возможность значительно повысить марку облегченного арболита. Эта возможность станет действительностью при условии применения качественного сырья, правильного состава, водовяжущего отношения, условий твердения арболита, а также строгого контроля технологического процесса приготовления вяжущего [158, 209, 274, 275]. Исследования смесей на основе гипса, золы и различных химических добавок и наполнителями, показали определенную зависимость между прочностью и составом. Эта зависимость выражается кривой с максимумом прочности при содержании в сухой смеси гипсозольного (гипс:зола БТЭЦ - 40:60) компонента при объемной массе 600-650 кг/м³

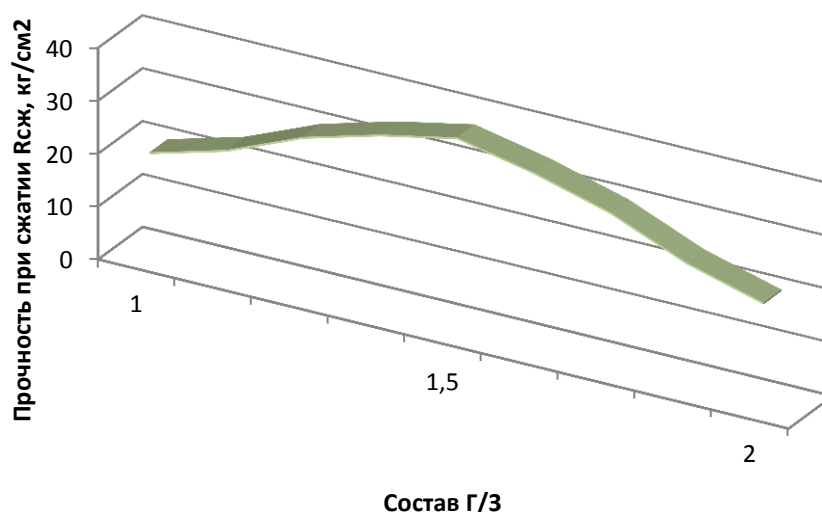


Рисунок 5.1 - Зависимость прочности облегченного арболит от гипсозоловяжущего отношения (Г/З)

Постепенное увеличение содержания золы (точка на кривой, соответствующая Г/З=1,0) приводит к увеличению прочности. При дальнейшем увеличении добавки золы фазовый состав в основе своей не изменяется, однако, образуется новое соединение – ксенолит.

Снижение прочности от добавки золы сверх оптимального, по видимому, вызвано главным образом разбавлением образовавшегося «клея» непрореагировавшими частицами золы. Характер зависимости прочности модифицированного арболита от состава имеет большое практическое

значение, так как позволяет для конкретных материалов найти максимальную прочность при наименьшем расходе вяжущего [349].

Оптимальные соотношения между гипсом и золой для модифицированного арболита разного объемного веса, представленные кривыми прочности на рис. 5.2, позволяют отметить, что для объемного веса 600-650 кг/м³ это соотношение близко к 1:1, конструкционные блоки, 550-600 кг/м³ оно близко 1:1,5, это конструкционно-теплоизоляционные блоки, а для теплоизоляционных арболитовых блоков объемным весом 500-550 кг/м³, соотношение равно 1:2.0.

Анализ кривых прочности модифицированного арболита разного объемного веса позволяет сделать важный практический вывод о необходимости перехода на малые объемные веса, так как при этом можно значительно снизить расход вяжущего, работая на оптимальном составе.

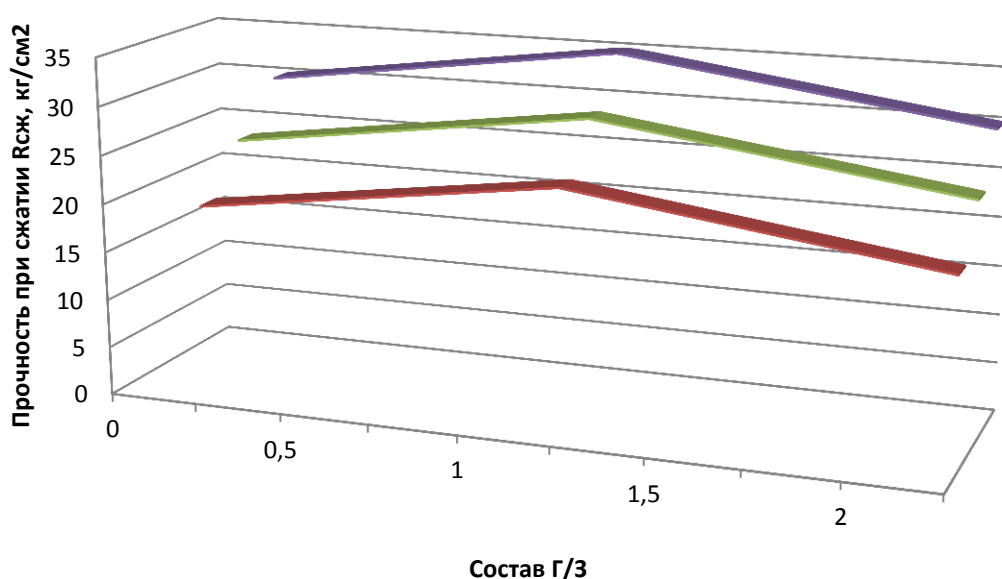


Рисунок 5.2 - Зависимость прочности модифицированного арболита разного объемного веса от Г/З: 1- $\gamma = 500-550$ кг/м³; 2 - $\gamma = 550-600$ кг/м³; 3 - $\gamma = 600-650$ кг/м³

5.2. Снижение влажностных деформаций растительного наполнителя в композите

Фенолоформальдегидные полимеры находят широкое применение в производстве строительных материалов и изделий на основе древесины в качестве связующего. Используются при изготовлении фанеры, древесных плит, столярных изделий, теплоизоляционных материалов. Присутствие в древесине фенолоформальдегидных полимеров, введенных в результате пропитки с последующим отверждением, снижает воспламеняемость по сравнению с аналогичными изделиями из натуральной древесины. От большинства жидких фенолоформальдегидных полимеров резольного типа фенолспирты отличаются малым молекулярным весом и небольшой (150 спз) вязкостью. Малые молекулярный вес и вязкость способствуют проникновению фенолспирта как в полость, так и в стенки клеток древесины. При процессах термоотверждения фенолспирты и, тем самым, обеспечивается стабильность формы и размеров элементов готовых изделий, увеличивается их прочность и жесткость, повышается сопротивление возгоранию и загниванию [43, 164, 238, 242].

Известно, что влажность гипсового камня в арболите находится в пределах 7,5-12 %, а сечки соломы – 13,5-28 %. Полимеры и пластификаторы затвердевшие в поровом пространстве композиции и контактной зоне, создают дополнительный пространственный каркас. Прочность полимеров на сжатие 12-16 МПа позволяет им воспринимать часть усадочных напряжений. Этим объясняется повышенная стойкость арболита к атмосферным воздействиям, главными факторами которых являются напряжения усушки-набухания [147, 149, 155, 212, 218] Для проверки атмосферостойкости арболита с минерализацией наполнителя полимерсиликатными составляющими образцы 10x10x10 см подвергали попеременному увлажнению-высушиванию. Цикл испытаний состоял из увлажнения в течение 24 часов и высушиванию до

постоянной массы при температуре 80 °С. Всего было проведено 25 циклов. Атмосферостойкость оценивали изменением прочности при сжатии (рис. 5.3).

Из результатов испытаний (рис. 5.3) следует, что полимерсиликатная пленка на поверхности частиц в атмосферостойком арболите затрудняет проход влаги в солому и развитие влажностных деформаций. По результатам испытаний (рис. 5.1) видно, что в процессе циклического увлажнения – высушивания прочность атмосферостойкого арболита снижается в меньшей степени, чем золощелочного, и практически незначительно уступает традиционному цементному арболиту. Это свидетельствует о достаточной атмосферостойкости нового материала.

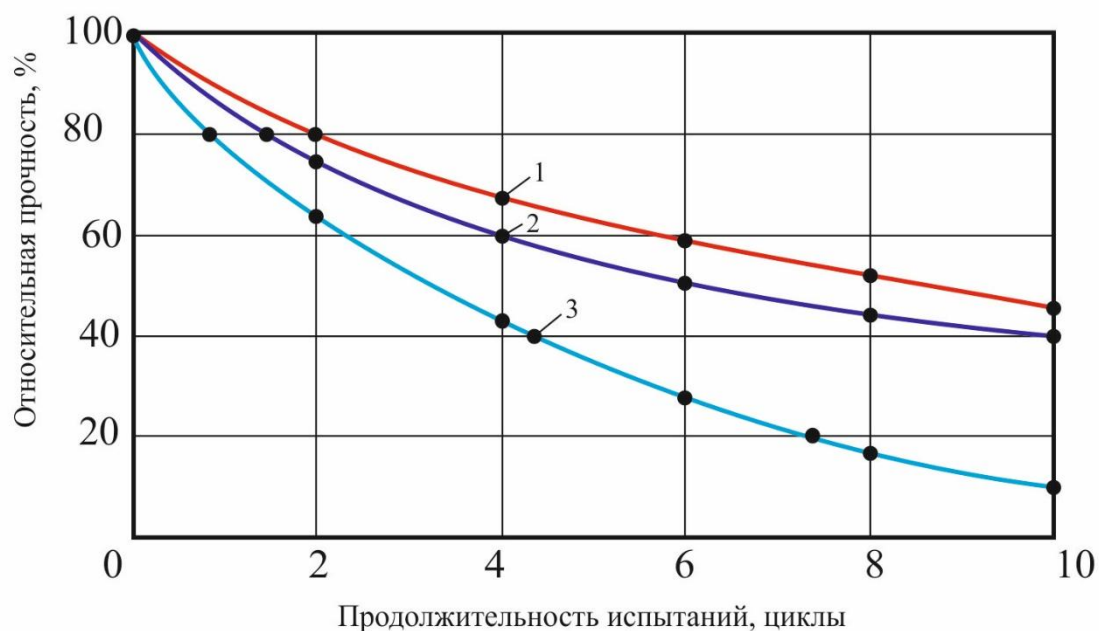


Рисунок 5.3 - Изменение прочности арболита на сжатие при циклическом увлажнении-высушивании образцов: 1 – цементный арболит на растительном заполнителе; 2. – атмосферостойкий арболит на ПСГЗЩВ; 3. – арболит на золощелочном вяжущем

Основные строительно-технические показатели атмосферостойкого арболита и сравнительные данные с аналогичными материалами приведены в табл. 5.2. видно, что предлагаемый новый материал атмосферостойкий арболит из рубленой соломы, гипсозолощелочных минеральных вяжущих и полимерсиликатными добавками, пластификаторами является трудногорючим

(ТГ), достаточно водостойким, довольно прочным и высокими теплоизоляционными свойствами и может быть рекомендовано к применению в зданиях в качестве стеновых панелей.

Таблица 5.2. - Основные строительно-технические свойства образцов конструкционно-теплоизоляционных материалов на основе органоуплотнителей и минеральных вяжущих

№ п/п	Материал	Плотность, кг/м ³	Прочн. на сж. при 100% деф., МПа	Сорбционное увлаж. W _c , % за 24 ч.	Влажность по массе за 24 ч.%, не более	λ , Вт/(м·К) при (25±5) ⁰ С	Стойкость при вымач. – высуш., циклов	Горючесть
1	Арболит (ГЗЩВ, солома и ПСД)	550-650	3,2-4,2	2,8-3,0	14-20	0,08-0,12	30-50	ТГ
2	Цемент. арболит на основе древ. стружки	500-800	0,8-2,0	10-15	До 18,0	0,1-0,9	30	ТГ
3	Фибролит на цементном вяжущем	450-500	0,95-3,0	5,0	12-15	0,09-0,10	30	НГ
4	Цемент.-стружеч. плиты – ЦСП $\delta=1,8-2$ мм	1413 - 1375	0,5-3,0	Не более 3,0	12-13	0,26	20	ТГ

Примечание: В таблице 5.1 приведены среднестатистические данные по испытанию контрольных образцов материалов

5.3. Гидрофизические свойства модифицированной композиции арболита для стеновых блоков

Одной из важных характеристик арболита является водопоглощение, т.к. от него зависят такие эксплуатационные свойства, как морозо- и атмосферостойкость.

Разные составы ПСГЗЩВ способствуют увеличению плотности арболита, тем самым сокращая водопоглощение. Уменьшение поглощения изделия водой способствует тесная структурная связь в композиции за счет обволакивания частиц наполнителя вяжущим [152, 157, 164, 166].

Данные испытания образцов арболита на морозостойкость и атмосферостойкость приведены в табл. 5.3 и 5.4.

Таблица 5.3. – Морозостойкость облегченного поризованного арболита с разным объемным весом

Состав по весу в %				Объемный вес в кг/м ³	Количество циклов испытания	Количество циклов после которых обнаружены признаки разрушения	Предел прочности при сжатии в МПа образцов		Коэффициент морозостойкости R_M/R_k
солома	гипс	зола	МС				после 30 циклов	контрольных	
45	25	20	10	562	30	30	3,26	3,20	1,02
37	25	30	8	574	30	30	3,35	3,32	1,01
35	25	25	12	579	30	30	3,76	3,72	1,01
28	30	25	12	644	30	30	4,06	4,05	1,00
25	35	30	10	650	30	30	4,18	4,17	1,00

По морозостойкости поризованный арболит из разработанных составов относится к Мрз 30-50. Данные испытания образцов арболита на морозостойкость в табл. 5.4.

Испытание атмосферостойкости при попеременном увлажнении и высушивании образцы выдерживают 40 циклов, а арболит из 4-го состава – 25 циклов без существенной потери прочности. Поризованный арболит характеризуется как негорючий; отмечается хорошая гвоздимось.

Таблица 5.4. – Морозостойкость образцов облегченного поризованного арболита

№ состава	Начальная прочность $R_{сж}$, МПа	Прочность контрольных образцов $R_{сж}$, МПа	Прочность после испытания $R_{сж}$, МПа		Марка по морозостойкости F
			30 циклов	50 циклов	
1	3,21	3,20	3,16	3,14	30
2	3,59	3,58	3,53	3,48	30
3	3,98	3,96	3,91	3,88	40
4	4,22	4,20	3,16	4,12	50

Испытание на морозостойкость важно для изделий, применяемых в качестве стенового материала, так как они подвергаются непрерывному воздействию различных атмосферных явлений, в том числе попеременному замораживанию и оттаиванию.

При замораживании арболитовых блоков происходит слоистое образование кристаллов льда, которые создают весьма большое давление на стенки пор в направлении, перпендикулярном поверхности охлаждения. Возникающее огромное давление и является причиной разрушения арболитового блока.

Естественно, степень заполнения пор водой, о которой можно судить по водопоглощению, и характер пористости во многом определяют морозостойкость материала. Морозостойкость модифицированного арболита

зависит и от других факторов: вида и качества исходного сырья, состава, условий твердения, объемного веса и.т.д. [293, 295, 307, 310].

Результаты испытания на морозостойкость теплоизоляционного атмосферостойкого арболита следующие: коэффициент морозостойкости составляет 1,05 - 1,02 после 30-50 кратного замораживания при температуре от 18 до 20 °С и оттаивании при температуре +18 °С.

Как было отмечено выше, атмосферостойкий арболит, изготовленный с оптимальным гипсозолощелочным вяжущим и водовяжущим отношением, выдерживает до 100 циклов испытаний на морозостойкость. Если судить о долговечности полимерсиликатно-гипсозолощелочного арболита по результатам его испытаний на морозостойкость, как это обычно принято для применяемых в качестве стеновых материалов кирпича и бетона, то можно считать, что модифицированный, атмосферостойкий арболит вполне долговечен.

В результате периодического намокания и высыхания стены из атмосферостойких арболитовых блоков, структура материала расшатывается, а в этих условиях воздействие мороза и вредных газов атмосферы может привести к разрушению материала. С внутренней стороны в местах, где установлены отопительные батареи, материал высыхает, вследствие чего может резко увеличиться его усадка и появиться трещина.

Следовательно, когда речь идет о долговечности атмосферостойкого арболита, следует учитывать поведение материала во времени при суммарном воздействии различных факторов атмосферы, а не только при замораживании и оттаивании.

К сожалению, до сих пор нет еще общепризнанной методики по определению атмосферостойкости арболитовых блоков, и в частности полимерсиликатно-гипсозолощелочных, для которых такая характеристика особенно необходима.

Применяемый отдельными исследователями метод, при котором, установленные на крыше здания, подвергаются воздействию всевозможных

факторов атмосферы, позволяет сделать определенные выводы о долговечности того или иного арболитового блока.

Наблюдения, проведенные нами по такому методу, показали, что образцы модифицированного арболита объемного веса 650 кг/м^3 , изготовленные из отходов растительного сырья, обработанная с СФЖ-3066, на смешанном вяжущем при $\Gamma/З=1/1$, после хранения в лаборатории в течение 1 года и затем на крыше в течение 1 года 6 месяцев разрушились.

Учитывая агрессивные воздействия атмосферы на модифицированный арболитовый блок, необходимо изделия из него защищать с наружной поверхности специальными покрасками, а в отдельных случаях офактуривать. Испытание атмосферостойкости при попеременном увлажнении и высушивании образцы выдерживают 50 циклов, а арболит из 4-го состава – 25 циклов без существенной потери прочности. Данные испытания образцов арболита на атмосферостойкость приведены на рис. 5.4.

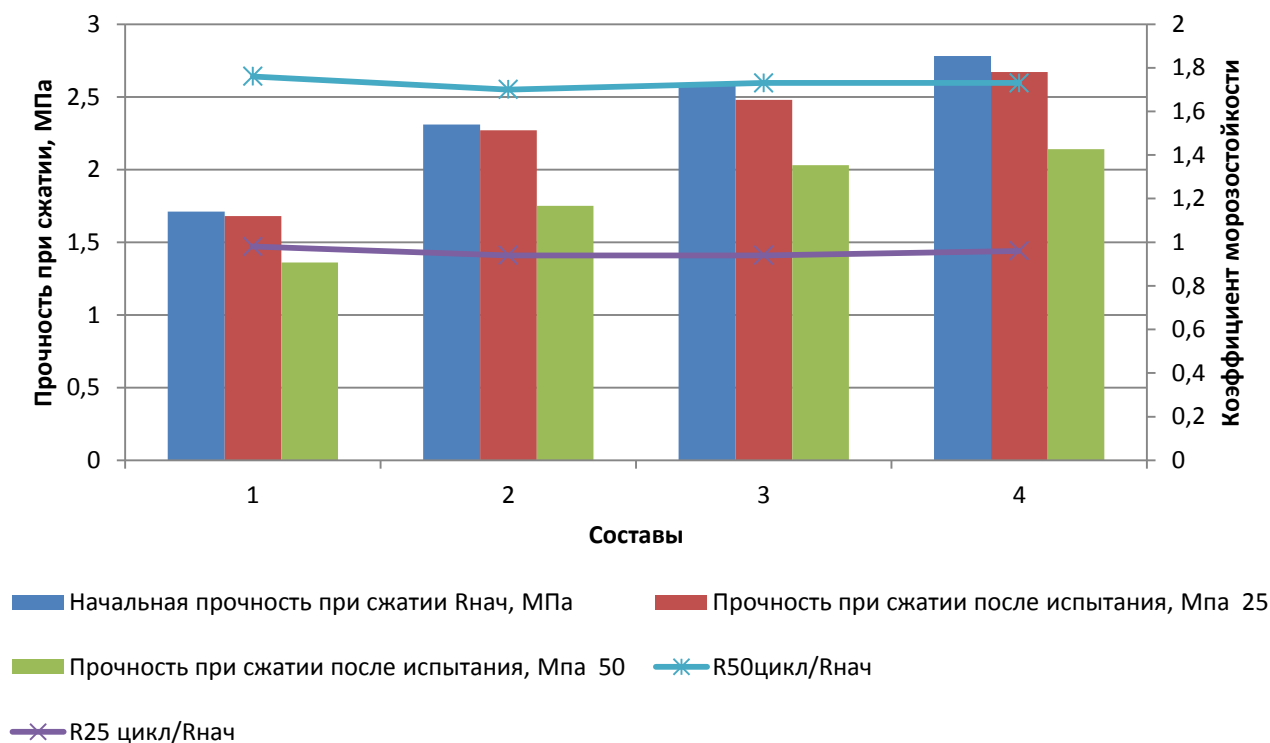


Рисунок 5.4. - Атмосферостойкость образцов поризованного арболита

При полном насыщении водой даже обычные плотные бетоны разрушаются после 3-4 циклов испытания на морозостойкость. Водопоглощение атмосферостойкого арболита зависит от объемного веса и Г/З (рис. 5.5).

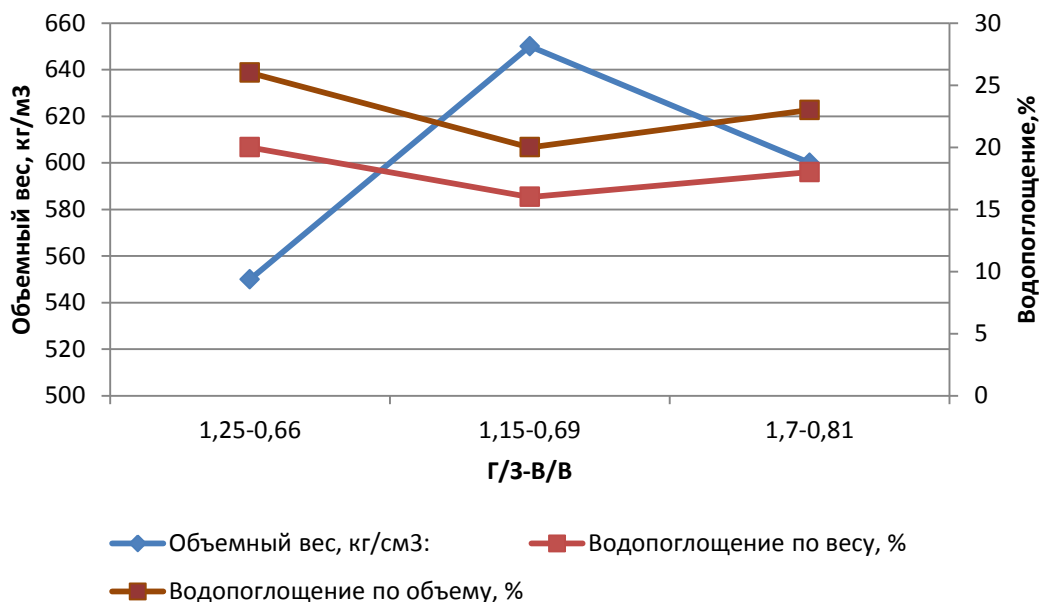


Рисунок 5.5 - Зависимость водопоглощения атмосферостойкого арболита от объемного веса

Полученные результаты (рис. 5.5) свидетельствует о том, что с уменьшением объемного веса водопоглощение по весу увеличивается, а по объему оно изменяется мало. Повышение водопоглощения с уменьшением объемного веса атмосферостойкого арболита объясняется увеличением его пористости.

Уменьшение водопоглощения арболита после их термической обработки в течение 10 суток объясняется известным свойством целлюлозы снижать свои адсорбционные свойства при нагревании. Нагреваемый полимер дополнительно структурируется и становится менее восприимчивым к действию влаги. Предел прочности арболита на сжатие снижается до 2 % [152, 347, 348, 352].

При изготовлении модифицированных арболитовых блоков иногда появляются трещины, это является следствием неравномерной усадки ПСГЗЩ композиции. Приведенные же нами замеры усадки атмосферостойкого арболита после его твердения показывают, что величина ее колеблется для разных составов и объемных весов от 0,05 до 0,35 мм на 1 пог.м. При неравномерном распределении заполнителей частиц из соломы и вяжущих компонентов и модификаторов, в них возникают усадочные деформации, вызывающие внутренние напряжения, которые и приводят к появлению трещин в недостаточно прочном материале. Максимальную прочность и минимальную усадку обеспечивает сырьевая смесь приготовленная на смешанном вяжущем.

5.4. Упругие свойства атмосферостойкого облегченного арболита

Исследования упругих свойств атмосферостойкого облегченного арболита были проведены на призмах размером 7х7х28 см, выпиленных из призм размером 15х15х60 см. Для исследования были взяты образцы облегченного арболита разного объемного веса, изготовленного на смешанном вяжущем.

Образцы испытывались через год после изготовления в высушенном до постоянного веса состоянии.

Динамический модуль определяли на приборе ИЧМК-2 по изгибным колебаниям и вычисляли по формуле

$$E_d = 1,35 \cdot 10^{-6} \left(\frac{l}{b}\right)^3 \frac{p f_u^2}{h} \quad (5.1)$$

где E_d - динамический модуль упругости; p – вес; f_u -частота изгибных колебаний; l - длина; b -ширина; h -высота.

Статический модуль определяли на прессе на тех же призмах с установленными на них датчиками. Нагрузка производилась ступенями в 1/10 от разрушающей. Деформации измеряли проволочными тензодатчиками: продольные – датчиками с базой 75 мм, а поперечные датчиками с базой 25 мм. Расположение тензодатчиков указано на рис. 5.6.

Результаты определения статического и динамического модулей упругости образцов-призм из облегченного арболита приведены в таблице 5.7. На основании результатов испытания можно отметить следующее. Динамический модуль облегченного арболита, выше статического. Для облегченного арболита объемного веса $500 \div 650 \text{ кг/м}^3$ E_d находится в интервале $12000 \div 50000 \text{ кг/см}^2$. Статический модуль в среднем меньше динамического на 5000 кг/см^2 .

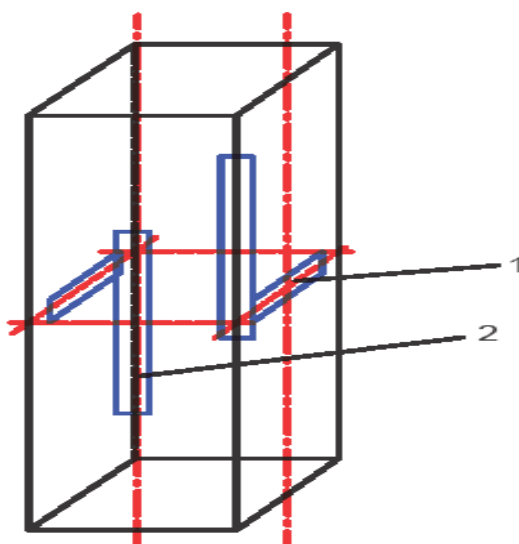


Рисунок 5.6 - Схема расположения тензодатчиков на образце 1-датчик с базой 25 мм, 2-датчик с базой 75 мм

5.5. Теплофизические свойства облегченного арболита

При проверке действия повышенных температур образцы плит арболита размером $20 \times 20 \times 10$ мм после кондиционирования при $t=20 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности до 60 % испытали на прочность при сжатии и водопоглощении.

Поризованный арболит характеризуется как негорючий; отмечается хорошая гвоздимкость. Результаты испытаний приведены в табл. 5.5.

Таблица 5.5. – Физико-механические характеристики модифицированного арболита после выдержки при повышенных температурах

Температура, °С	Продолжительность выдержки, сутки	Плотность плит, кг/м ³	Предел прочности при сжатии		Водопоглощение за 24 часа	
			МПа	% от контрольных образцов	%	% от контрольных образцов
100	5	562	3,26	97	38	94
100	10	610	3,84	94	34	86
100	15	650	4,18	92	30	78

Разработанные новые составы ПСГЗЩ арболита испытаны на огнестойкость в лаборатории ДСК «Азат». Результаты исследований, проведенных в соответствии ГОСТ 12.1.-044, подтверждают, что новые полученные составы сырьевой смеси атмосферостойкого арболита являются трудногорючими. [156, 204, 211, 220].

Результаты определения теплопроводности атмосферостойкого арболита приведены в табл. 5.6. и 5.7.

Таблица 5.6. – Теплофизические характеристики арболита

Плотность, кг/м ³	Влажность, %	Теплопроводность, Вт/м·К	Теплоемкость, Дж/кгК
562	14,4,	0,088	1226
610	15,6	0,096	950
644	17,2	0,118	1162
650	18,1	0,122	706

Таблица 5.7. – Основные характеристики облегченного арболита

Вид свойства	Теплоизоляционный арболит	Конструкционный арболит	ТКА
Плотность, кг/м ³	550	650	600
Предел прочности при сжатии, МПа	3,24	4,22	3,73
Класс прочности, В	1,0	2,0	1,5
Коэффициент теплопроводности, Вт/(мК)	0,094	0,123	0,112
Модуль упругости, МПа	420	540	450
Морозостойкость, циклы	30	50	40
биостойкость	биостоек	биостоек	биостоек
огнестойкость	трудногорючий	огнестоек	огнестоек
Обработываемость после затвердевания	обрабатывается	обрабатывается	обрабатывается

Теплопроводность атмосферостойкого арболита зависит главным образом от его плотности и влажности (рис. 5.7).

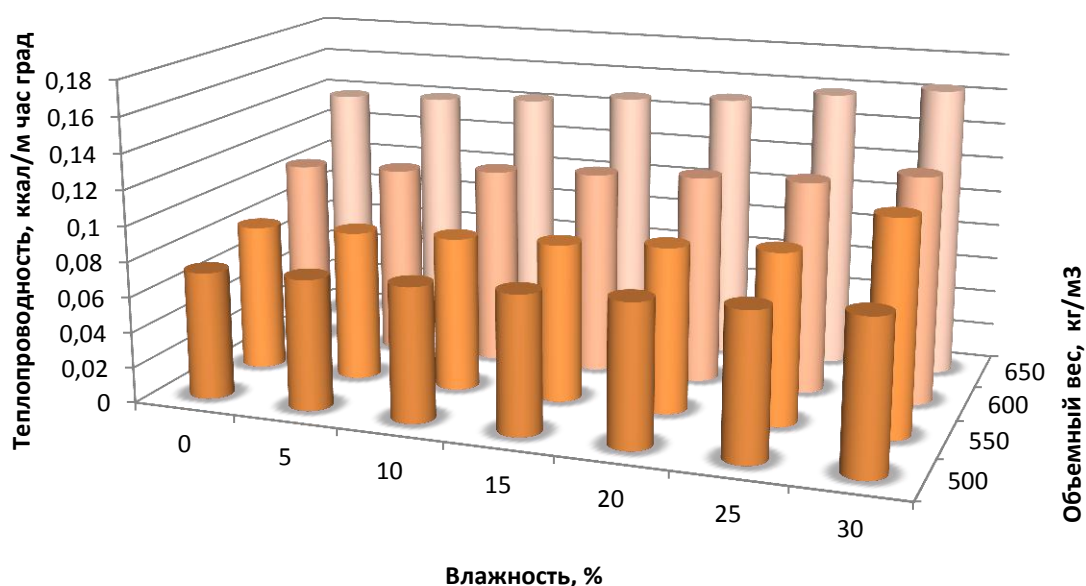


Рисунок 5.7 - Зависимость теплопроводности от объемного веса и влажности атмосферостойкого облегченного арболита при температуре 20 °С

Судя по данным исследователей [124, 122, 129] существенное значение для теплопроводности теплоизоляционно-конструкционного атмосферостойкого арболита имеет его структура. Для выражения зависимости коэффициента теплопроводности λ теплоизоляционно-конструкционного атмосферостойкого арболита от объемного веса γ , влажности W , температуры t и структуры арболита равна:

$$\lambda_t^w = [\gamma (\gamma_0 - 100) + 2,33W + 0,12(t - 20)] \cdot 10^{-3},$$

где λ - коэффициент, отражающий влияние структуры композиционного арболита на теплопроводность. В зависимости от качества атмосферостойкого арболита значения λ изменяются от 0,072 до 0,164.

Теплотехнический расчет арболита приведен в главе 2.7.

Для различных районов были определены требуемые сопротивления теплопередаче – $R_{m.mp}$, $m^2 \cdot xC/Вт$ по формуле (2.1) при коэффициенте теплопроводности арболита $K_m = 0,07 - 0,09$ Вт/($m \cdot ^\circ C$)

Для Жалал-Абадской области (с. Казарман) $R_{m.mp} = 1,55$ $m^2 \cdot xC/Вт$.

Для Иссык-Кульской области (с. Ак-Терек) $R_{m.mp} = 1,01$ $m^2 \cdot xC/Вт$

Термическое сопротивление однородной ограждающей конструкции арболита составило $R_k = 2,857$.

По формуле (2.3) определили сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_T = 3,015$ $m^2 \cdot xC/Вт$

Необходимым условием расчета является:

$$R_m \geq R_{m.mp} \quad (5.2)$$

Таким образом для Жалал-Абадской области

$$3,015 \geq 1,55,$$

т.е., условие выполняется почти с удвоенной тепловой эффективностью. Следовательно, принятая толщина соответствует нормам и в целях экономии

материалов можно уменьшить толщину арболитового изделия (0,15-0,4 м) в 19,4 раза.

Для Иссык-Кульской области

$$3,015 \geq 1,0$$

Условие теплотехнического расчета выполняется с утроенной большей тепловой эффективностью. Следовательно, при поэтому при необходимости или в целях экономии можно уменьшить толщину арболита (0,15-0,4 м) в 3 раза.

Для сравнения выполнен теплотехнический расчет глиняного обыкновенного кирпича с модульным размером 6,5x12x25 см:

$$R_{\text{T}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,37}{0,7} + \frac{1}{23} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{хС/Вт.}$$

Условие не выполняется: $0,7 \geq 1,01$. Следовательно, толщину кирпичной стеной толщиной в полтора кирпича (0,37 м) необходимо увеличить либо применить утеплитель

При толщине 0,51 м. кирпичной стены, т.е. 2 кирпича условие также не выполняется:

$$R_{\text{T}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,7} + \frac{1}{23} = 0,89 \text{ м}^2 \cdot \text{хС/Вт,}$$

$$0,89 \geq 1,01.$$

А при толщине 0,64 м кирпичной стены (2,5 кирпича) условие выполняется:

$$R_{\text{T}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,7} + \frac{1}{23} = 1,07 \text{ м}^2 \cdot \text{хС/Вт,}$$

$$1,07 \geq 1,01$$

Таким образом, теплотехнические расчеты показали, что по теплотехническим свойствам 0,15м толщина арболита приравнивается к 0,64 м толщине глиняного обыкновенного кирпича.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 5

1. Установлено, что эксплуатационные свойства поризованного арболита (морозостойкость, атмосферостойкость) обусловлены его водопоглощением, расходом вяжущего, плотностью и соответствуют требованиям ГОСТов. Морозостойкость поризованного арболита разработанных составов относится к Мрз 30-50.

2. Разработан новый строительный материал – конструкционно-теплоизоляционный поризованный арболит с заданными свойствами прочностью 3,2 - 4,2 МПа при плотности 550...650 кг/м³ и теплопроводностью 0,08...0,12 Вт/м·К. Полученный арболит соответствует законам прочности, створа и конгруэнции при использовании его в качестве стеновых блоков при статических и динамических нагрузках в сейсмостойком строительстве.

3. Разработана энергосберегающая технология получения поризованного арболита улучшенной структуры на основе заполнителя местного растительного сырья и ПСГЗЩВ.

4. Рекомендована к внедрению технологическая карта на производство облегченного арболита на основе заполнителя из местного сырья и ПСГЗЩВ.

ГЛАВА 6. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ВНЕДРЕНИЕ ОБЛЕГЧЕННОГО АРБОЛИТА И ЕГО ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Теоретически обоснованная и экспериментально доказанная возможность получения легких бетонов, в частности и, атмосферостойкого, облегченного арболита с улучшенными теплоизоляционными и деформативными показателями на основе гипсозолощелочных смесей и сечки соломы минерализованной ПСД и пластификаторами определяют целесообразность организации выпуска этого нового энергосберегающего эффективного материала для строительного комплекса в КР [152, 153, 158, 208, 209, 211, 218].

Развитие строительной индустрии страны в условиях перехода на рыночный путь ставить перед исследователями и производителями строительных материалов решение задач рационального использования материальных ресурсов, внедрение прогрессивной инновационной технологии в производство строительных изделий, а также более широкого вовлечения дешевых местных сырьевых ресурсов и отходов различных отраслей сельского хозяйства и промышленности.

Одним из приоритетных направлений в настоящее время является разработка и совершенствование технологии производства облегченного арболита, который относится к эффективным видам легких блоков, являясь при этом типичным строительным материалом, так как его производство базируется на использовании сельскохозяйственных отходов растительного происхождения и отходов БТЭЦ, что в сущности улучшает экологическую обстановку региона. Ценным сырьем для производства органических теплоизоляционных материалов являются частицы соломы пшеницы.

6.1. Технология получения опытных партий облегченного арболита в условиях производства

По предложенным составам сырьевой смеси были выпущены опытные партии арболитовых изделий в производственных условиях предприятий в ОсОО «Домостроительный сервис» «Азат» (г.Бишкек), ОсОО «Меркит-Курулуш» (г.Ош), ОсОО «Элит-Строй-Сити» (г. Ош), ОсОО «Тиниал» (г.Худжанд, Республика Таджикистан), ЦСОЗС АО «КазНИИСА» (г.Алматы, Республика Казакстан). Акты внедрения приведены в Приложениях.

При разработке технологии приготовления облегченного арболита в заводских условиях исследовалось влияние следующих факторов:

- порядок перемешивания компонентов и общая продолжительность технологического процесса;
- соотношение количества компонентов в зависимости от получаемых значений прочности и плотности атмосферостойкого арболита;
- вид смазки и условия нанесения смазки на формы и крышки форм;
- вид и величина уплотнения;
- условия и время выдержки строительных блоков из атмосферостойкого, облегченного арболита, без учета параметров тепловой обработки;
- время фиксации формирующего усилия.

Рациональные параметры указанных факторов определялись в зависимости от показателей плотности получаемого облегченного арболита, пределов прочности его при сжатии после твердения в нормальных естественных условиях в различном возрасте.

Учитывались также однородность структуры получаемого строительного материала, внешний вид изделий, шероховатость и целостность поверхности и граней, влажность водостойкого арболита в изделиях к моменту испытания и при отгрузке их потребителю не должна превышать (по ГОСТ 19222-84*) 25 % по массе.

Вода для приготовления арболита соответствовала требованиям ГОСТ 23732-79. Формы для изготовления изделий из арболита удовлетворяли требованиям ГОСТ 18886-73 и ГОСТ 12505-67.

Требования к точности изготовления изделий в стандартах или технических условиях на конкретные изделия устанавливали в виде предельных отклонений от номинальных размеров по ГОСТ 13015-75. Приемку арболита и изделий произвели в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.1-81.

Проверку качества арболитовой смеси произведена по следующим показателям:

- удобоукладываемость по ГОСТ 10181.1-82;
- плотность (В уплотненном состоянии) по ГОСТ 10181.2-81;
- расслаиваемость по ГОСТ 10181.4-81;
- объем межзерновых пустот или вовлеченного воздуха в арболитовую смесь по ГОСТ 10180-78;
- прочность арболита на сжатие определены по ГОСТ 10180-78 и ГОСТ 18105.1-80.

Для определения прочности арболита изготовлены три серии по три образца (в каждой серии) арболита размерами 150x150x150 мм.

- морозостойкость арболита в изделиях определены по ГОСТ 7025-78;
- теплопроводность арболита определены по ГОСТ 7076-78.
- влажность арболита определены по ГОСТ 12730.2-78 на пробах, отобранных из изделий.
- испытание изделий из арболита и оценку их прочности и жесткости проведены по ГОСТ 8829-77.

Состав арболита для опытной партии на предприятиях приведен в табл. 6.1.

Технология изготовления арболита в условиях включала: подготовку сырьевых материалов, измельчение соломы до 30-50 мм; обработка заполнителя жидким стеклом с последующей подсушкой; смешивание

заполнителя с полимерпластифицирующими добавками, композиции с гипсозолощелочными вяжущими; приготовление смеси в смесителях принудительного действия в течение 3-5 минут; укладку в формы с подпрессовкой в течение 15 минут, под давлением 0,3-0,8 МПа в зависимости от заданной плотности, распалубка.

Таблица 6.1 - Состав сырьевой смеси облегченного арболита

Наименование	в мас. %
Сечка соломы	25-35
Гипс марки Г-7, замедлитель схватывания гипса – добавка неполной соли 1-оксиэтилен -1,1- дифосфоновой кислоты с триэтаноламином	30-35 0,05
Зола	25-30
Портландцементный клинкер	3-5
Жидкое натриевое стекло	12
Сульфатно-дрожжевая бражка	0,15
Глиногипс (гажа)	2
Полимерсиликатная добавка на основе малоцентрированной смолы СФЖ-3066	8-12
Бутадиенстирольный латекс	0,2
Лигносльфат технический	0,15
Катализатор – нитроплопериметилфосфорная кислота НПФК (80% серной кислоты+20% ортофосфорной кислоты)	0,03
Модифицированный отвердитель М4	0,5
Вода	остальное

Отформованные изделия выдерживались в закрытом помещении склада при температуре 20 °С в течение 24 часов, затем переносились под навес, где досушивались в естественных условиях. Максимальные размеры по

изготовлению облегченных арболитовых блоков и плит приведены в таблице 6.2 по ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него»

Таблица 6.2. – Максимальные размеры арболитовых блоков и плит в миллиметрах

Наименование размера	Размер		
	Блок каменной кладки	Блок несъемной опалубки	Акустический блок
Длина	600	1000	1000
Ширина	400	380	250
Высота	250	250	250

Нормируемая прочность арболитовых блоков и плит каменной кладки в проектном возрасте должна соответствовать установленной в таблице 6.3 для конкретной марки блока по ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него».

Таблица 6.3. – Прочность арболитовых блоков и плит в зависимости от марки

Марка блока по прочности	Предел прочности при сжатии, МПа, не менее	
	Средний для трех блоков	Наименьший для одного из трех блоков
M50	5,0	4,22
M35	3,5	3,66
M25	2,5	3,26

6.2. Производственное внедрение облегченного арболита в ОсОО «Домостроительный сервис «Азат» и технико-экономическая эффективность

При изготовлении облегченного арболита в ОсОО «Домостроительный сервис «Азат», ОсОО «Шерой» использовались следующие материалы: остатки однолетних растений (солома пшеницы), выращенных в Чуйской области, местное модифицированное вяжущего – гипс марки Г-5 и Г-7 выработанные от гипсовых пород Сулу-Терекского месторождения и зола Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ), портландцементный клинкер (ПЦК) Кантского цементного завода, белый глиногипс (ганч), суглинки Шамсинского месторождения. Модификаторы: жидкое натриевое стекло, латекс СКС, новая химическая добавка – смола малоконцентрированная СФЖ-3066 + катализатор ионного типа. Пластифицирующие добавки: СКС, СДБ и ЛСТ и замедлитель схватывания гипса – добавки неполной соли 1-оксиэтилен-1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноломином и модифицированный отвердитель М-4 и остальное вода. На первом этапе испытаний в лаборатории ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» были определены сроки схватывания гипсозольнощелочной смеси для определения интенсивности процессов гидратации (табл. 6.4).

Таблица 6.4. – Сроки схватывания гипсозолощелочных вяжущих композиций

№ сост.	Состав сырьевой смеси по массе, %					Сроки схватывания, ч.-мин	
	гипс+зола	жидкое стекло	МС	глино гипс (гажа)	ПЦК	начало	конец
1	65	12	12,0	2	5,0	1-05	2-45
2	60	12	10,0	2	4,0	1-20	3-05
3	60	12	10,0	2	5,0	1-15	2-65
4	55	12	12,0	2	4,0	1-30	3-35
5	65	12	10,0	2	5,0	1-08	2-75
6	50	12	12,0	2	5,0	1-25	2-55
7	50	12	8,0	2	4,0	1-35	3-25

Для испытаний в лабораторных условиях ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» были заформованы кубики размером 100x100x100 мм, которые твердели в естественных условиях и были испытаны через 28 суток (табл.6.5.).

Таблица 6.5. – Состав смесей и физико-механические характеристик образцов

№№ состава	Гипс	Глино-гипс / ПЦК	Зола	Жидкое стекло	Модификаторов смеси	Солома	Плотность, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте 28 суток
1	35	2/5	30	12	12	25	667	4,28
2	35	2/5	30	12	10	25	652	4,24
3	30	2/5	30	12	10	30	628	3,77
4	30	2/5	25	12	12	35	612	3,57
5	25	2/5	25	12	10	40	570	3,36
6	25	2/5	25	12	8	43	558	3,28
7	30	2/5	20	12	10	40	580	3,38

Результаты показали, что оптимальным наполнителем для теплоизоляционного арболита на гипсозолощелочном вяжущем является солома пшеницы. При этом достигается минимальный расход гипсозолощелочной композиции, при сопоставимых средних плотностях облегченный теплоизоляционный арболит на наполнителе из соломы обладает наибольшей прочностью и наименьшей теплопроводностью. С увеличением расхода гипса и золы прочность и средняя плотность арболита увеличиваются.

При одинаковом расходе гипса и золы в сырьевой смеси прочность гипсозолощелочной композиции намного увеличивается. Эффективным способом повышения прочности облегченного арболита на гипсозолощелочном вяжущем является введение в состав вяжущего добавки портландцементного клинкера.

Анализируя полученных экспериментальных данных прочности модифицированного облегченного арболита с разной плотности позволяет делать выводы о необходимости перехода на малые объемные веса, так как при этом можно сэкономить расход вяжущих композиций. Согласно оптимальным составам (составы 1-7) по предложенной технологии получения гипсозолощелочного арболита выпущена опытно-промышленная партия образцов конструкционных облегченных арболитовых блоков размерами 400x200x200 мм и теплоизоляционные плиты размерами 500x300x200 мм которые твердели в естественных условиях. Из изготовленной партии были отобраны образцы – плиты и стеновые блоки для определения средней плотности и прочности после 28-суточного выдерживания.

Результаты испытаний показали, что стеновые блоки на основе разработанного гипсозольнощелочного вяжущего вещества с полимерсиликатными добавками по ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него» относятся к конструкционным, т.е. как блоки класса В 1.5 и В 2.0.могут быть использованы при возведении 2-х и 3-х этажных строений.

А арболитовые панели с плотностью 580 кг/м³ могут быть использованы как теплоизоляционный, так и конструкционный материал. Результаты испытаний приведены в табл. 6.6, 6.7.

Облегченный арболит предназначается для изготовления теплоизоляционных, конструкционных материалов и изделий, применяемых в зданиях различного назначения с относительной влажностью воздуха помещений не более 60% и при отсутствии агрессивных газов.

Таблица 6.6. – Физико-механические свойства арболитовых изделий в ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»»

Изделия	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа,	Вид изделия	Класс по ГОСТ 19222-84*
Стеновые блоки	667	4,4	конструкционные	B2,0
Панели	580	3,7	конструкционно- теплоизоляционные	B1, B1.5

Таблица 6.7. – Физико-механические свойства арболитовых изделий в ОсОО «Меркит-Курулуш»

Изделия	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Морозостойко сть, цикл	Класс по ГОСТ 19222- 84*
Стеновые блоки	652	4,8	50	B1,5; B2,0
Панели	570	3,2	40	B1,0; B1.5

Физико-механические свойства новых арболитовых изделий в сравнении с изделиями по известной технологии приведены в табл. 6.9. и 6.10. Полученные изделия соответствуют требованиям ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него», и могут быть рекомендованы в качестве стеновых блоков в строительстве. Уникальная гипсозолощелочная смесь на основе частицы соломы пшеницы позволяют создать весьма легкий и при этом прочный блок необходимого размера. Нагрузки, которые выдерживает облегченный арболит, позволяют использовать этот материал для возведения несущих стен в конструкциях дач и домов.

Таблица 6.9. – Физико-механические свойства арболитовых теплоизоляционных блоков

Наименование показателей	Ед. измерения	Теплоизоляционный цементный арболит на древесном заполнителе (заводской состав)	Теплоизоляционный арболит на ПСГЗЦВ (новый состав)
Марка арболита по прочности на сжатие – М		10; 15	10; 15
Класс прочности – В		0,35; 0,75;1,0	1,0
Плотность в сухом состоянии	кг/м ³	500;550	500;550
Предел прочности: при сжатии при растяжении на изгиб	МПа МПа	0,5 - 2,0 0,6 - 0,8	0,7 - 2,5 0,8 - 1,1
Модуль упругости при сжатии	МПа	150; 200	200-420;
Теплопроводность при влажности 0,15%	Вт/ (м·к)	0,095-0,105	0,08-0.09
Водопоглощение (длительное)	%	60-80	40-55
Сорбционное увлажнение (при относительной влажности 40-90%)	%	4,5 - 12	3,7-10,8=
Влажность по массе за 24 часа	%	16-18	17-20
Морозостойкость	цикл	10;15	20;30
Усадка, %		0,6-0,8	0,6-0,7
Огнестойкость		Трудногораемый (огнестойкость 0,75-1,5 ч)	
Биостойкость		Биостойкий (V группа)	
Коэфф. звукопоглощения (при частотах звука от 125 до 2000 Гц)		0,17-0,6	

Экспериментальным путем доказано, что возведенное здание с арболитовыми стенами осаживается, как и любое здание после постройки, на такую же величину, но затем легкий арболитовый блок приобретает свою изначальную форму и поднимает здание на прежний уровень.

Теплопроводность по сравнению с другими материалами облегченный арболит превосходит по этим критериям кирпич, столь популярный при строительстве дач, в 5 раз. Сравнивая с пенобетоном (0.10 - 0.35) и газобетоном (0.08 - 0.21) облегченный арболит так же немного выигрывает в этой номинации.

Таблица 6.10. - Физико-механические свойства арболитовых конструкционных блоков

Наименование показателей	Ед. изм.	Конструкц. цемент. арболит на древесн. заполнителе (заводской состав)	Конструкц. арболит на ПСГЗЦВ (новый состав)
Марка арболита по прочности на сжатие – М		25; 35	20;25
Класс прочности – В		1,5; 2,0; 2,5; 3,5	1,5;2,0
Плотность в сухом состоянии	кг/м ³	600; 650;	600;650
Предел прочности: при сжатии при растяжении на изгиб	МПа МПа	2 - 3,5 0,8; 1,0	2,6 - 4,0 0,9-1,3
Модуль упругости при сжатии	МПа	300; 400	420-540
Теплопроводность при влажности 0,15%	Вт/(м·к)	0,12-0,13	0,10-0,11
Водопоглощение (длительное)	%	40-60	30-45
Сорбционное увлажнение (при относительной влажности 40-90%)	%	3,5-10	2,7-8,8
Влажность по массе за 24 часа	%	14-16	15-18
Морозостойкость - циклы		15; 25	40; 50
Усадка, %		0,4-0,5	0,5-0,6
Огнестойкость		Трудногораемый (огнестойкость 0,75-1,5 ч)	
Биостойкость		Биостойкий (V группа)	
Коэфф. звукопоглощения (при частотах звука от 125 до 2000 Гц)		0,17-0,6	

Звукоизоляционные свойства арболита обусловлены тем, что его пористая структура заставляет шум собираться между материалами разной плотности, структурные частицы соломы и гипсозольная модифицированная композиция, таким образом, полностью гася звуковую волну. Если возвращаться к цифрам, то коэффициент звукопоглощения арболита равен 0.17 до 0.6. К примеру, у пенобетона 0,35, у газобетона - 0,2.

Огнеупорные свойства арболита. Благодаря своей многокомпонентной, модифицированной, смешанной структуре облегченный арболит просто не может гореть, растительная составляющая щедро разбавлена гипсом, золой, цементом, и глиногипсом, который не рассыпается и не крошится при возгорании, а остается на месте. Именно поэтому обработанная полимерами частицы соломы пшеницы не загорается и даже не начинает тлеть.

Воздухообмен и поддержание нормального уровня влажности. Благодаря пористой структуре арболит «дышит», не давая воздуху застаиваться, и поддерживает определенный уровень влажности.

Атмосферостойкий арболит очень легкий материал, он не создаст негативных условий для проседания почвы и спокойно сможет устоять на плавунцах.

Недостатки у строительных облегченных арболитовых блоков заключаются в следующих его свойствах: неточная геометрия, из-за того, что формы арболита не настолько точны, как тот же газосиликат или кирпич, рациональность применения во время кладки арболитовых панелей специального клея, обладающего теплосберегающими свойствами, с помощью которого можно было бы минимизировать толщину мостиков холода, ставится под сомнение. В результате, для кладки используют кладочный раствор, что приводит к потере тепла.

Прочность сцепления с арболитом разных материалов отличается и зависит от многих факторов:

- металлическая арматура – 0,1 – 0,4 МПа (на данный показатель влияет марка арболита, вид профиля и даже защитная обмазка арматуры);

- цементно-песочный раствор с соотношением 1:3 – от 1,5 до 1,6 МПа.

Данные табл. 6.9 и 6.10 показывают, что облегченный арболит обладает пределом прочности при сжатии от 0,7 до 4,0 Мпа, при изгибе 0,8-1,3 Мпа. исключают появление трещин. Наиболее прочными характеристиками отличается облегченный арболит с влажностью 15-20%, несмотря на то, что средняя плотность его составляет от 500 до 650 кг/м³.

Гигроскопичное увлажнение данного материала зависит от некоторых факторов: природы целлюлозного наполнения, характеристики химических добавок, средней плотности самого облегченного арболита.

Как видно из табл. 6.9 и 6.10 показатель увлажнения невелик и варьируется в пределах 2,7-10,8 % при обеспечении относительной влажности от 40 до 90 %, что подтверждает его негигроскопичность.

Высокий процент водопоглощения (от 35 до 45 %) показывает, что материал легко поглощает и быстро отдает влагу обратно. При строительстве возможно уменьшить водопоглощение арболита путем нанесения специальных покрытий. А вот защитные средства от грибка и плесени наносить не нужно, так как арболитовые строительные блоки обладают высокой биостойкостью, что обеспечивает долговечность эксплуатации зданий.

Материал не подвержен горению, может выдержать температуру до 1000° в течение 1-1,5 часа. Сертификат пожаробезопасности доказывает трудновоспламеняемость, затруднение горючести, отсутствие распространения пламени соответствует ГОСТ.

Также при плотности 650 кг/м³ материал остается достаточно легким. Это позволяет ускорить процесс строительства, сэкономить на закладке фундамента (возможно использование облегченной конструкции из-за малого веса стен), транспортировке блоков.

Не менее важным фактором является хорошая звукоизоляция стен. Так, при звуковой частоте от 125 до 2000 Гц коэффициент поглощения звука составляет 0,17-0,6, что существенно превышает показатели кирпичных, газосиликатных блочных и деревянных строений.

Разработанная гипсозолощелочная сырьевая смесь является более экономичной, чем известные, благодаря использованию отходов соломы пшеницы, а также вяжущих гипса и золы-уноса. А также исключает необходимость тепловой обработки гипсозолощелочного вяжущего, что экономит энергоресурсы и сокращает трудоемкость изготовления изделий из модифицированного облегченного арболита [66, 96, 105, 158, 208]. Использование соломы пшеницы также позволяет улучшить экологическую обстановку за счет утилизации сельскохозяйственных отходов, расширить номенклатуру эффективных и экономичных строительных материалов [211, 213, 257]. Использование вяжущего гипса обеспечивает повышение температуростойкости модифицированных облегченных арболитовых блоков и плит.

Выпущенная партия арболитовых облегченных изделий использована при строительстве производственного комплекса ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» г. Бишкек в качестве ограждающей конструкции стен и утепления плиты покрытия:

- покрытия верхнего этажа утеплены теплоизоляционными гипсозолощелочными арболитовыми блоками, размером 500x300x200мм в количестве 5600 шт;
- наружные и внутренние стены выполнены атмосферостойкими, облегченными арболитовыми блоками, размером 400x200x200 мм в количестве 12500 шт.

Определение экономической эффективности от внедрения модифицирования минеральных вяжущих при производстве гипсозольных арболитовых блоков по данным предприятия производилась путем сравнения калькуляций себестоимости изготовления единицы продукции по известной технологии и предлагаемому проекту.

Исходя из данных годовой экономической эффект от выпуска арболита для стеновых блоков определяется от разности приведенных затрат по формуле:

$$\mathcal{E} = (\Pi_1 - \Pi_2) \cdot A, \quad (6.1)$$

где: \mathcal{E} – годовой экономический эффект; Π_1 - приведённые затраты для получения арболита по известной технологии; Π_2 - приведённые затраты для получения нового атмосферостойкого арболита; A – годовой объем выпуска арболита для стеновых блоков. При принятой мощности цеха 1000 м³ арболитовых блоков в год, приведенных затратах на 1 м³ арболита из местного сырья по предлагаемой технологии 3705,00 сом, а по известной технологии 4641,14 сом, годовой экономический эффект составит:

$\mathcal{E} = (4641,14 - 3705,00) \cdot 1000 = 936140$ сом/ год, или экономия с каждого 1 м³ атмосферостойкого арболита из растительного сырья составит 936,14 сом. Экономический эффект от внедрения технологии атмосферостойкого облегченного арболита на модифицированном вяжущем из местного растительного сырья по сравнению с известной технологией на 1 м³ арболита составит 936,14 сом.

Производство опытно-промышленной партии облегченного, атмосферостойкого арболита показало его технико-экономическую эффективность за счет низкой себестоимости и высокой активности гипсозолощелочного вяжущего по отношению к заполнителям соломы.

Калькуляция затрат на изготовление 1 м³ стенового арболита по разработанной технологии с использованием местного сырья КР и сравнительные затраты на производство цементного арболита на древесном заполнителе по общепринятой технологии, приведена в табл. 6.11.

Таблица 6.11. – Калькуляция прямых материальных, энергетических и трудовых затрат на 1 м³ атмосферостойкого арболита ρ = 600 кг/м³

№	Разделы	Ед. изм	Расход на 1 м ³ арболита		Цена за ед., сом	Сумма на 1 м ³ арболита, сом	
			по извест. технологии	проектное решение		по извест. технологии	проектное решение
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сырьевые материалы	кг					
	Солома	кг	-	166	0,8	-	132,8
	Древесная стружка	кг	220	-	1,0	220	-
	Зола	кг	-	92	0,4	-	36,8
	Цемент	кг	280	20	4,0	1020	80
	Гипс Г-7 + НТФ (0,05)	кг	-	132	7,0	-	924
	Глино-гипс (гажа)	кг	-	12	0,32	-	3,84
	Жидкое стекло	кг	14	4,0	28,2	394,8	112,8
	CaCl	кг	5,6	-	40	224	-
	Смола СФЖ 3066	кг	-	6,5	55	-	357,5
	ПСД (СКС+ЛСТ+СДБ)	кг	-	3,2	18	-	57,6
	Вода	м ³	0,43	0,24	10	4,3	2,4
	Итого					1963,3	1708,0
2	Энергия на технолог. нужды	кВт·ч	44,2	33,4	2,52	111,38	84,168
3	Основная з/плата	сом				884	629,8
4	Дополнит. з/пл.	сом				141,44	100,77
5	Отчисления на соцстрах	сом				338,40	214,09
6	Расходы на содерж. оборудования (12%)	сом				106,08	75,58

Продолжение таблицы 6.11.

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Цеховые и общезаводские расходы	сом .				217,46	159,75
	Себестоимость	сом .				3762,06	3000,00
	НДС (20%)	сом .				752,41	600,00
	Местные налоги и налоги на ЧС (3,5%)	сом .				131,67	105,00
	Полная стоимость	сом .				4641,14	3705,00

6.3. Производственное внедрение облегченного арболита в ОсОО «Меркит-Курулуш» и «Элит-Строй-Сити» в Ошской области и технико-экономическая эффективность

На основании данных экспериментально-теоретических исследований по способу активации гипсозольного вяжущего и предложенному составу облегченного арболита на производственном участке ОсОО «Меркит-Курулуш» были изготовлены арболитовые композиционные гипсозольнощелочное вяжущие вещества (ГЗЩВ) включающие полимерную смолу СФЖ-3066, жидкое натриевое стекло, пластификаторы ЛСТ и СКС, катализаторы, отвердители и вода. Вид химической добавки и ее оптимальное количество должны устанавливаться в соответствии с ГОСТ 24211-80. Новые химические добавки допускаются к применению по согласованию с базовой организацией по стандартизации после специальных исследований и соответствующего технико-экономического обоснования.

В условиях завода ОсОО «Меркит-Курулуш» была получена арболитовая сырьевая смесь на основе модифицированных частиц соломы и гидрофобизирующего гипсозольнощелочного вяжущего. Стеновые блоки из атмосферостойкого облегченного арболита размером 400 x 200 x 200 мм и 1000x1000x200 мм твердели под навесом в атмосферных условиях. Готовые образцы были отобраны из основной партии для определения физико-технических характеристик, которые приведены в табл. 6.12 и 6.13.

Изготовленные стеновые блоки опытной партии из атмосферостойкого арболита в производственном помещении ОсОО «Меркит-Курулуш» по прочности соответствуют ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него» и могут быть рекомендованы в качестве стеновых блоков в малоэтажном строительстве. ПСГЗЩ вяжущее, поглощенное пористым наполнителем в процессе приготовления смеси, в период твердения постепенно мигрирует, вследствие чего углубляются процессы гидратации гипсозолощелочного камня при последующем твердении (табл. 6.12).

Таблица 6.12. - Основные физико-технические характеристики арболитовых блоков

Характеристики	Ед. измерения	в лабораторных условиях	в промышленных условиях
Плотность	кг/м ³	600-650	550-600
Прочность при сжатии	МПа	3,2-4,2	2,9-3,8
Прочность при изгибе	МПа	0,5-1,1	0,3-0,9
Теплопроводность	Вт/м·К	0.09-0,10	0,11-0.12
Водопоглощение	%	46-52	38-42
Разбухание за 24 часа	%	5,5-6,5	5,2-6,2
Огнестойкость	Трудногораемые		

При этом плотность связующего каркаса гипсозолощелочного арболита увеличивается, а потери влаги уменьшаются.

Основные физико-технические свойства отобранных образцов из блоков размером 400x200x200 мм, теплоизоляционных плит размером 1000x1000x150 мм изготовленных в условиях предприятия ОсОО «Элит-Строй-Сити», после испытаний в лаборатории приведены в табл. 6.13.

Таблица 6.13. – Физико-механические свойства облегченных арболитовых изделий в ОсОО «Элит-Строй-Сити»

Изделия	Плотность , кг/м ³	Прочность при сжатии, МПа,	Коэффициент теплопроводности Вт/м·к	Огнестой- кость
Конструкционные блоки	650	4,16	0,11	трудног- раемые
Теплоизоляцион- ные плиты	550	3,01	0,09	

Изготовленные облегченные арболитовые стеновые блоки объемом 360м³, размером 400x200x200 мм и плиты объемом 300м³, размером 1000x1000x200 мм из атмосферостойкого арболита применены при строительстве одноэтажного складского помещения в ОсОО «Ата-Курулуш» для хранения строительных материалов, изделий в качестве ограждающих конструкций облегченные арболитовые стеновые блоки.

В результате применения арболитовых изделий уменьшены потери тепла через наружные ограждающие конструкции; повышена устойчивость здания к пожарной безопасности; увеличены эксплуатационные свойства стеновых материалов здания; улучшился ассортимент и качество арболитовых изделий [141, 152, 212]. Кроме того, за счет применения смолы СФЖ-3066, повысилась влагостойкость, морозостойкость и уменьшены усадки строительных конструкций. Состав и основные свойства арболитовых блоков опытной партии по прочности соответствует ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него» и могут быть рекомендованы в качестве стеновых блоков и теплоизоляционных ограждающих плит в малоэтажном строительстве [205, 168].

Эффективность производства атмосферостойкого арболита определялась по приведенным затратам на 1м³ готового изделия. Затраты определялись по

изменяемым статьям: материалы, топливо, электроэнергия и удельные капиталовложения и результаты расчета даны в табл. 6.10.

Исходя из данных табл. 6.14 годовой экономический эффект от выпуска атмосферостойкого теплоизоляционного арболита для стеновых блоков определяется от разности приведенных затрат по формуле:

$$\mathcal{E} = (П_1 - П_2) \cdot A, \quad (6.2)$$

где: \mathcal{E} – годовой экономический эффект; $П_1$ – приведённые затраты для получения арболита по известной технологии; $П_2$ – приведённые затраты для получения нового атмосферостойкого арболита; A – годовой объем выпуска арболита для стеновых блоков. При принятой мощности цеха 1000 м³ арболитовых блоков в год, приведенных затратах на 1 м³ арболита из местного сырья по предлагаемой технологии 3350,82 сом, а по известной технологии 4641,14 сом, годовой экономический эффект составит:

$$\mathcal{E} = (4641,14 - 3350,82) \cdot 1000 = 1290320 \text{ сом/ год,}$$

Таблица 6.14. - Сравнительная калькуляция себестоимости изготовления 1 м³ атмосферостойкого облегченного арболита

№	Статьи затрат	Ед. изм	Расход на 1 м ³ атмосфер. арболита		Цена за ед., сом	Цена 1 м ³ атм.арболита, сом	
			по существ. технологии	проектное предложение.		по существ. технологии	проектное предложение.
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сырьевые материалы	кг					
	Солома	кг	-	170	0,6	-	102,0
	Древесная стружка	кг	220	-	1,0	220	-
	Зола	кг	-	90	0,4	-	36,0
	Цемент	кг	280	16	4,0	1020	64
	Гипс Г-7 + НТФ (0,05)	кг	-	136	6,0	-	816
	Глино-гипс (гажа)	кг	-	16	0,32	-	3,2
	Жидкое стекло	кг	14	4,2	28,2	394,8	118,44

Продолжение таблицы 6.15.

1	2	3	4	5	6	7	8
	CaCl	кг	5,6	-	40	224	-
	Смола СФЖ 3066	кг	-	7,0	50	-	350,0
	ПСД (СКС+ЛСТ+СДБ)	кг	-	3,5	17	-	60,0
	Вода	м ³	0,43	0,30	8	4,3	2,4
	Итого					1963,3	1552,0
2	Энергия на технологические нужды	кВт·ч	44,2	32,0	2,52	111,38	80,64
3	Основная з/плата	сом.				84	560,0
4	Дополнительная з/пл.	сом.				141,44	89,60
5	Отчисленная на соцстрах	сом.				338,40	214,30
6	Расходы на содержание оборудования (12%)	сом.				106,08	68,00
7	Цеховые и общезаводские расходы	сом.				217,46	148,64
	Себестоимость	сом.				3762,06	2713,18
	НДС (20%)	сом.				752,41	542,64
	Местные налоги и налоги на ЧС (3,5%)	сом.				131,67	95,00
	Полная стоимость	сом.				4641,14	3350,82

или экономия с каждого 1 м³ атмосферостойкого арболита из растительного сырья составит 1290,32 сом.

6.4. Рекомендации к строительному раствору

Чтобы возводить стены из блоков атмосферостойкого арболита, необходим скрепляющий раствор по теплопроводности близкий к стеновому материалу.

Основной задачей теплоизоляционного облегченного арболита является наружное утепление стен фасада и пола холодного чердака и утепления стяжек. Установку арболита можно осуществлять на специальном модифицированном растворе. Для максимально качественной теплоизоляции, нужно стараться перекрывать арболитовым утеплителем все швы в кладке. Стоит отметить, что полоса модифицированного раствора должна быть непрерывной, чтобы был замкнутый контур и воздух не гулял под утеплителем. Вертикальные швы также нужно закрывать модифицированным раствором.

После завершения утепления стен арболитовыми плитами, можно приступать к отделочным работам. Фасад можно отделать несколькими способами: штукатурка, нанесение камня, облицовка специальными материалами.

Этапы по штукатуриванию стен:

1. Очищаем и обеспыливаем поверхность;
2. Наносим тонкослойную штукатурку первым слоем;
3. Утапливаем в штукатурку армирующую сетку;
4. Наносим второй слой штукатурки;
5. Покрываем стену грунтовкой и красим паропроницаемой фасадной краской;

Для максимальной долговечности арболита, нужно применять минеральные легкие штукатурки, плотностью не больше 1300 кг на м куб, которые обладают хорошей паропроницаемостью. Также можно использовать силиконовые или силикатные отделочные покрытия. Хорошая паропроницаемость позволит выводит лишнюю влагу из дома и стены на

улицу. Таким образом, теплоизоляционная стена будет более сухой, а значит будут лучше удерживать тепло и прослужит дольше.

Облегченный арболит легко поддается различным видам механической обработки, пилится, обычной пилой по дереву, обладает хорошей гвоздимостью. Долговечный, прочный и легкий по сравнению цементным арболитом на древесном заполнителе.

Кладочный раствор должен иметь свою прочность и сцепление с поверхностью стенового материала. Для укладки арболитовых блоков применяют цементно-известковые и цементно-глиняные растворы. Водопоглощение облегченного арболитового блока имеет до 50 %, поэтому в цементно-песчаный раствор целесообразно добавлять известь и глину, обладающие способностью удерживать воду в растворе и увеличивать его пластичность.

Кладочные теплые растворы отличаются от традиционных цементно-песчаных и известково-песчаных тем, что в них добавляются добавки, делающие раствор эластичным. А это как раз и позволяет сделать такой тонкий шов у кладки. Поэтому перлит можно добавить вместо песка. Перлит позволяет класть кладку при минусовой температуре, повышает свойства раствора к морозу, но всего на 5 градусов.

Есть основные принципы, которые помогут работать с таким раствором. Во-первых, раствор должен быть густым. Во-вторых, перед кладкой блоки нужно мочить водой для улучшения скрепляющих свойств и уменьшения расхода раствора. Кроме того уменьшится поглощение влаги из раствора блоком. И, в-третьих, создать тонкий слой раствора;

Пропорция компонентов для раствора из цемента М400 и 200 следующая:

- цемент М400 > известь или глина > перлит > песок - 1>1>3>4;
- цемент М200 > известь или глина > перлит > песок - 1>1>3>5;

Растворная смесь смешивается до готовности однородной массы, если долго перемешивать, перлит начинает гранулироваться. Толщина от 8-15 мм;

Для повышения качества выполненной кладки арболитовых блоков необходимо армировать нижний ряд кладки, примыкающий к фундаменту. В последующем армирующая кладочная сетка укладывается через каждые 3-4 ряда блока для связки стены. А качественно выполненная кладка, это главное для стены. Это процедура значительно повышает прочность стен и способствует более равномерному распределению нагрузок, а также армирование стен препятствует появлению трещин в стенах строения.

Геометрия и теплотехнические параметры арболитовых блоков: 500x250x400; 500x250x300; 500x250x200; 500x250x150; 500x250x100; плотность до 650 кг/м³; теплопроводность 0,8-0,14 Вт*м. кв.; коэффициент теплоемкости 2,3.

Для кладки "наружной" стены устанавливаются блоки 500x250x400, соответственно толщина стены будет 400 мм. Плюс с наружи утеплитель, жесткие маты, 100 мм, 30 мм воздушный зазор и наружная облицовка-пластиковый сайдинг "цокольный".

В настоящее время производители выпускают готовые теплоизоляционные кладочные раствор клеи «ЮНИС УНИБЛОК». Расход на 1 м², шов 2мм - 2,5 кг, толщина шва 3-5 мм.

Расход материалов для приготовления на 1 м³ раствора.

Состав раствора: цемент М400 : известь или глина : перлит : песок – 1:1:3:4;

Истинная плотность цемента $\rho_{и.ц} = 3,1 \text{ г/см}^3$;

Насыпная плотность цемента $\rho_{н.ц} = 1,3 \text{ г/см}^3$;

Пористость цемента $P_{ц} = (1 - 1,3/3,1) * 100 = 58 \%$;

Истинная плотность перлита $\rho_{и.перлита} = 2,38 \text{ г/см}^3$;

Насыпная плотность перлита $\rho_{н.перлита} = 0,28 \text{ г/см}^3$;

Пористость перлита $P_{п} = (1 - 0,28/2,38) * 100 = 88 \%$;

Истинная плотность песка $\rho_{и.п.} = 2,65 \text{ г/см}^3$;

Насыпная плотность песка $\rho_{н.п.} = 1,6 \text{ г/см}^3$;

Пористость песка $P_{п} = (1 - 1,6/2,65) * 100 = 60 \%$;

Плотность известь гашенная $\rho_{изв.гаш.} = 0,6 \text{ г/см}^3$;

Абсолютный объем раствора $1*0,42+1+3*0,12+4*0,4+1 = 4,38$;

Коэффициент выхода раствора $\square = 4,38/1+1+3+4 = 0,5$;

Расход цемента $1/0,5*9 = 0,2 \text{ м}^3$ или по весу $0,2*1300 = 260 \text{ кг/м}^3$;

Расход известкового теста $0,2*1 = 0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ или $0,2*600 = 120 \text{ кг/м}^3$;

Расход перлит. песка $0,2*3 = 0,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ или $0,6*280 = 168 \text{ кг/м}^3$;

Расход песка $0,2*4 = 0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3$ или $0,8*1600 = 1280 \text{ кг/м}^3$;

Расход воды 1,0 объем по отношению к вяжущему (цемент+известковое тесто)
 $0,2+0,2 = 0,4 \text{ м}^3$ или $0,4*1000 = 400 \text{ кг/м}^3$;

Отделка изделий из облегченного арболита

Отделка изделий из арболита является одной из важнейших технологических операций. От качества отделки во многом зависит долговечность самих конструкций, а также зданий, которые из них построены.

Натурные обследования зданий различного назначения, проведенные в различных климатических зонах нашей страны, показали, что в конструкциях с хорошим защитно-отделочным покрытием арболит имеет стабильную влажность, не превышающую 12 %, а здания находятся в хорошем состоянии. И наоборот, при некачественных защитно-отделочных покрытиях на поверхностях конструкций появляется большое количество трещин, фактурный слой отслаивается, коробятся сами конструкции. Влажность арболита в таких конструкциях независимо от ориентации стен и климатических зон, как правило, высока (больше 30 %). При такой влажности резко снижаются прочностные показатели арболита, увеличивается его деформативность, ухудшаются теплофизические свойства и создаются условия для его биологического поражения.

В силу того, что арболит имеет крупнопористую структуру и высокое сорбционное увлажнение поверхности, конструкции из этого материала необходимо покрывать защитно-отделочными покрытиями. Тип защитно-отделочного покрытия определяют в каждом конкретном случае в зависимости от назначения здания, его месторасположения, существующей заводской технологии и экономической целесообразности.

В качестве защитно-отделочных покрытий в настоящее время применяют цементно-песчаные растворы, бетоны, плитные облицовки и лакокрасочные покрытия. К настоящему времени отделку арболита на некоторых действующих предприятиях осуществляют методом офактуривания цементно-песчаным слоем толщиной 15-20 мм и, как правило, отделывают одну сторону.

На некоторых производственных предприятиях осуществляются двустороннее офактуривание. Чаще всего здания, возведённые из арболитовых конструкций, отделывают на строительной площадке. В этом случае стены из арболитовых конструкций штукатурят цементно-песчаным раствором, затем с наружной стороны применяют побелку с добавками пигментов (реже окраску лакокрасочными покрытиями), а с внутренней в зависимости от назначения здания наклеивают обои или окрашивают различными красочными составами.

С целью защиты арболита в конструкциях от увлажнения нами проводились исследования по изысканию эффективных защитно-отделочных покрытий. Для исследований были выбраны такие защитные лакокрасочные покрытия, которые хорошо зарекомендовали себя в процессе эксплуатации с ячеистыми бетонами. Это – краски ЦПХВ, КЧ-26, ВА-27А, латексно-кремнийорганическая побелка, известково-кремнийорганическая побелка и др. Качество отделки оценивалось по морозостойкости защитно-отделочных покрытий и арболита, защищаемого ими, по стойкости их к попеременному увлажнению и высушиванию, по снижению прочности сцепления фактурного слоя и арболита от указанных воздействий.

В результате исследований установлено следующее: наилучшую стойкость к действию мороза показало покрытие цементно-перхлорвиниловой краской как по фактурному слою, так и по арболиту; краски КЧ-26 и ВА-27 А, не предназначенные для наружных покрытий, но показавшие достаточную стойкость к действию мороза, могут быть рекомендованы для отделки и защиты внутренней поверхности ограждающих конструкций неотапливаемых зданий с влажным режимом эксплуатации; рекомендованная «Руководством по проектированию и изготовлению изделий из арболита» латексно-

кремнийорганическая побелка также может быть применена для защитно-отделочного покрытия конструкций из арболита.

Однако следует отметить, что при ее приготовлении и нанесении возникают трудности, связанные с происходящей реакцией между компонентами побелки и ее расслоением. Одновременно в исследованиях было отмечено, что на покрытии краской ВА-27А после 45 циклов образовались мелкие трещины. Образование трещин на покрытии краской КЧ-26 началась уже после 35 циклов, а латексно-кремнийорганическая краска начала местами отслаиваться от фактурного слоя после 40 циклов.

Таким образом, наиболее долговечным в этом отношении является покрытие цементно-перхлорвиниловой краской как по арболиту, так и по фактурному слою.

Результаты исследований морозостойкости фактурных слоев с различными химическими добавками и защитно-отделочными покрытиями показали также следующее: снижение водопоглощения через фактурный слой способствует повышению его морозостойкости; исследованные добавки, вводимые в состав фактурного слоя, оказывают положительное воздействие как на снижение водопоглощения через фактурный слой, так и на сцепление фактурного слоя с арболитом; наилучшие результаты получены при введении в фактурный слой поливинилацетатной эмульсии, азотнокислого кальция и ГКЖ-94; при исследованиях наблюдалась увеличение сил сцепления фактурного слоя с арболитом после испытания образцов на морозостойкость, что, вероятно, объясняется хорошими гидроизоляционными свойствами этих покрытий, обуславливающими малое водопоглощение образцов.

Это позволяет рекомендовать, такие составы для внедрения в практику строительства; прочность сцепления фактурного слоя с арболитом снижается при увлажнении и высушивании, как и прочность арболита, но более интенсивно. Это объясняется, по-видимому, различной величиной влажностных деформаций фактурного слоя и арболита и концентрацией напряжений в граничной зоне; все защитно-отделочные покрытия, нанесенные

па фактурному слою, повышают морозостойкость и стойкость к попеременному увлажнению и высушиванию фактурного слоя по сравнению с контрольными образцами без покрытия пропорционально снижению ими водопоглощения через фактурный слой.

Наиболее эффективными покрытиями оказались латексно-кремнийорганическая побелка и краска ЦПХВ, менее эффективными – покрытия стеаратом кальция и известково-кремнийорганической покраской. Хорошую защиту от увлажнения обеспечивает обработка фактурного слоя гидрофобизаторами и полимерными материалами (ГКЖ-10, ПВА, латексом СКС-65ГП).

Как показали исследования, покрытие поверхностей арболитовых конструкций существенно повышает долговечность этого материала, придает изделиям и построенным из них зданиям красивый внешний вид. Однако, эти виды отделки пока не нашли широкого применения при производстве арболита, так как дефицитны и довольно дороги.

Учитывая все эти факторы, нами была предложена защита и отделка арболита бетонными слоями с одновременным устройством декоративного покрытия из керамической брекчии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ГЛАВЕ 6

1. Теоретически обосновано и экспериментально доказана возможность получения легких бетонов, в частности и, атмосферостойкого облегченного арболита с улучшенными теплоизоляционными и деформативными показателями на основе гипсозолощелочных смесей и сечки соломы минерализованной ПСД и пластификаторами и предложено целесообразности организации выпуска этого нового энергосберегающего эффективного материала для строительного комплекса в КР.

2. В производственных условиях предприятий стройиндустрии КР в ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» г. Бишкек, ОсОО «Меркит-

Курулуш» г.Ош, ОсОО «Элит-Строй-Сити» по предложенному составу и технологии получения гипсозолощелочного арболита выпущены опытно-промышленные партии стеновых блоков и плит из атмосферостойкого облегченного арболита на основе ПСГЗЩВ размерами в мм: 400x200x200; 500x300x200; 1000x1000x150; 1000x1000x200.

Из предлагаемой сырьевой смеси были изготовлены теплоизоляционные облегченные арболитовые стеновые блоки средней плотностью 500-550 кг/м³, класс В1,0; М15. Коэффициент теплопроводности 0,08-0,09 Вт/м °С. Конструкционные блоки плотностью 550-650 кг/м³, класс прочности на сжатие В1,5; В2,0; Марка прочностями при осевом сжатии М15; М25. Коэффициент теплопроводности 0,12-0,14 Вт/м⁰ С. Конструкционно-теплоизоляционные блоки плотностью 550-600 кг/м³, класс прочности на сжатие В1,0-В1,5; Марка прочностями при осевом сжатии М15; М10. Коэффициент теплопроводности 0,10-0,11 Вт/м⁰ С. Основные строительно-технические свойства арболитовых блоков, изготовленные в лабораторных и в производственных условиях, соответствуют требованиям ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него», и могут быть рекомендованы в качестве стеновых блоков в строительстве.

3. Приведены рекомендации к приготовлению раствора для кладки облегченного арболита и определены расход материалов для приготовления на 1 м³ раствора, а также предложен его новый состав, состоящий из местного сырья вяжущих композиций: цемента, извести, глины, перлита и песка.

4. Предложены рекомендации по отделке изделий из облегченного арболита. Наиболее эффективными покрытиями оказались латексно-кремнийорганическая побелка и краска ЦПХВ. Хорошую защиту от увлажнения обеспечивает обработка фактурного слоя гидрофобизаторами и полимерными материалами (ГКЖ-10, ПВА, латексом СКС-65ГП).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными научными результатами проделанной работы являются:

1. На основе экспериментально-теоретических исследований научно обоснована и решена проблема по развитию и совершенствованию теории и практической реализации производства бесцементного атмосферостойкого облегченного арболита по энергоресурсосберегающей технологии для стеновых блоков на основе местного вяжущего и дешевого растительного сырья (соломы) и являющимся полноценным заменителем дорогостоящих традиционных строительных конструкционно-теплоизоляционных материалов.

2. Впервые разработаны новые технологические решения изготовления и введения в состав растительно вяжуще-гипсозолощелочной композиции для получения атмосферостойкого облегченного арболита, структурообразующих и гидрофобных добавок путем эффективных способов подготовки сырьевых компонентов с использованием полимерсиликатных и пластифицирующих добавок.

Это позволяет повысить прочность арболита до 4,5 МПа, морозостойкость F до 30-50 циклов, снизить коэффициент теплопроводности до 0,08 Вт/м.К. и повысить деформативность нового атмосферостойкого стенового блока, удовлетворяющего законам прочности, створа и конгруэнции.

3. Впервые разработан эффективный способ комплексной подготовки (облагораживания) органического заполнителя из сечки соломы пленкообразующим составом, состоящим из жидкого натриевого стекла малоцентрированной полимерной смолы СФЖ-3066, пластификаторов и катализаторов, ЛСТ, СКС, СДБ, М-4 и др. что обеспечивает достаточную адгезионную прочность к частицам наполнителя ГЗЩВ.

Гигроскопическая влажность соломы при обработке жидким стеклом составила 25-30 %. Это позволило получить гидрофобизированную полимерсиликатногипсозолощелочную (ПСГЗЩВ) смесь для изготовления

легких поризованных атмосферостойких арболитовых блоков с улучшенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами.

4. Установлено влияние пленко-образующих полимерсиликатных и пластифицирующих и гидрофобных добавок на адгезионную прочность частиц соломы с комплексным минеральным вяжущим (гипс+зола БТЭЦ+ПЦК+ГГ), что способствует полному использованию вяжущих свойств гипсозолощелочного вяжущего с проявлением дополнительного синергетического эффекта от контакта с модифицированной полимерсиликатнопластифицирующей композицией.

Учитывая, что в составе гипсового вяжущего имеются различные примеси, чувствительные к химически активным компонентам, в т.ч. и золы, соответственно эти факторы не ухудшают реологические и физико-механические свойства материала и процессов его твердения.

5. Экспериментально-статистическим моделированием установлен оптимальный многокомпонентный состав ПСГЗЩВ для получения атмосферостойкого арболита для наружных стеновых блоков, состоящей, масс. %: солома – 25-35+ жидкое натриевое стекло 12; гипс марки Г-7 -30-35 + замедлитель схватывания гипса (добавки неполной соли 1-оксиэтилен-1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноломином) - 0,05; зола – 25-30; смола СФЖ-3066 – 8-12 + катализатор нитроплопериметилфосфорная кислота НПФК – 0,3 (87 серной кислоты, 13 ортофосфорной кислоты); ПЦК – 3-5; глиногипс (гажа) – 2; пластификаторы ЛСТ -0,15, СКС – 0,2, СДБ – 0,15; модифицированный отвердитель М-4 -0,5 и остальное вода.

Предложенный состав модифицированного вяжущего за счет облагораживания частиц соломы пленкообразующими ПСД и в процессе твердения арболита образуется твердое вещество – гидросиликат кальция и достигается максимальная величина прочности ПСГЩК и водостойкости.

6. Установлено, что эффект уплотнения матрицы ПСГЩК при прессовании до окончания полимеризации прессмассы характеризует процессы структурообразования арболита. Состояние прессмассы для

атмосферостойкого арболита рассматривается как движущаяся сжимаемая вязкопластическая среда в условиях плоской деформации.

Процессы структурообразования атмосферостойкого арболита позволяют использовать правило «смесей» в композите. На основании термодинамического анализа структуры атмосферостойкого арболита установлено впервые влияние дисперсности целлюлозосодержащего заполнителя на формование и прочность поризованного арболита.

Надежность сцепления частиц заполнителя обеспечивает адгезионное взаимодействие на границе раздела фаз Ж, Т и Г, при этом величина адгезионной прочности составляет 0,2...0,4 МПа., при схватывающем усилии $F_{отр} = 177\text{Н}$. Адгезия гипса к заполнителю и прочность материала на сжатие, как основные показатели качества арболита, выше в 1,5 раза у образцов с заполнителем, поверхность которого модифицирована полимерсиликатными добавками.

7. Впервые для атмосферостойкого облегченного арболита из модифицированной РГЗК проведены структурообразующие характеристики на основе данных фрактографического анализа образцов на «срез» и «излом» в РЭМ.

Доказано, что структурно-механические свойства нового строительного материала позволяют использовать его в качестве стеновых блоков при статических и динамических нагрузках в сейсмостойком строительстве с учетом циклических влагопеременных воздействий.

Установлено уменьшение водопоглощения атмосферостойкого арболита, за счет свойств целлюлозы- снижать свои адсорбционные свойства и невосприимчивостью полимера к действию влаги.

8. Впервые разработана и предложена предприятиям стройиндустрии работоспособная энергоресурсосберегающая технология атмосферостойкого арболита на основе растительного заполнителя (соломы) и способы модификации его ПСД с использованием и местного минерального вяжущего – гипса и золы.

На основе экспериментально-статистических моделей установлены рациональные параметры технологического процесса изготовления атмосферостойкого арболита с заданными свойствами в зависимости от структурно-механических свойств растительно вяжущей композиции (РВК) и возможностей предприятия.

9. Установлено, что у полимерсиликатно-гипсовых композиций в сравнении с чистым гипсом плотность арболита повышается на 10-12 %. Новый состав композиции связующего позволяет исключить из традиционного технологического процесса получения цементного арболита операции: вымачивания заполнителя, термообработку изделий после формования, сократить продолжительность циклов и сделать технологию атмосферостойкого арболита менее энергоемкой, чем при использовании немодифицированных вяжущих. Коэффициент прочности повышается на 15-20%, а теплопроводность снижается на 25 %.

10. Разработан новый строительный материал – конструкционно-теплоизоляционный поризованный атмосферостойкий арболит с заданными свойствами, характеризующийся плотностью 550...650 кг/м³, прочностью 3,2...4,2 МПа, теплопроводностью 0,09...0,10 Вт/м·К (теплоизоляционный), теплопроводностью 0,10-0,12 (конструкционный), морозостойкостью F= 30-50. Согласно теплотехнических расчетов получаемый арболит толщиной в 0,15 м заменяет толщину глиняного кирпича 0,64 м.

Научно обоснованы концептуальные положения теории в процессах создания нового органокомпозита и экспериментально подтверждено целесообразность практической реализации по организации выпуска этого нового ресурсо-энергосберегающего эффективного материала для строительного комплекса в КР, а также рекомендована к внедрению нормативная документация на его производство.

11. В производственных условиях предприятий стройиндустрии КР в г. Бишкек ОсОО «Домостроительный сервис» «Азат», в г. Ош ОсОО «Элит-Строй-Сити» и ОсОО «Мезит-Курулуш», в г. Худжанд, Республика

Таджикистан, ОсОО «Тиниал» по предложенному составу и энергосберегающей технологии получения нового арболита выпущены опытно-промышленные партии стеновых блоков из атмосферостойкого арболита размерами в соответствии с требованиями и ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него», и могут быть рекомендованы в качестве стеновых блоков в строительстве.

Годовой экономический эффект от выпуска 1000м³ арболита на основе РВК для стеновых блоков, при сравнении его с аналогами, по расчетным данным составляет 936140 сом в год, или экономия с каждого 1 м³ атмосферостойкого арболита из растительного сырья составит 936,14 сом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.С. RU 2035429 C04B18/26. Сырьевая смесь для изготовления древесного строительного материала [Текст] / В.П. Майко, В.М. Туйнов, В.В., Тимар. Оpubл. 23.07.92 Бюл. №12– С.38.
2. А.С. SU 1822399 C04B16/00. Смесь для изготовления теплоизоляционных изделий. [Текст] / М.Ф. Ефременков, Е.Н. Губанова. Оpubл. 02.01.90. Бюл. № 7– С.42.
3. А.С. SU 1763426A1 C04B38/00. 18/26 Способ изготовления теплоизоляционного материала. [Текст] / К.А. Тетруашвили, Р.Б. Сироткина, А.В. Павлова. Оpubл. 23.09.92. Бюл. №35- С.40.
4. А.С. SU 1638137 A1 C 04 38/00. 28/26. 18/24 Композиция для теплоизоляционного материала и способ ее изготовления. [Текст] / Г.В. Сырица, В.В. Стасюк, Н.С. Щербач. Оpubл. 29.02.92. Бюл. №8– С.36.
5. А.С. SU 1433945 F1 C 04 D 38/00 Способ приготовления арболитовой смеси. [Текст] / У.С. Ережепов, Г.А. Батырбаев. Оpubл. 30.10.88, Бюл. №40- С.24.
6. А.С. RU 2191756 C2, C04B28C04B28 Сырьевая смесь для получения древесно-минеральных строительных материалов [Текст] / Неумолотов О.Б. и Неумолотова М.О. Опубликовано 27.10.2002г. Бюл. № 2– С.28.
7. А.С. RU 2 338 714 C1МПК C04B 28/00. Способ изготовления арболита. [Текст] / В.В. Русина, Н.Ю.Тарасова. Опубликовано 20.11.2008 БЮЛ.№ 32– С.36.
8. А.С. RU 2593836 C1 МПК C04B 18/26. Сырьевая смесь для изготовления арболита. [Текст] / Шевченко В.А., Лебедова Т.Г., Плахтий И.А., Трифонов Р.А. Опубликовано 10.08.2016г.Бюл.№22– С.46.
9. А.С. RU №2169127, C04B28/14 Сырьевая смесь для получения конструкционно-теплоизоляционного материала [Текст] / Петровская В.Б и др., заявл: 99104748/03, 10.03.1999г; опуб: 20.06.2001, бюл. №17-С.28.

10. А.С. RU № 2153478. Российская Федерация. МПК C04B28/04. Сырьевая смесь для получения арболита и способ ее изготовления [Текст] / А.П. Шешуков, М.А. Масликова, О.Н. Бородин, А.Б. Федосов, Н.В. Алесина ; опубл. 01.12.1998, Бюл. № 21. С.34.
11. А.С. RU № 2153478, C04B28/04, Сырьевые смеси для получения арболита, м.кл. [Текст] / А.П.Шешуков, М.А. Масликова; РФ. Заяв: 98121950/03, 01.12.1998; опуб: 27.07.2000 2000, Бюл. № 21 – С.22.
12. А.С. №1265610 Республика Казахстан. Способ определения пригодности заполнителя для приготовления арболитовой смеси [Текст] / И.А. Рыбьев, А.А. Акчабаев; РК. заяв: 3742368, 29.03.1984; опуб: 23.10.1986, Бюл. №39 - С.40.
13. Абдыкалыков А.А. и др. Сырьевые ресурсы и перспективы развития основных строительных материалов в Кыргызской Республике [Текст] / А.А. Абдыкалыков и др. - Бишкек: НИЦ КР,1996.- 48с.
14. Абдыкалыков А.А., Моделирование и оптимизация свойств композиционных строительных материалов [Текст] / А.А. Абдыкалыков, В.А. Вознесенский, А.С.Мавлянов., Т.В. Лещенко – Фрунзе: ФПИ, 1988. – 109 с.
15. Абдыкалыков А.А. Экспериментально-теоретические основы оптимизации реологических и прочностных свойств наполненных композиционных строительных материалов [Текст] / А.А. Абдыкалыков – Бишкек: КГУСТА, 2000. – 252 с.
16. Абраменко Н.И. Поризованный цементный арболит на древесных заполнителях[Текст]:автореф.дис.канд.техн.наук.:05.23.05/ Н.И.Абраменко – Москва,1990. - 18с.
17. Ассакунова Б.Т. Модифицированные водостойкие гипсовые вяжущие вещества из местного сырья [Текст] / Б.Т. Ассакунова. - Бишкек: - КГУСТА. 2008. – 156 с.

18. Ассакунова Б.Т. Оптимизация составов композиционных гипсовых вяжущих веществ с использованием тонкоизмельченных зол гидроудаления [Текст] / Б.Т. Ассакунова, М.А. Джусупова, Т.Т. Болотов, И.К. Омурбеков, А.А. Абышев // Инновации в области применения строительного гипса: сборник тезисов докладов. МИСИ, Москва, 2012. С. 3–7.
19. Акулова М.В. Разработка и исследование свойств вяжущих на основе отходов промышленности [Текст] / М.В. Акулова, Б.Р. Исакулов, М.Д. Джумабаев, А.М. Сартова // Вестник Российской академии архитектурно-строительных наук. Курск–Воронеж, 2013. С. 256–260.
20. Акулова М.В. Исследование свойств щелочного вяжущего на основе высококальциевой золы-уноса [Текст] / М.В. Акулова, Б.Р. Исакулов, М.Д. Джумабаев, А.М. Сартова // Информационная среда вуза: Материалы XX Международ. науч.-техн. конф. Иваново: ИГАСУ, 2013. С. 219–221.
21. Акулова М.В. Комплексная электромеханическая активация золошламовых вяжущих для получения легких арболитобетонов [Текст] / М.В. Акулова, Б.Р. Исакулов, М.Д. Джумабаев, А.М. Сартова – Казань: Научно-технический вестник Поволжья №1, 2014. – с. 49-52.
22. Акчабаев А.А. Способ активации вяжущего [Текст] / А.А. Акчабаев., К.А. Бисенов., С.С. Удербаев // Предварительный патент - РК №7101 Заявлено 28.07.97. Опубликовано 15.02.1999, бюл. №2. С.22.
23. Акчабаев А.А. Барабанная электрополяризационная мельница. [Текст] А.А. Акчабаев., К.А. Бисенов., С.С. Удербаев., М.А. Акчабаев // Предварительный патент - РК №7745. Заявлено 17.03.98. Опубликовано 15.07.99, бюл. №7.
24. Акчабаев А.А. Механо-электрополяризованный состав вяжущего [Текст] А.А. Акчабаев., К.А. Бисенов., С.С. Удербаев., М.А. Акчабаев // Предварительный патент РК №7888. Заявлено 17.03.98г. Опубликовано

16.08.99, бюл. №8.

25. Акчабаев А.А. Состав арболитовой смеси. [Текст] А.А. Акчабаев., К.А. Бисенов., С.С. Удербаев // Предварительный патент РК №7890Заявлено 28.06.97. Опубликовано 16.08.99, бюл. №8.
26. Акчабаев А.А. Графоаналитический способ определения оптимальных параметров облагораживания заполнителя [Текст] / А.А. Акчабаев. - Вестник АН КР, 1994. №10. – 62-64 с.
27. Акчабаев А.А. О технологии арболита на вяжущем, дополнительно активированном поляризацией [Текст] / А.А. Акчабаев, К.А. Бисенов, С.С. Удербаев. - Академии наук республики Казахстан, №4. 1997. -с.57-60.
28. Акчабаев А.А., Повышение эффективности работы барабанной мельницы [Текст] / А.А. Акчабаев, К.А. Бисенов, С.С. Удербаев. – Межвузовский сборник научных трудов. Под ред. В.И. Соловьева. КазГАСА, Алматы, 1999. - с.31-35.
29. Акчабаев А.А. Способ активации вяжущего [Текст] / А.А. Акчабаев, К.А. Бисенов, С.С. Удербаев. – Пред. Патент РК № 7101. Заявлено 28.06.97. Опубликовано в феврале 1999 г., бюллетень II. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» <http://naukovedenie.ru> Том 8, №4 (июль - август 2016) publishing@naukovedenie.ru 10 <http://naukovedenie.ru> 07TVN416.
30. Акчабаев А.А. Механо - электрополяризованный состав вяжущего [Текст] / А.А. Акчабаев, К.А. Бисенов, С.С. Удербаев, М.А. Акчабаев – Пред. Патент РК № 7888. Заявлено 17.03.98 г. Опубликовано 16.08.99 г., бюллетень №8.
31. Акчабаев А.А. Основы прогрессивной технологии прессуемого арболита: диссертация доктора технических наук: 05.23.05 [Текст] / А.А. Акчабаев. - Санкт – Петербург: ЛИСИ, 1992. – 297с.
32. Акчабаев, А.А. Активация вяжущего поляризацией как способ повышения прочности арболита [Текст] / А.А. Акчабаев, К.А. Бисенов, С.С. Удербаев

// Доклады Министерства науки и высшего образования. –Алматы, НАН РК, 1999. № 4. - С. 57–60.

33. Акчабаев А.А. Повышение прочности арболита применением микронаполнителя и модифицированием поверхности заполнителя [Текст] /А.А.Акчабаев, Э.Б.Курманбекова //Иновационные и наукоемкие технологии в строительной индустрии: материалы Международ. Конф.- Алматы:КазГАСА, 2008.-С.156-158.
34. Акмалаев. К.А.Твердые отходы и использование их в производстве строительных материалов [Текст] / К.А.Акмалаев, А.А. Бек // Научно-технический и производственный журнал Маркшейдерия и недропользование.- М.: «Геомар Недр», 2016.- №1(81). – С. 49-52.
35. Акмалаев. К.А. Особенности структурообразования полимерцементного камня [Текст] / К.А. Акмалаев, А.С. Толегенова, А. Джетписбаева //Материалы VI Международной ежегодной конференции «Промышленные технологии и инжиниринг». – шымкент. Том I (2019). – С. 12-15.
36. Акимов А.В. Технология ротационно-пульсационной активации зол [Текст] / А.В. Акимов [и др.] // Экологические проблемы переработки вторичных ресурсов в строительные материалы и изделия: тез. докл. всесоюз. науч.-практ. совещ. (15–17 окт. 1990 г.). Ч. II. Чимкент, 1990. - 64–65 с.
37. Айрапетов Г.А., Многокомпонентное бесклинкерное водостойкое гипсовое вяжущее [Текст] / Г.А. Айрапетов, А.И. Панченко, Д.Ю. Нечушкин // Строительные материалы. – М: 1996. - 28-29 с.
38. Алтыксис М.Т., Влияние наполнителей на свойств гипсовых строительных материалов [Текст] / М.Т. Алтыксис., М.И. Халиулин, Р.З. Рахимов // Строительные материалы М, 1995. - 20-21 с.

39. Абыкаева А.К., Омурбеков И.К., Абышов А.А. Мелкоштучные изделия из глиногипсовых материалов с органическим наполнителем [Текст] / А.К. Абыкаева, И.К. Омурбеков, А.А. Абышов // Научный и информационный журнал Материаловедение. Вып. 1. - Бишкек, 2013.-С.96-99.
40. Абышов А.А., Исследование влияния метода прессования на физико-механические свойства смешанных гипсоизвестковых вяжущих [Текст] /А.А. Абышов, А.А. Абдысадырова, О.С. Пайдиева // Материаловедение . Научный и информационный журнал. Бишкек 18-17 мая №2/2014 (5) с.
41. Абдылдаев А.К., Мамытов А.С. Влияние материалов различного химико-минералогического состава на свойства портландцемента. [Текст] / А.К. Абдылдаев, А.С Мамытов //Научный и информационный журнал, Материаловедение.- Бишкек, 2013.- С.10-16.
42. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский // Программированное введение в планирование эксперимента - М.: Наука, 1976. - 145–212 с.
43. Амелина, Д.В. Влияние химических добавок на свойства гипсового вяжущего [Текст] / Д.В. Амелина, Л.И. Сычева // Успехи в химии и химической технологии. -2010. - Т. 24. - № 6 (111). - С. 41- 43.
44. Батырбаев, Г.А. Параметры изготовления и эффективность арболита дробленых стеблях хлопчатника [Текст] / Г.А. Батырбаев // Бетон и железобетон. 1987. № 7. - 28–29 с.
45. Батырбаев Г.А. Технология арболита на основе измельченных стеблей хлопчатника с морфологическим анализом информацией [Текст] / Г.А.Батырбаев, У.С. Ереженов // Сб.науч. тр. - А., 1987. – 25 с.
46. Батырбаев, Г.А. К подбору состава арболита [Текст] / Г.А. Батырбаев // Бетон и железобетон. 1975. № 6. - 117 с.
47. Батырбаев, Г.А. Изготовление и испытание панелей на основе стеблей хлопчатника и рисовой лузги [Текст] / [Г.А. Батырбаев, А.Г. Есельбаев,

- М.К. Нургаев и др.] // Архитектурно-строительные конструкции и инженерное оборудование зданий и сооружений: сб. Алма-Ата: КазПИ, 1980. - 75–80 с.
48. Балдин В.П. Физико-химические аспекты процесса дегидратации гипса [Текст] / В.П. Балдин, А.Е. Грушевский //Строительные материалы.- 1996. - 19-20 с.
 49. Баженов, Ю. М., Коровяков В. Ф. Универсальные органоминеральные модификаторы гипсовых вяжущих веществ [Текст] / Ю.М. Баженов, В.Ф. Коровяков.: «Стройка», 2000. № 39. - Режим доступа: интернет: <http://www.stroyinform.ru>.
 50. Баженов Ю. М. и др. Проектирование предприятий по производству строительных материалов и изделий [Текст] / М.: Издательство Ассоциация Строительных ВУЗов, 2005 г. – 469 с.
 51. Баженов Ю. М. Основные подходы к компьютерному материаловедению строительных композитных материалов [Текст] / Ю М. Баженов, В.А. Воробьев, А.В. Илюхин // Строительные материалы – наука. – 2006. - №7. – С. 2-4.
 52. Бетонные смеси. Рецептурный справочник для строителей и производителей строительных материалов [Текст] / Ростов – на – Дону. Издательство Феникс, 2009 г. – 461 с.
 53. Баженов, Ю.М. Безобжиговый зольный гравий – новый эффективный заполнитель для бетона [Текст] / Ю.М. Баженов, К.В. Гладких, И.Л. Данилович и др.// М.: Строительные материалы, 1980. № 8. - 6–7 с..
 54. Баженов, Ю.М. Технология сухих строительных смесей [Текст]: учеб.пособие для вузов / Ю.М. Баженов. М.: АСВ, 2003. - 95 с.
 55. Баженов Ю. М. Технология бетона [Текст] / Ю.М. Баженов - М.: Издательство Ассоциация Строительных ВУЗов, 2002 г. – 493 с.

56. Баженов Ю. М. и др. Технология бетона, строительных изделий и конструкций [Текст] / Ю.М. Баженов и др. - М.: Издательство Ассоциация Строительных ВУЗов, 2004 г. – 236 с.
57. Бобрышев А.Н. Синергетика дисперсно-наполненных композитов [Текст] / А.Н. Бобрышев. М.: МИИТ, 1999. – 252с.
58. Болотов Т.Т. Оптимизация составов глиногипсовых материалов с органическими наполнителями [Текст] / Т.Т. Болотов, А.А. Абышев // Научный и информационный журнал Материаловедение. Вып.1. - Бишкек, 2013. - 129-133 с.
59. Беленький, Ю.С. Конструктивные свойства арболита [Текст] / Ю.С. Беленький // Арболит. Производство и применение. М.: Стройиздат, 1987. - 178-187 с.
60. Бердник И.В. Влияние замедлителей твердения на основе 1-гидроксиэтилиден-1,1-дифосфоновой кислоты НА свойства гипсовых вяжущих [Текст] / И.В. Бердник, С.А. Краснов, И.М. Магдеев // Журн. Бутл. сообщ. 2013, Т.34. №6. С. 76-82 (Berdnik Irina, Krasnov Sergey, Magdeev Ildar// J.Butl.Comm. 2013.V.34. N.6. P.67-71).
61. Бисенов К. А. Легкие бетоны на основе безобжиговых цементов [Текст] /К.А. Бисенов, И.Касимов, А.А.Тулаганов, С.С.Удербает// Алматы : Гылым, 2005. 412 с.
62. Бисенов К.А. Особенности направленного структуро-образования шлаковых бетонов с органическим наполнителем [Текст]Бисенов К.А., Удербает С.С. //Композиционные строительные материалы. Теория и практика: материалы научных трудов междн.научно-техн.конф.-Пенза, 2004.-С.314-316
63. .Бутерин В.М. Ускорение твердения арболита химическими добавками [Текст] / В.М. Бутерин, А.С. Щербаков, Н.Н. Силина и др. // Научные труды Московского лесотехнического института. 1986. Вып. 93. - 106–112 с.

64. Буравчук Н.И. Ресурсосбережение в технологии строительных материалов [Текст] / Н.И. Буравчук // Уч. Издание. Ростов-на Дону: Ю ФУ, 2009. – 220с.
65. Бузиков В.М. Технологическое оборудование по производству изделий из арболита для сельского строительства [Текст] / В.М. Бузиков, Л.Г. Галушина // Обзорн. инф. – М., 1994. –12 с.
66. Бухаркин, В.И. Основные факторы формования арболитовой смеси и их влияние на качество изготавливаемых изделий [Текст] / [В.И. Бухаркин, Г.В. Тирновская, В.А. Арсенцев и др.]. // Арболит. Производство и применение, под ред. А.С. Щербакова, Н.К. Якунина. М.: Стройиздат, 1978. - 157–165. с.
67. Валуева, Е.Ф. Стеновые конструкции из арболита на основе костры конопли [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / Е.Ф.Валуева. - М., 1998. - 20 с.
68. Выровой А.Н. Моделирование и оптимизация процессов структурообразования композиционных материалов [Текст] / А.Н. Выровой, А.А. Абдыкалыков // Общество «Знание» УССР – Киев, 1995.- 16с.
69. Вератасунени С., Квианг Ю., Шейк М.П. Гипсовые композиции с улучшенным сопротивлением постоянной деформации. [Текст] / Патент РФ 2323188. С04В28/14, Е04С1/40. 31.07.2002; US 01/11903.11.04.2001; WO 01/81263. 01.11.2001.
70. Вознесенский В.А. ЭС-модели в компьютерном материаловедении [Текст] / В.А. Вознесенский, Т.В. Лященко – Одесса, Астропринт, 2006. – 116с .
71. Вознесенский В.А. Компромиссная многофакторная оптимизация гарантированного качества шлакощелочных вяжущих (максимизация прочности и морозостойкости, минимизация расхода ресурса) [Текст] /

- В.А. Вознесенский, Т.В. Лященко, А.Д. Довгань // Современное промышленное и гражданское строительство. – Одесса, 2007, т. 3, №1. – С. 5-15.
72. Вознесенский В.А. Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии [Текст] / Материалы к 47-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов – МОК 47 // Одесса, 21-22 апреля 2008.
73. Волженкский А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия [Текст] / А.В. Волженкский, В.И. Стамбулко, А.В. Ферронская – М.: Стройиздат, 1981. – 318с.
74. Волженский А.В. Структура и прочность двугидрата, образующегося при гидратации полуводного гипса [Текст] / А.В. Волженский, К.Н. Рожкова // Строительные материалы. - 1972. №5. 3-4 с.
75. Викулов В.В. Критерий оценки качества органического заполнителя для производства арболита на цементном вяжущем [Текст] / В.В. Викулов Изв. вузов, 1989. – № 5. – 27 с.
76. Гольденберг Л.Б. Повышение водостойкости и морозостойкости изделий на основе гипсовых вяжущих [Текст] / Л.Б. Гольденберг., Е.И. Чернин //Строительные материалы. - 1995. №4. 20-21 с.
77. Гаркина И.А. Оптимизация структуры и свойств композиционных материалов с использованием областей равных оценок [Текст] / И.А. Гаркина , А.М. Данилов, А.П.Прошин, Ю.Г. Иващенко // Известия ВУЗов . Строительство. – 1999. - №11. – С. 29-33.
78. Гусев Б.В. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства [Текст] / Б. В. Гусев, В.И. Кондращенко, Б.П. Маслов, А.С. Файфусович / - М.: Научный мир, 2006. – 560с.
79. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве. «Российский химический журнал» [Текст] / 2003, №4, том XLVII .

80. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) [Текст] / Справочник // Изд. АСВ, М., 2004.
81. Горшков В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ [Текст] / В.С. Горшков, В.Т. Тимашев, В.Т. Савельев – М.: Высшая школа, 1991. – 189 с.
82. Горчаков Г.И. Строительные материалы [Текст]: уч. пособие для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов - М.: Стройиздат, 1986.- 688с.
83. Грициенко Г.С. Методы электронной микроскопии [Текст] / Г.С. Грициенко, А.Л. Глаголев. – М.: Наука, 1989. – С.207-305, 218-249.
84. Горлов Ю.П. Технология теплоизоляционных материалов [Текст] / Ю.П. Горлов – М.: Стройиздат, 1990. – 26 с.
85. Горностаева, Е.Ю. Использование микрокремнезема для улучшения физико-технических показателей древесно-цементных композиций [Текст] / Е.Ю. Горностаева // Молодежь и научнотехнический прогресс / Под общей редакцией Е.А. Памфилова. Сборник трудов по итогам молодежной научно-технической конференции. Выпуск 1. – Брянск: БГИТА, 2010. – С. 191-193.
86. Глуховский В.Д. Шлакощелочные легкие бетоны [Текст] / В.Д. Глуховский., А.А. Тулаганов, И.К. Касимов, Г.В. Румына – Ташкент: ФАН, 1999. – 149 с.
87. Гольдштейн Л.Я. Использование топливных зол и шлаков при производстве цемента [Текст] / Л.Я. Гольдштейн, Н.П. Штейерт. Л.: Стройиздат. Ленинград.отд-ние, 1997.- 108 с.
88. Галебуй С. Теоретические основы механизма формирования прочности и разрушения поризованного арболита на стеблях хлопчатника [Текст] /С.Галебуй // Итоги строительной науки: материалы VI Межд.НПК 26–28 окт. г. Владимир: ВИТ-принт, 2010. С. 28–32. ISBN 978-5-9902312-5-2.
89. Гранковский И.Т. Структурообразование в минеральных вяжущих системах [Текст] / И.Т. Гранковский – Киев: Наук. Думка, 1984. – 900с.

90. ГОСТ 19222-84*. Арболит и изделия из него [Текст]. – М.: Стройиздат, 1990. – 44 с.
91. ГОСТ 23789-79 (ст СЭВ 826-77 в части методов испытаний) Вяжущие гипсовые [Текст] / Методы испытаний. М.: Изд-во Стандартов. 9с.
92. ГОСТ 24211-2003. Добавки для бетонов и строительных растворов [Текст] / Общие технические условия. М.: Изд-во Стандартов. 8с.
93. ГОСТ 30459-2003. Добавки для бетонов [Текст] / Методы определения эффективности. М.: Изд-во Стандартов. 21с.
94. Гурман В.Е., Герасименко М.И. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] / В.Е. Гурман, М.И. Герасименко – М.: Высшая школа. 1997. – 456 с.
95. Дворкин Л.И. Высокопрочные бетоны с активированным зольным наполнителем [Текст] / Л.И. Дворкин // Бетон и железобетон. 1993. - № 6. - 4–6 с.
96. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст] / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин // Ростов – на – Дону. Издательство Феникс, 2007 г. – 357 с.
97. Данг Ши Лан. Высокоэффективный пенобетон с применением золы рисовой шелухи [Текст] / Данг Ши Лан // Автореф. дис. канд. техн наук: 05.23.05. - М., 2006. - 25 с.
98. Евстратова, К.И. Физическая и коллоидная химия [Текст] / К.И. Евстратова. - Высшая школа, 1990. - 487с.
99. Евтушенко Е.И. Активационные процессы в технологии строительных материалов [Текст] / Е.И. Евтушенко. – Белгород: БГТУ, 2003. – 209.
100. Ефимов П.А. Добавка для модификации гипсовых вяжущих, строительных растворов и бетонов на их основе [Текст] / П.А. Ефимов, А.П. Пустогвар // Патент РФ №2260572. С04В 11/30. 20.09.2005.
101. Еремин А.В., Пустогвар А.П. Современные подходы к рентгенофазовому анализу гипсовых вяжущих [Текст] / А.В. Ереми, А.П. Пустогвар //

Строительные материалы. 2012. №7. С.62-66.

102. Ефремов, И.О. Периодические коллоидные структуры [Текст] / И.О. Ефремов. - Л. Химия, 1971. - 192 с.
103. Евсеев Г.А. Исследование процессов гидратации цемента в присутствии водорастворимых экстрактивных веществ древесины [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.05 / Г.А. Евсеев – Архангельск, 1980. – 20с.
104. Жолнерович, В.Г. Повышение эффективности использования портландцемента в золонаполненных вяжущих [Текст] / В.Г. Жолнерович, В.А. Кудинов // Строительные материалы. - 1998. - № 2. - 26–27 с.
105. Жив, А.С. Ресурсосберегающие технологии получения арболита на основе отходов промышленности и местных сырьевых ресурсов Азии и Африки [Текст] / А.С. Жив, С. Галебуй, Б.Р. Исакулов // Механизация строительства. –М., 2013. №3 (825). – с. 14.
106. Жуков, А.Д. Практикум по технологическому моделированию [Электронный ресурс] : учеб. Пособие [Текст] / А.Д. Жуков, Т.В. Смирнова, П.К. Гудков // Моск. гос. строит. ун-т.— М. : МГСУ, 2014 .— 168 с.
107. Изобретение № 1139 Кыргызская Республика, С04В28/00 Сырьевая смесь для изготовления поризованного арболита и способ ее изготовления [Текст] / А.К. Матыева, В.М. Курдюмова, Л.В.Ильченко; Бишкек, 2009. – 12с.
108. Изотов В.С. и др. Химические добавки для модификации бетона [Текст] / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова // М. : Казанский Государственный архитектурно-строительный университет: Издательство «Палеотип», 2006. — 244 с.
109. Исакулов, Б.Р. Исследование характера и механизма разрушения легких поризованных арболитобетонов на основе отходов промышленности и растительного сырья [Текст] / Б.Р. Исакулов, А.С. Жив // Строительные

материалы. - М., 2012. №12.- 6–12 с.

110. Исакулов Б.Р. Получение высокопрочных арболитобетонов на основе композиционных шлакощелочных и серосодержащих вяжущих. [Текст] / Б.Р. Исакулов // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. - Иваново: ИВГПУ, 2015. – с. 368.
111. Исакулов Б.Р. Исследование золошламовых вяжущих на основе отходов топливно-энергетического комплекса Казахстана [Текст] Б.Р. Исакулов, А.С. Жив // Научный вестник ВГАСУ. - Воронеж, 2012. №3 (27). – с. 66-74.
112. Исмаилов Х.М. Технология арболита с применением латекса и цементной пыли [Текст] / Х.М. Исмаилов, В.М. Хрулев //Композиционные строительные материалы. – Пенза: ПИСИ, 1990. – 65-74 с.
113. Инновационный патент РК № 20683. Состав арболитовой смеси [Текст] / К.А. Бисенов, С.С. Удербает, А.К. Душаев // URL: <http://kzpatents.com/3-ip20683-sostav-arbolitovojj-smesi.html> (дата обращения: 10.07.2017).
114. Инновационный патент № 24544 РК. Способ изготовления арболита [Текст] / С.С. Удербает // URL: <http://kzpatents.com/4-ip24544-sposob-izgotovleniya-arbolita.html> (дата обращения: 10.07.2017).
115. Инструкция по применению арболитовых блоков малоэтажное и многоэтажное строительство и общественных зданий.[Текст] /ЮУрГУУНЦ// «Строительство» Челябинск, 2013. - 65с.
116. Иванникова Р.В., Беликова М.И. О причинах низкой водостойкости гипсовых вяжущих [Текст] / Р.В. Иванникова, М.И. Беликова // Строительные материалы. -1975. - №2. - 33-35 с.
117. Иваницкий В.В. Свойства продуктов тепловой обработки различных видов гипсового сырья [Текст] //Строительные материалы. -1985. - №4. –26-28 с.
118. Калашников, В.И. Кинетика процессов структурообразования шлаковых вяжущих [Текст] / В.И. Калашников, В.Ю. Нестеров // Актуальные проблемы современного строительства: сб. ст. докторантов. СПб.-СПбГАСУ, 1994. - 43–50 с.

119. Капустин, Ф.Л. Особенности грануляции высококальциевых зол ТЭЦ [Текст] / Ф.Л. Капустин, В.М. Уфимцев, И.К. Доманская // Физикохимия и технология оксидно-силикатных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. - Екатеринбург, 2000. - 216–219 с.
120. Капустин Ф.Л. Гранулируемость высококальциевых зол ТЭЦ [Текст] / Ф.Л. Капустин // Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. - Белгород, 2000. Ч. 1.- 124–128 с.
121. Капустин, Ф.Л. Особенности грануляции высококальциевых зол ТЭЦ [Текст] / Ф.Л. Капустин, В.М. Уфимцев, И.К. Доманская // Физикохимия и технология оксидно-силикатных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. - Екатеринбург, 2000. - 216–219 с.
122. Клименко, М.И. Исследование арболита на основе высокопрочного гипса [Текст]: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.23.05 / М.И. Клименко. - М.: ВНИИНСМ, 1970. - 18 с.
123. Камилов, Х.Х. Технология и свойства арболита на основе безобжигового вяжущего и сельскохозяйственных отходов [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Х.Х. Камилов. - Ташкент, 1997. - 20 с.
124. Касимов, И.К. Особенности получения арболита на основе гуза-пай [Текст] / И.К. Касимов, А.А. Тулаганов, Ш.Т. Абдукамилов // Бетон и железобетон. - 1991. - № 5. - 20–22 с.
125. Касимов И.К. Подбор составов шлакощелочного арболита [Текст] / И.К. Касимов, А.А. Тулаганов, О.Б. Косимов и др. // Безобжиговые щелочные вяжущие и бетоны: науч. тр. ученых РУЗ. Ташкент, 1994. 59–64 с.
126. Касимов И.К. Рекомендации по изготовлению теплоизоляционного арболита из сельскохозяйственных отходов и безобжигового щелочного вяжущего [Текст] / Касимов И.К. Тулаганов А.А. – Ташкент: ТАСИ. 1995 – 16 с.

127. Касимов И.К. Исследование органогрунтовых фибросмесей для изготовления стеновых материалов [Текст] / И.К.Касимов., С.Д. Дуйшеев //Сб. науч.тр. - Ош: ОшКУ, 2000 - 89-97 с.
128. Касимов И.К., Влияние реологий смеси и дисперсности составляющих композиционных материалов [Текст] / И.К. Касимов, А.А. Абдыкалыков // Теория и технология бетона и железобетона. – Ташкент: ТАСИ, 2008. – 50-57 с.
129. Касимов, И.К. Арболит на основе сельскохозяйственных отходов и шлакощелочных вяжущих [Текст] / И.К. Касимов, К.А. Бисенов, А.А. Тулаганов, С.С. Удербаев // Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах: Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2005. - С.78-81.
130. Касимов, И.К. Физико-механические свойства арболита на основе растительных сельскохозяйственных отходов и щелочных вяжущих [Текст] / И.К. Касимов, К.А. Бисенов, А.А. Тулаганов, С.С. Удербаев // Валихановские чтения – 10: Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Кокшетау, 2005. – Т.12. – С.252-255.
131. Касымова, М.Т. Физико-технические свойства глинистых суглинков с добавкой золы при активации микробиологическим реагентом [Текст] / М.Т.Касымова, А.С. Мавлянов, Э.К. Сардарбекова [и др.] // Вестник КРСУ. – 2006. – Т.6. - №9. – С.132-137.
132. Касторных ЛИ. Добавки в бетоны и строительные растворы: учебно-справочное пособие [Текст] / Л.И. Касторных. Ростов н/Д: Феникс, 2005. - 221 с.
133. Калашников, В.И. Кинетика процессов структурообразования шлаковых вяжущих [Текст] / В.И. Калашников, В.Ю. Нестеров // Актуальные проблемы современного строительства: сб. ст. докторантов. СПб.-СПбГАСУ, 1994. - 43–50 с.

134. Кузинец, Б.З. Изучение эффективности применения золы при производстве арболита [Текст] / Б.З. Кузинец, И.М. Якушина, К.А. Левинский // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та, 1989. Вып. 216. - 17–23 с.
135. Корткина, М.Р. Новый подход к математическому моделированию статистически неоднородных сред [Текст] / М.Р. Корткина, В.И. Запруднов, О.М. Полещук // Науч. тр. - М.: МГУЛ, 1999. Вып. 299. 29–31 с.
136. Косенко Н.Ф. Гипсовое вяжущее. [Текст] / Н.Ф. Косенко, И.В. Мамонтова // Патент РФ 2260571 С04В 11/00. 20.09.2005
137. Кондращенко О.В. Гіпсові будівельні матеріали підвищеної міцності і водостійкості (фізико- хімічні та енергетичні основи): Автореф. дис. д.т.н./О.В. Кондращенко.- Харків: УкрДАЗТ, 2005. – 40 с.
138. Коровяков В.Ф. Перспективы применения водостойких гипсовых вяжущих в современном строительстве. [Текст] / В.Ф. Коровяков //Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий : матер. Всеросс.семинара.М.: 2002. С. 51 —56.
139. Коровяков В.Ф. Легкие бетоны на композиционных гипсосодержащих вяжущих. [Текст] / В.Ф. Коровяков //В сб. «Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона», Москва, 2001.
140. Коровяков В.Ф. Теоретические аспекты и практические результаты создания гидравлических композиционных гипсовых вяжущих повышенной долговечности. [Текст] /В.Ф. Коровяков //сб. "Проблемы и пути создания композиционных материалов из отходов промышленности". – Новокузнецк. СибГИУ, 1999.
141. Коровяков В.Ф. Новые технологии в производстве стеновых изделий из водостойких гипсовых бетонов. [Текст] / В.Ф. Коровяков, В.К. Сергеев. //Материалы II Всероссийского семинара с международным участием "Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий". М.,Изд-во "ЛМ-ПРИНТ", 2004.

142. Коровяков В.Ф. Повышение водостойкости гипсовых вяжущих веществ и расширение областей их применения. [Текст] / В.Ф. Коровяков // «Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века», № 3, 2005.
143. Коровяков, В.Ф. Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий [Текст] / В.Ф. Коровяков // Строительные материалы. - М., 2008. - № 3. - С. 65 - 67 с.
144. Кобулиев, З.В. Технологическая особенность изготовления арболита на основе стеблей хлопчатника [Текст] / З.В. Кобулиев, А.Ш. Шарифов, С.Э. Якубов // Жилищное строительство. -2006. -№8. -С.30-31.
145. Кобулиев З.В. Энерго и ресурсосберегающие материалы на основе минерального и растительного сырья [Текст]/З.В. Кобулиев, С.Э. Якубов // Под ред. А.Шаипова.- Душанбе: Ирфон, 2006.-206с.
146. Кобулиев, З.В. Теплофизические свойства строительных материалов на основе растительно-вяжущей композиции [Текст] / З.В. Кобулиев, А.Ш. Шарифов, С.Э. Якубов, Г.Б. Назриев // Вестник Таджикского государственного национального университета. –Душанбе, 2006. -№5. - С.41-48.
147. Кондращенко, Е.В. Термодинамическое обоснование способа повышения прочности и водостойкости гипсового камня [Текст] / Е.В. Кондращенко // Строительные материалы и изделия. - 2003. - № 8 (22). - С. 14-16.
148. Кондращенко, Е.В. Физико-химические особенности формирования структуры гипсового камня [Текст] / Е.В. Кондращенко // Строительные материалы и изделия. - 2004. - № 1. - С. 2 - 5.
149. Козлов, Н.В. Гипсовые вяжущие повышенной водостойкости на основе промышленных отходов [Текст] / Н.В. Козлов, А.И. Панченко, А.Ф. Бурьянов [и др.] // Научное обозрение. -М.: Издательский дом "Наука образования", 2013. -№9.-С. 200-205.

150. Карасев, Е.И. Теплоизоляционные плиты из отходов деревообработки [Текст] / Е.И. Карасев, В.В. Стриженко // Научные труды. - М.: МГУЛ, 1997. Вып. 293. - 33–37 с.
151. Курдюмова В.М. Арболит на основе отходов сельского хозяйства и золосодержащих вяжущих [Текст] / В.М. Курдюмова, П.П. Мاستиленко // Архитектура и строительство: сб. науч. тр. – Бишкек: КРСУ, 2003. - 235-240 с.
152. Курдюмова В.М. Влияние пластифицирующих добавок на технические свойства целлюлозосодержащего арболита [Текст] / Курдюмова В.М., Матыева А.К. // Вестник. КазАТК. – Алматы: – 2007. – № 4. –145-149 с.
153. Курдюмова В.М. Органокompозиты для стеновых блоков из местного сырья [Текст] / В.М. Курдюмова, Л.В. Ильченко, У.Ш. Азыгалиев // Межд. сб. науч. тр. Новосибирск. НГАУ. 2011. – 80-87 с.
154. Курдюмова В.М. Строительные органополимеркомпозиты (ОПК) на основе сложного наполнителя из местного сырья. [Текст] / В.М. Курдюмова, У.Ш. Азыгалиев, Л.В. Ильченко // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2017. Т. 17. № 1. С. 137-141.
155. Кнатько В.М. Вяжущие материалы. Минеральные и химические добавки, улучшающие их свойства [Текст]: справ. пособ. научн.-техн. дост. / В.М. Кнатько. - М.:ВНИИНТПИ, 1990.-138с.
156. Курдюмова В.М. Повышение долговечности соломолита в конструкциях малоэтажных мобильных зданий [Текст] / В.М. Курдюмова, Л.В. Ильченко, А.У. Чымыров // Материалы международной научно-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития строительной науки». Ч.1. – Бишкек, 2000. –10-13 с.
157. Курдюмова В.М. Исследование контактных связей в структуре композиционных плит [Текст] / В.М. Курдюмова, А.У. Чымыров // Вестник КГУСТА. – Вып. 1. – Бишкек, 2002. – С. 14-21.
158. Курдюмова В.М. Материалы и конструкции из отходов растительного сырья [Текст] / В.М. Курдюмова. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 112 с.

159. Курдюмова В.М. Стеновые изделия из органических композитов для сейсмостойкого строительства [Текст] / В.М. Курдюмова, А.К. Матыева, Е.С. Суворова // Вестник КГУСТА. – Бишкек. – 2007. – Вып. 2(16). – 142-147 с.
160. Курдюмова В.М. Синергетический эффект при комплексном применении полимерсиликатнопластифицирующих добавок в производстве арболита [Текст] / В.М. Курдюмова, А.К. Матыева, Е.С. Суворова // Вестник КГУСТА. - Бишкек. 2012. –59-65 с.
161. Курдюмова В.М. Быстротвердеющие композиционные вяжущие вещества из местного сырья [Текст] / В.М. Курдюмова, Б.Т. Ассакунова, Басел Али Абдулкарим // Современные материалы и технологии в строительстве: сб. науч.тр. 25-й межд. конф. – Новосибирск: РАЕН; НГАУ, 2003. – 83-88с.
162. Курманбекова Э. Технология производства арболита на термически обработанной рисовой лузге [Текст] / Э. Курманбекова // Вестник КазГАСА. – Алматы, 2007. – № 2 (24). –110-112 с.
163. Курдюмова В.М. Быстротвердеющие композиционные вяжущие вещества из местного сырья [Текст] / В.М. Курдюмова, Б.Т. Ассакунова // Современные материалы и технологии в строительстве: сб. науч. тр. межд. конф. – Новосибирск: РАЕН: НГАУ, 2003. –83-88 с.
164. Курдюмова В.М. Полимерсиликатные системы в производстве арболита на основе растительно-гипсовой композиции (РГП) [Текст] / В.М. Курдюмова, А.К. Матыева // Рахматулинские чтения; межд. сб. науч. тр. «Композиты и наноматериалы». – Бишкек: НАН КР; МГУ, 2011. – 172-176 с.
165. Курдюмова В.М. Полимерсиликатные системы в производстве арболита на основе растительно-гипсовой композиции (РГП) [Текст] / В.М. Курдюмова, А.К. Матыева // Рахматулинские – Ормонбековские чтения: межд. сб. науч. тр. Композиты и наноматериалы. – Бишкек: НАН КР: МГУ, 2013. № 2 (3). – 215-217 с.

166. Курдюмова В.М. Структурная модель композиционных плит с дискретными частицами [Текст] / В.М. Курдюмова // Инф. л. № 35. – Бишкек: КыргНИИНТИ, 1993. – 4 с.
167. Курдюмова В.М., Матыева А.К. Синергетический эффект при комплексном применении полимер-силикатно-пластифицирующих добавок в производстве арболита [Текст] / В.М. Курдюмова, А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2012. – 47 – 51 с.
168. Курдюмова В.М. Стеновые изделия из органокомполитов для сейсмостойкого строительства [Текст] / В.М., Курдюмова, А.К. Матыева, Е.С. Суворова // Вестник КГУСТА. – Бишкек. – 2007. – Вып. 2 (16). –142-147 с.
169. Курдюмова В.М. Теоретические основы расчета структурного формирования композиционных плит из растительного сырья [Текст] / В.М. Курдюмова, Л.В. Ильченко // Ж-л Наука и новые технологии. – Бишкек: ГКННТ КР, 1996. №2. – 103-107 с.
170. Клименко М.И. Арболит. Проблемы и перспективы [Текст] / М.И. Клименко – Саратов: СТУ, 2002. – 42 с.
171. Клименко, М. И. Использование местных материалов в сельском строительстве [Текст] / М. И. Клименко // Арболит и его применение: сборник статей под ред. М. И. Клименко.- Саратов, Изд-во Сарат. ун-та.- 1976.- 23-39 с.
172. Клименко, М.И. Исследование арболита на основе высокопрочного гипса [Текст]: автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.23.05 / М.И. Клименко. - М.: ВНИИНСМ, 1970. - 18 с.
173. Книгина Г.И. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей [Текст]: учеб.пособие / Г.И. Книгина, Э.Н. Вершинина, Л.Н. Тацки. - М.: Высш.шк., 1995. – 223 с.
174. Крутов П.И. Справочник по производству и применению арболита [Текст] / П.И. Крутов – М.: Стройиздат, 1998. – 218 с.

175. Караханиди С.Г. Использование природных сырьевых материалов и попутных продуктов промышленности в производстве строительных материалов [Текст] / С.Г. Караханиди // Обз. информ. КыргызНИИТИ. – Фрунзе, 1990. – 4 с.
176. Кудяков А.И. Модифицированное торфяное вяжущее для эффективных стеновых конструкций [Текст] / А.И. Кудяков, Н.О. Копаница, Ю.С. Саркисов, И.И. Завьялов, А.Б. Рыжиков, М.С. Макаревич // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2003. – Т. 46. – Вып. 6. – С. 27–31.
177. Колкотаева Н.А. Гипсополимерная композиция для изготовления стеновых и теплоизоляционных материалов [Текст]: автореферат дисс. канд.техн.наук: 05.23.05 / Н.А. Колкотаева. - М., 2007.- 21с.
178. Косарев Е.Л. Методы обработки экспериментальных данных [Текст] / М.: Физматлит. 2008. С.56-57. 207с.
179. Киселев, В. П. Комплексное использование отходов химической переработки биомассы дерева и других вторичных ресурсов в производстве композиционных вяжущих и материалов, полученных на их основе [Текст] / В. П. Киселев // Автореферат дисст. На соиск. уч. степ. д.т.н. Красноярск – 2006г.
180. Кнатько В.М. Вяжущие материалы. Минеральные и химические добавки, улучшающие их свойства [Текст]: справ. пособ. научн.-техн. дост. / В.М. Кнатько. - М.:ВНИИТПИ, 1990.-138с.
181. Ли Ф.К. Химия цемента и бетона [Текст] / Ф.К. Ли. - М.: Стройиздат, 1995.- 112 с.
182. Логвиненко А.Г. Физико-химические основы получения твердения вяжущих материалов из рыхлых гипсовых пород [Текст] / А.Г. Логвиненко, М.А. Савинкова - Новосибирск: Наука, 1994. -109с.
183. Логвиненко А.Т. Влияние органических добавок на гидратацию, портландцемента [Текст] / А.Т. Логвиненко, Т.Д. Урваева, А.С. Третьякова // Известия СО АН СССР, 1990 №3 Вып.5. - 125-133 с.

184. Лемешев В.Г. Использование золы –унос в технологии производства керамических стеновых материалов [Текст] / В.Г. Лемешев, Д.О. Лемешев// Материалы II Всероссийской научной конференции «Химия и химическая технология на рубеже тысячелетий» / - Томск: Изд. ТПУ, 2002.-Т1.-С.90-92.
185. Лесовик В.С., Чулкова И.Л. Управление структурообразованием строительных композитов [Текст / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова // Омск: СибАДИ, 2011. – 459 с.
186. Леонтьев Н.Ф. Техника статистических вычислений [Текст] / Н.Ф. Леонтьев – М.: Лесная промышленность, 1986. – 247 с.
187. Литвиненко С.В. Применение замедлителя схватывания для гипсовых вяжущих Retardan 225P [Текст] / С.В. Литвиненко. - Строительные материалы. 2012. №7. С.26-28.
188. Литвиненко, С.В. Применение замедлителя схватывания для гипсовых вяжущих Retardan 225P [Текст] / С.В. Литвиненко // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Материалы конференции. - Пермь, 2012. - С. 64 - 69.
189. Лященко Т.В. Поля свойств строительных материалов (концепция, анализ, оптимизация) [Текст] / Т.В. Лященко // Автореф. д-ра техн. наук: 05.23.05 / ОГАСА Одесса, 2003. – 34с .
190. Лященко Т.В. Анализ свойств строительных композитов на многофакторных локальных рецептурных полях с критериальными границами [Текст] / Т.В. Лященко, В.А. Вознесенский // 36.наук. пр. Луганск. нац. аграр. ун-ту. – Луганск: Видавництво ЛНАУ, 2007. - № 71(94). – С. 182-188.
191. Лященко Т.В. Доктоская диссертация ...
192. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю. Получение древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями [Текст] /

- Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева // Вестник БГТУ им.В.Г.Шухова.- Белгород. 2010. №4. С.44–46.
193. Лукутцова Н. П. Экологические критерии утилизации золы Брянской ГРЭС [Текст] / Н.П. Лукутцова, С.С. Будаговский, М.В. Рыбников // Вклад учёных и специалистов в нац.экономику: тез. докл. науч.-техн. конф. Брянск, 1998. - С. 5-6.
194. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов [Текст] / И.Г. Лугинина: в 2 ч. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. - Ч.П. -199 с.
195. Цинсия Лю. Готовая к употреблению композиция отверждающегося типа и относящийся к ней комплект [Текст]/ Натесайер Кумар, Цян Юй // Патент РФ 2005132999. С04В28/14. 10.03.2006; US 2004/008927. 24.03.2004; WO 2004/087604. 14.10.2004.
196. Мавлянов А.С. Энергосберегающая технология смешанных гипсовых вяжущих и изделий на их основе [Текст] / А.С. Мавлянов, А.А. Абышов // Международный сборник научных трудов. - Вып. №9, Душанбе, 2012. - 59-64 с.
197. Мавлянов А.С. Комплексное использование минерального сырья [Текст] / А.С.Мавлянов, А.А.Абдыкалыков, Б.Т.Ассакунова //Илим.-Бишкек,2016.- 326 с.
198. Мавлянов А.С., Абышов А.А. Определение фазового состава вяжущих из местных гипсосодержащих пород [Текст] / А.С. Мавлянов А, А.А. Абышов // Вестник КГУСТА. Бишкек, 2012. №3. С. 38-41.
199. Макаров, Е.Я. Математическое моделирование процессов влагопереноса при изготовлении арболита [Текст] / Е.Я. Макаров, А.П. Шешуков, Е.В. Нефедов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2012. – № 2. – С. 137–147.
200. Макаров, Е.Я. Исследование влияния массопереноса на структурообразование цементного камня в пограничной зоне древесного

заполнителя [Текст] / Е.Я. Макаров, А.П. Шешуков // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. –2013. – № 4. – С. 203–209.

201. Мартынов К.Я. Технология арболита на цементно-полимерном вяжущем [Текст] / К.Я.Мартынов, Н.А. Машкин и др. // Сб.докл.междунар.конф.-Новосибирск: 1994. –68-70 с.
202. Мозговой Н.В., Пак А.А. Совершенствование технологии производства бетонных работ в строительстве [Текст] / Н.В. Мозговой, А.А. Пак // Бетон и железобетон, М.: 2001. - 31-32 с.
203. Матыева А.К. Изобретение № 1139 Кыргызская Республика, С04В28/00 Сырьевая смесь для изготовления поризованного арболита и способ ее изготовления [Текст] / А.К. Матыева, В.М. Курдюмова, Л.В.Ильченко; Бишкек, 2009. – 12с.
204. Матыева А.К. Особенности получения арболита на основе растительного-гипсовой композиции, модифицированной полимерсиликатным добавкам [Текст] / А.К. Матыева – Новосибирск: НГАУ, 2008. –. 89-95 с.
205. Матыева А.К. Рекомендации по проектированию и расчету ограждающих комбинированных конструкций зданий из местного материала [Текст]/ А.К. Матыева, В.М. Курдюмова, Л.В. Ильченко, У.Ш. Азыгалиев, Е.С. Суворова // учебное пособие. Бишкек: КГУСТА, Госархстройнадзор. 2012. С. 49.
206. Матыева А.К. Полимерсиликатно - гипсовое связующее в составе органокомпозитов из растительного сырья [Текст] / А.К. Матыева // Межд. сб. науч. тр. – Харьков: КГУСТА, 2011. – 40-45 с.
207. Матыева А.К. Термодинамический анализ структуры модифицированного арболита из местного сырья [Текст] / А.К. Матыева // Современные техника и технология в научных исследованиях – Бишкек: РАН, 2012. – 159-163 с.

208. Матыева А.К. Энергосберегающие материалы для строительных конструкций пассивных домов в условиях Кыргызстана [Текст] / А.К. Матыева // сб. науч. тр. НАН КР, Ин-т физики. – Бишкек: НАН КР, 2012. – 86-92 с.
209. Матыева А.К. Энергоэффективные строительные блоки из облегченного арболита [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек. 2012. –44-49 с.
210. Матыева А.К. Термодинамический анализ структуры модифицированного арболита из местного сырья [Текст] / А.К. Матыева // Современные техника и технология в научных исследованиях. – Бишкек: РАН, 2012. – 159-163 с.
211. Матыева А.К. Энергоэффективные строительные блоки из облегченного поризованного полимера [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. №3, Бишкек, 2012. - с. 33-37.
212. Матыева А.К. Повышение атмосферостойкости арболита на основе гипсозолощелочного вяжущего и модифицированного органозаполнителя [Текст] / А.К. Матыева и др. // Материаловедение : Инновационные технологии и передовые решения. – Бишкек: НАН КР: ИФТПиМ: МУИТ, 2013. №1. –142-147 с.
213. Матыева А.К. Особенности технологии производства атмосферостойкого арболитового блока и перспективы его применения строительстве [Текст] / А.К. Матыева // Научный поиск в современном мире: сборник материалов 11-й межд.науч.-практ.конф., (г.Махачкала, 31января 2016г.) - Махачкала: ООО»Апробация», 2016. –41-45 с.
214. Матыева А.К. Строительно-технические свойства атмосферостойкого арболита [Текст] / А.К. Матыева // Науч.- практ.журнал Приволжский научный вестник №4(56) – 2016.- 40-42 с.
215. Матыева, А.К. Адгезионная прочность модифицированного арболита в системе «гипс-зола-солома» [Текст] / А.К. Матыева // КГУСТА 25-летию,

июнь-2017. ВЕСТНИК.-2(56). с.108-111.

216. Матыева А.К. Органополимерные композиты из местного сырья Кыргызстана конструкционного назначения для строительства [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА 2(56)– Бишкек 2017. – С.168-172.
217. Матыева, А.К. Оптимизация состава и свойств сырьевых компонентов в производстве модифицированного арболита из местного сырья [Текст] / А.К. Матыева // Вестник СиБАДИ. – Омск, 2019. - № 3. – Т. 16. – С. 352-365.
218. Матыева, А.К. Исследование прочности и деформативности атмосферостойкого арболита из местного сырья по энергоресурсосберегающей технологии для стеновых блоков [Текст] А.К. Матыева // Современные наукоемкие технологии. – Москва, 2019. - № 3. – Ч. 2. – С. 212-216.
219. Матыева, А.К. Модифицированный арболит из местного сырья Кыргызской Республики по энергосберегающей технологии для ограждающих конструкций зданий [Текст] / А.К.Матыева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – Москва, 2019. - № 4. - С.33-37.
220. Матыева, А.К Поризованный арболит на комплексной полимерсиликатно-гипсовой композиции (ПСГК) [Текст] / А.К. Матыева // Известия вузов. – Бишкек. 2007. –№ 1-2. –274-277 с.
221. Матыева А.К. Математическое моделирование по оптимизации состава и свойств арболита на полимерсиликатно-гипсовой композиции (ПСГК) [Текст] /А.К. Матыева // Информационные технологии в образовании: состояние, проблемы и перспективы. Международная научно-практическая конференция - Вестник КГУСТА. 2011. №2(32). Том 1. Бишкек. С. 138–141.
222. Мелентьев В.А. Состав и свойства золы и шлака ТЭЦ [Текст] / В.А. Мелентьев // Справочное пособие. Л.: Энергия. 1995. – 88с.

223. Мощанский Н.А. Конструктивные и химически стойкие полимербетоны [Текст] / Н.А. Мощанский, В.В. Патуроев. М.: Стройиздат, 1990.- 194с.
224. Машкин Н.А. Полимерсиликатные композиции для защиты от коррозии и выравнивания поверхности железобетонных конструкций [Текст] / Н.А. Машкин, В.М. Хрулев, Г.Н. Шibaева // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве. – Харьков: ХАГХ. – 9-12 с.
225. Машкин Н.А. Математическое планирование эксперимента в технологии композиционных строительных материалов (с использованием ЭВМ) [Текст] / Метод, указания к лаб. работам / Н.А. Машкин, Е.Н. Иващенко, А.В.Павлов // Новосибирск: НГАСУ. 2001.-1 3 с
226. Мельникова, Л.В. Технология композиционных материалов из древесины [Текст] / Л.В. Мельникова. М.:МГУЛ, 1999.- 226с.
227. Мальцев, В.В. Технология производства теплоизоляционных материалов из древесных опилок [Текст] / В.В. Мальцев, В.И. Запруднов, А.В. Разумовский // Науч. тр. М.: МГУЛ, 2000. Вып. 310. С. 33–37.
228. Малинина, Л.А. Экологические и технологические аспекты развития строительства и производства строительных материалов в мире [Текст] / Л.А. Малинина, Ю.С. Волков, Я.А. Рекитар // «БИНТИ», М., 2001. - № 5. - С.55 -58.
229. Магдеев И.М. Добавка для замедления схватывания гипса [Текст] И.М. Магдеев, Ю.Г. Будникова, Я.А. Левин, С.А. Краснов, О.Г. Синяшин // Патент РФ №2432333. С04В 11/00, С04В 22/06, С04В 22/08, С04В 103/14. 27.10.2011.
230. Микульский В.Г. и др. Строительные материалы (Материаловедение) Часть I - II [Текст] / В.Г. Микульский// Учебное издание. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с.
231. Мишутин А.В. Оценка влияния состава модифицированного бетона на его прочность, водонепроницаемость и морозостойкость с учетом изменения Ц/В смеси [Текст] / А.В. Мишутин, С.А. Кровяков // Сборник научных

трудов Луганского национального аграрного университета. Техническая наука. № 71, 2007, - С. 348-356.

232. Муртазаев, С.-А.Ю. Использование золошлаковых смесей ТЭЦ для производства композиционных гипсовых вяжущих [Текст] / С.-А.Ю. Муртазаев, Н.В. Чернышева, А.Х. Аласханов // Экология и промышленность России. -июль, 2013,- С. 26-29.
233. Наназашвили, И.Х. Основы направленного структурообразования древесно-цементных композитов и управление их качеством [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук в форме науч. докл.: 05.23.05 / И.Х. Наназашвили. - М.: НИИЖБ, 1992. - 43 с.
234. Наназашвили, И.Х. Повышение качества арболита с учётом особенностей древесного заполнителя [Текст] / И.Х. Наназашвили // Строительные материалы и конструкции, здания и сооружения: Экспресс-информация / ЦНИИЭПсельстрой. М., 1992. - Вып. 6. - 22-25 с.
235. Наназашвили И.Х. Структурообразование древесно-цементных композитов на основе ВНВ [Текст] / И.Х. Наназашвили // Бетон и железобетон. – М., 1998. № 12 –15-17 с.
236. Наназашвили И.Х. Строительные материалы и изделия [Текст] / И.Х. Наназашвили // Справочник. – М.: Высшая школа, 1990 – 172 с.
237. Нестерова Л.Л. Микроструктура цементного камня (исследования с применением оптического светового микроскопа [Текст] / Л.Л. Нестерова, И.Г. Лугнина, Л.Д. Шахова // М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов. 2010. 103с.
238. Оболевская А.Б. Химия древесины и полимеров [Текст] / А.Б. Оболевская, В.П. Щеглов – М.: Лесная пром-ть. 1991. – 168с.
239. Омурбеков И.К. Перспективы развития гипсовой отрасли на юге Кыргызстана [Текст] / Омурбеков И.К., А.А. Абышов // Известия Ош ТУ: Вып.1.Ош, 2012. – 94-98 с.
240. Орешкин Д.В., Лукутцова,Н.П., Горностаева,Е.Ю. Повышение качества

- древесно-цементных композиций добавками // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре [Текст] / Д.В. Орешкин, Н.П. Лукутцова, Е.Ю. Горностаева// Материалы 67-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2009 года: сб. науч. тр. Самара. 2010. С.276–278.
241. Окружающая среда в Кыргызской Республике 2010-2014 гг. [Текст] / Статистический сборник // Нацстатком Кырг. Респ., 2015 г. ISBN 978-9967-27-254-5. О-51.
242. Полак А.Ф. Твердение мономинеральных вяжущих веществ [Текст] / А.Ф. Полак - М.: Высшая школа, 1966.- 86с.
243. Потапова, Е.Н. Влияние полимерных добавок на свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего [Текст] / А.Ю. Панферова, М.С. Гаркави // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий: материалы конференции. - Пермь, 2012. - С. 115 - 119.
244. Павленко С.И. Мелкозернистые бетоны из отходов промышленности [Текст] / С.И.Павленко. - М.,1997. - 175с.
245. Патент на изобретение KZ № 7101. Способ активации вяжущего [Текст] / А.А. Акчабаев, К.А. Бисенов, С.С. Удербает. заявл. 28.06.97; опубл. 1999 г., бюл. II. С26.
246. Патент на изобретение № 670 от 28.04.2003. Способ изготовления плит из соломы [Текст] / Ж.Т. Тентиев, В.М. Курдюмова, А.У. Чымыров, Л.В. Ильченко // Бюллетень «Интеллектуалдык менчик», 2004, №7. Бишкек, 2004. – 33 с.
247. Патент на изобретение KZ А4 20683 С04В 20/04, С04В 18/24, С04В 18/10. Сырьевая смесь для изготовления арболита. [Текст] / К.А. Бисенов, С.С. Удербает, А.К. Душаев // Опубликовано 15.01.2009г. Бюл.№1– С.22.
248. Предварительный патент РК № 19572. Арболитовая смесь [Текст] / К.А.

- Бисенов, Удербает С. С. URL: <http://kzpatents.com/0-pp19572-arbolitovaya-smes.html> (дата обращения: 10.07.2017).
249. Предварительный патент РК №16614. Способ активации вяжущего / Бисенов К. А., Акчабаев А. А., Удербает С. С., Ермахан Б. Е. URL: <http://kzpatents.com/0-pp16614-sposob-aktivacii-vyazhushhego.html> (дата обращения: 10.07.2017).
250. Предварительный патент РК №16644. Способ приготовления арболитовой смеси / Бисенов К. А., Акчабаев А. А. [и др.]. URL: <http://kzpatents.com/3-ip29018-sostav-arbolitovojj-smesi.html> (дата обращения: 10.07.2017).
251. Прокопец, В.С. Влияние механоактивационного воздействия на активность вяжущих веществ [Текст] / В.С. Прокопец // Строительные материалы. 2003. № 9. 28–29 с.
252. Панибратов Ю.П. Техничко-экономическая оценка проектных решений жилых и общественных зданий [Текст] / Ю.П. Панибратов – СПб.: Стройиздат, 2002. – 257 с.
253. Петров А.Н. Исследование соломы для производства теплоизоляционных изделий [Текст] / А.Н. Петров, В.Г. Хозин // Межд.сб.науч.тр. «Технология строительства сельскохозяйственных зданий и сооружений из местных материалов». –Новосибирск, 1997. – С. 130-134.
254. Проталинский, Г.Н. Оптимизация многоуровневой структуры бетонов по настраиваемым параметрам состояния [Текст] / Г.Н. Проталинский, Г.Н. Шибаета // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика». – Пенза, 2002. с.290-292.
255. Прошин А.П. Принцип Парето в управлении качеством материалов [Текст] / А.П. Прошин, А.М. Данилов, И.А. Гаркина, А.Н. Бормотов // Известия ВУЗов. Строительство. – 2002. - №11. – С. 25-29.
256. Петропавловская В.Б. Модифицированные гипсовые дисперсные системы негидратационного твердения [Текст] / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов,

А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы. - 2008. - № 3. – 76-77 с.

257. Петропавловская, В.Б. Малоэнергоёмкие гипсовые материалы и изделия на основе отходов промышленности [Текст] / В.Б. Петропавловская, А.Ф. Бурьянов, Т.Б. Новиченкова // Строительные материалы. - 2006. - июль. - С. 8 - 9.
258. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение [Текст] / И.А.Рыбьев // Учеб. пособие для строит. спец. вузов. — 2-е изд., испр. — М.: Высшая школа, 2004. — 701 с.
259. Рыбьев И.А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ: (искусственные строительные конгломераты) [Текст]: учебн. пособие для вузов / И.А.Рыбьев. – М.: Вышш.школа, 1988. – 309с.
260. Рыбьев И.А. Две важнейшие закономерности в свойствах материалов с конгломератным типом структуры [Текст] / И.А.Рыбьев // Строительные материалы. - 1985. - №1. - 17-20 с.
261. Ратинов В.Б. Влияние комплексных добавок на скорость твердения и состав цементного камня [Текст] / В.Б. Ратинов // Цемент, - 1989. - 12-13 с.
262. Ребиндер П.А. Современные физико-химические представления о процессах твердения минеральных вяжущих [Текст] / П.А. Ребиндер. - М.: Стройиздат, 1992. – 209 с.
263. Рантунович Г.С. Исследование процесса формирования и свойств структуры высокопрочного материала на основе строительного гипса [Текст]: автореф. дис. канд.техн.наук: 05.23.05/ Г.С. Рантунович. – Минск, 1981. – 23 с.
264. Садуакасов М.С. Пластифицирующие гипсовые вяжущие [Текст] / М.С. Садуакасов. – Алма-Ата, 1994. - 21с.
265. СН 549-82. Инструкция по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита [Текст]. - М.: Госстрой СССР, 1983. - 47 с.

266. Справочник по производству и применению арболита [Текст] / П.И. Крутов, И.Х. Наназашвили, Н.И. Склизков и др. под ред. И.Х. Наназашвили. М.: Стройиздат, 1987. - 208 с.
267. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий [Текст]: утв. Госстроем России 19.04.2004; дата введ. 01.01.2005. М.: ФГУП ЦПП, 2004. - 25 с.
268. Садуакасов М.С. Применение добавок для повышения качества гипсовых вяжущих [Текст] / М.С. Садуакасов. – Алма-Ата: Каз ЦНТ. -210 с.
269. Сеитов Б.М. Экспериментальные исследования дисперсно-армированных органическими волокнами стеновых материалов на основе глинистых грунтов Южного региона КР [Текст] / Б.М. Сеитов, С.Д. Дуйшеев. Ош: ОшТУ. 1998.- 32с.
270. Солдатов Д.А. Конструкционно-теплоизоляционные материалы на основе растительных отходов и поризованного связующего [Текст] / Д.А.Солдатов, И.В. Соловьев, Л.А. Абдрахманов, В.Г. Хозин // Мат-лы VI академических чтений «Современные проблемы строительного материаловедения». – Иваново, 2000. –466-476 с.
271. Соломатов, В.И. Элементы общей теории композиционных строительных материалов [Текст] / В.И. Соломатов // Изв.высш.учебн. завед. Строит. и архитект. – Новосибирск, 1990. № 8. –. 61-70 с.
272. Соломатов, В.И. Полимерные композиционные материалы в строительстве [Текст] / В.И. Соломатов и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 322 с.
273. Соломатов, В.И. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости [Текст] / В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, А.В. Сиренко // - Киев. «Будивильник». – 1991. – 143 с.
274. Соломатов В.И. Интенсивная технология бетонов [Текст] / В.И. Соломатов, М.К. Тахиров, Тахер-Шах Мд. – М.: Стройиздат, 1989. – 264 с.
275. Соломатов, В. И. Строительные материалы на основе техногенных отходов [Текст] / В.И. Соломатов, В.Т. Ерофеев, А.Д. Богатов //

- Современные проблемы строительного материаловедения. Седьмые академические чтения РААСН. -Белгород, 2001. - С. 519 - 523.
276. Соломонова Е.Б. Легкий древесно-минеральный композиционный материал на полимерсиликатном вяжущем [Текст] / Е.Б. Соломонова, Г.Н. Шibaева, В.М. Хрулев // Сб. «Устойчивое развитие Северо-Запада России». -Архангельск - Москва: ВИМИ, 2002, с. 92 - 94.
277. Соломонова Е.Б. Технология лигносиликатных композитов с древесным наполнителем [Текст] / Е.Б. Соломонова, Г.Н. Шibaева, В.М. Хрулев // Сб. «Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций». - Волгоград: Волг. ГАСА, 2003, с. 117 -119.
278. Соломонова Е.Б. Органоминеральные связующие на основе жидкого стекла, наполненные мелкодисперсным лигнином [Текст] / Е.Б. Соломонова, Г.Н. Шibaева, В.М. Хрулев // Сб. «Проблемы строительного комплекса России» - Уфа: УГНТУ, 2004. Т.1 - с.85 -86.
279. Соломонова Е.Б. Теплоизоляционный материал на лигносиликатном вяжущем / Е.Б. Соломонова // Сб. «Жилищное строительство» - Москва, 2004, №6, с. 113.
280. Савелов И.Г. Использование зол гидроудаления в строительстве и производстве строительных материалов Киргизии [Текст] / И.Г.Савелов, С.Г. Караханиди, Н.М. Иванова: Обзор.информ. Бишкек: КиргизНИИТИ, 2002. – 28 с.
281. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография [Текст] / С.А. Салтыков М.: Металлургия, 1990. – 60-98 с.
282. Садуакасов М.С. Оптимизация сроков переработки гипсовых формовочных масс [Текст] / Садуакасов М.С. и др. // Строительные материалы XXI века. Технология, импортозамещение. – Алматы, 2001. – 90-96 с.
283. Сегалова Е.Е. Возникновение кристаллизационных структур, твердение и условия развития их прочности [Текст] / Е.Е. Сегалова, П.А. Ребиндерт // Новое в химии технологии цемента – М.: Госстройиздат, 1992. - 202-211 с.

284. Сучков В.П. Гипсовые строительные материалы и изделия, полученные механохимической активацией техногенного сырья [Текст]: автореферат дис... доктора техн.наук. / Сучков В.П. - М., 2009. – 27 с.
285. Сулейменов С.Т. Физико–химические процессы структурообразования в строительных материалах из минеральных отходов промышленности [Текст] / С.Т. Сулейменов - М.:Манускрипт, 1996. – с. 128, 133-138.
286. Сулименко Л.М. Технология минеральных вяжущих материалов и изделий на их основе: учеб. для вузов [Текст] / Л.М. Сулименко. -4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 2005. - 334 с.
287. Столбоушкин А .Ю Ресурсосберегающая комплексная переработка минерального техногенного сырья в производстве строительных материалов [Текст] / А.Ю. Столбоушкин, Г.И. Бердов // Известия ВУЗов. Строительство. – Новосибирск: НГАСУ, 2011.-№1. –С. 46-53.
288. Тулаганов, А.А.. Теплоизоляционный пеноарболит на безобжиговом щелочном вяжущем [Текст] А.А. Тулаганов, Х.Х. Камилов, С.С. Касимова, Ю.Ф. Низамова // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2013. - № 1 - С.58-63.
289. Тентиев Ж. Особенности формирования структуры композиционных материалов для строительства из местного сырья [Текст] / Ж. Тентиев, А.К. Матыева, Е.С. Суворова – Устькаменогорск: ВКГУ, 2005. – 4-10 с.
290. Тимербаев, Н. Ф. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Р. Г. Сафин, Казан. гос. технол. ун-т, Н. Ф. Тимербаев .— Казань : КГТУ, 2008 .— 82 с
291. Тотурбиев Б.Д. Композиционное вяжущее для получения арболита [Текст] / Б.Д. Тотурбиев, Ш.М. Лачуев // Композиционные строительные материалы. Теория и практика. Сб. науч. трудов Междунар. науч.-техн. конфер. - Пенза: Дом знаний. - 2003.- с. 290-293.
292. Трубаев, П.А. Модель процесса теплопроводности в многокомпонентных сырьевых смесях и системах технологии строительных материалов [Текст] / П.А. Трубаев, П.В. Беседин // Изв. вузов. Сер. Строительство. –2002. - №11. –С.24-26.

293. Устименко В.В. Экономическая эффективность строительных конструкций из арболита для жилых домов [Текст] / В.В. Устименко // Бетон и железобетон. – М., 2002. – 6 с.
294. Удербаев С.С. Упрочнение каркаса структуры конструкционно-теплоизоляционного арболита [Текст] /С.С. Удербаев // Вестник Национальной инженерной Академии Республики Казахстан. -Алматы, 2005. -№ 3(17). -С. 101-104.
295. Удербаев С.С. Разработка технологии арболита с комплексным использованием отходов ТЭЦ и сельского хозяйства [Текст] / С.С. Удербаев // Комплексное использование минерального сырья. - Алматы, 2005. - №5(242). - С. 83-86.
296. Удербаев С.С. Высокопрочный арболит на активированном вяжущем [Текст] / С.С. Удербаев // Вестник Кызылординского Государственного университета, Кызылорда, №2, 1999. -с.102-104.
297. Удербаев С.С., Е.Карибаев, Курманаева Ж.М. Исследование адгезии рисовой лузги с золоцементными вяжущими смесями [Текст] / С.С. Удербаев // Научный журнал «Молодой ученый». 2014. № 12(71). С. 113–115.
298. Удербаев С.С. Оптимизация способа подготовки органического заполнителя в производстве арболитовых изделий С.С. Удербаев, К.А, Н.Б. Алибеков // Вестник национальной академии наук Казахстан. Кызылординский государственный университет им. Коркыт ата. 2017. №4/368. С.109–115.
299. Удербаев С.С. Электромеханохимическая активация золонаполненных вяжущих [Текст] / С.С. Удербаев // Межд.сб. науч. тр. «Проблемы строительства и стройиндустрии». – Тула, 2006. – 45-50 с.
300. Удербаев С. С. Эффективный строительный материал арболит на основе сельскохозяйственных отходов[Текст] / С.С. Удербаев // Алматы : Гылым, 2008. 192 с.

301. Удербаев С. С. Исследование и разработка технологии подготовки сырьевых компонентов арболита [Текст] / С.С. Удербаев // Строительные материалы, оборудование XXI в. 2009. № 2(121). С. 30-31.
302. Ушаков, Л.С. Активный факторный эксперимент. Математическое планирование, организация и статистический анализ результатов : учеб. пособие [Электронный ресурс] [Текст] / Л. С. Ушаков, С.А. Рябчук, Ю.Е. Котылев, Л.С. — Орел : ОрелГТУ, 2002 .— 39 с
303. Ферронская А.В. Эксплуатационные свойства бетонов на основе композиционных гипсовых вяжущих [Текст] / А.В. Ферронская, В.Ф. Коровяков // Строительные материалы - 1998. - №6. -34-36 с.
304. Ферронская А.В. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение) Ферронская А.В. / А.В. Ферронская // Справочник. – Издательство АСВ, М., 2004. - 485с.
305. Ферронская, А.В. Гипс в малоэтажном строительстве [Текст] / А.В. Ферронская // - М.: Изд-во АСВ, 2008. - 240 с.
306. Ферронская, А.В. Гипсовые вяжущие в ресурсосберегающих системах малоэтажного строительства / А.В. Ферронская, В.Ф. Коровяков // Сухие строительные смеси. - 2005. -№ 3. - С. 56 - 57, 79.
307. Ферронская А.В. Бетоны на многокомпонентных гипсовых вяжущих [Текст] / А.В. Ферронская, В.Ф. Коровяков // В сб. Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона.- Москва, 2001.
308. Ферронская А.В. Водостойкие гипсовые вяжущие низкой водопотребности для зимнего бетонирования [Текст] /В.Ф. Коровяков, С.В. Мельниченко, Л.Д. Чумаков //«Строительные материалы», 1992, № 5.
309. Ферронская А.В. Развитие теории и практики в области гипсовых вяжущих веществ [Текст] / А.В. Ферронская // Сб. «Развитие теории и технологий в области силикатных и гипсовых материалов». Ч.1. М.,МГСУ, 2000. с.47-56.

310. Ферронская А.В. Эксплуатационные свойства композиционных гипсовых вяжущих [Текст] / А.В. Ферронская, В.Ф. Коровяков // Строительные материалы - 1998, №6.-15-17 с.
311. Фишер Х.-Б. Влияние активаторов твердения на свойства природного ангидрита. II Международное совещание по химии и технологии цемента [Текст] Х.Б. Фишер, Б. Второв // Обзорные доклады - Том 2. г. Москва, РХТУ им. Менделеева. 2000. С.53-61.
312. Хакен Г. Синергетика [Текст] / Г. Хакен - М.: Мир. 1996. – 409с.
313. Хорошун, Л.П. Прочность и деформативность арболита [Текст] / Л.П. Хорошун, А.С. Щербаков. Киев: Наук.думка, 1989.- 192 с.
314. Хрулев В.М. Состав и структура композиционных материалов [Текст] / В.М. Хрулев, В.М. Курдюмова и др.// Бишкек: Полиглот, 1997. – 124с.
315. Хрулев В.М. Технология и свойства композиционных материалов для строительства [Текст] / В.М. Хрулев. – Уфа: ТАУ, 2001. – 168 с.
316. Хрулев В.М. Полимерсиликатные композиции в строительстве [Текст] В.М. Хрулев. - Научн.обзор. Уфа: ТАУ, 2002. - 76 с..
317. Хрулев В.М. Полимерсиликатное вяжущее для производства арболита [Текст] В.М. Хрулев, А.И. Полковников // Сб. Проблемы строительного комплекса России. - Уфа: УГНТУ. 2002. с. 39 – 41
318. Хрулев В.М. Обработка древесины полимерами [Текст] / В.М. Хрулев, Р.И. Рыков – Улан-Уде: Бурятское книж. изд., 1999. – 28 с.
319. Хрулев В.М. Основы технологии полимерных строительных материалов [Текст] / В.М. Хрулев. - Минск: Высшая школа.,1988.-384с.
320. Хрулев В.М. Изоляционно-отделочные материалы на основе полимерсиликатных композиций и гидролизного лигнина [Текст] / В.М. Хрулев, П.Н. Шиббаева // Красноярск: КГТУ, 2006. – 104 с.
321. Хрулев В.М. Технология арболита с применением латекса и цементной пыли [Текст] / В.М. Хрулев, Х.М. Исмаилов // Композиционные строительные материалы. – Пенза: ПИСИ, 1990. – 65-74 с.

322. Хрулев В.М. Строительные материалы, изделий и конструкции из полимеров и древесины [Текст] / В.М. Хрулев, К.Я. Мартынов – Новосибирск: НГАСА, 1996. – 68 с.
323. Хрулев В.М. Теплоизоляционный материал из древесных отходов на полимерсиликатном вяжущем [Текст] / В.М. Хрулев, Г.Н. Шibaева, Е.Б. Соломонова // Сб. «Актуальные проблемы градостроительства и жилищно-коммунального комплекса». - Москва, МИКХиС, 2003, с.340-342.
324. Хрулев В.М. Вероятность проявления структуроусиливающих эффектов в легких органоминеральных композитах с высокопористым микронаполнителем - лигнином [Текст] / В.М. Хрулев, Г.Н. Шibaева, Е.Б. Соломонова // Сб. «Перспективы синергетики в XXI веке». - Белгород, БГТУ, 2003, с. 3841.
325. Хрулев В.М. Экологические проблемы при создании эффективных теплоизоляционных и отделочных материалов [Текст] / В.М. Хрулев, Е.Б. Соломонова, С.Г. Анцупова // Сб. «Экология, образование, наука, промышленность, здоровье». - Белгород, БГТУ, 2004, с. 54-56.
326. Хилл Р. Математическая теория пластичности [Текст] / Р. Хилл - М.: ГИТТЛ, 1986. – 232 с.
327. Чемоданов Д.И. Некоторые закономерности структурообразования композиционных материалов на основе природного гипса [Текст] / Д.И. Чемоданов, Д.И. Дувидзон // Изв.вузов.сер. Химия и химическая технология - 1995. –т.28.вып.6. – 115-117 с.
328. Чистяков А. Эффективные изделия на основе рисовой соломы [Текст] / А. Чистяков, Л. Суворова – С-Пб: Сельск. стр-во, 2007. № 3. – 15–18 с.
329. Чулкова, И.Л. Повышение эффективности строительных компонентов с использованием техногенного сырья регулированием процессов структурообразования [Текст] / И. Л. Чулкова // Автореферат дисст. на соиск. уч. степ. д.т.н., Белгород-2011г.

330. Шарков В.И. Количественный химический анализ растительного сырья [Текст] / В.И. Шарков и др. – М.: Лесная промышленность, 1998. – 50 с.
331. Шахова Л.Д. Физико-химия синтетических пенообразователей [Текст] / Л. Д. Шахова // Белгород: БГТУ. 2002. - 88 с
332. Шахов С.А. Влияние минеральных добавок разного генезиса с морфологии на структурно-механические свойства формовочных масс [Текст] / С.А. Шахов, Н.Ю. Николаев // Известия ВУЗов. Строительство. – 2016. - №7. – С. 11-12.
333. Шленкина С.С. Совершенствование технологии и повышение качества гипсовых изделий с использованием пластификаторов различной природы [Текст] /С.С. Шленкина // Автореферат канд.дисс. на соиск. Степени канд.техн.наук.- СПб., 2007. – 25с.
334. Щербаков А.С. Исследование влияния водорастворимых веществ древесины на процессы гидратации и твердения цемента [Текст] / А.С. Щербаков // Рефераты докладов МЛТИ, 1997. – 36-38 с.
335. Шешуков А.П. Исследование процессов формирования структуры арболита при химической активации древесины[Текст] /А.П. Шешуков А.П., Д.В. Лычагин, Е.Я. Макаров // Вестник ТГАСУ №3, Томск. 2014. С.145–152.
336. Шильцина А. Д. Лабораторный практикум по строительному материаловедению [Текст] / А.Д. Шильцина, В.М. Селиванов, Ю.В. Селиванов. - Красноярск: КГТУ. 2002. - 68 с.
337. Шibaева Г.Н. Технология и применение полимерсиликатного арболита [Текст] / Шibaева Г.Н., Е.Б. Соломонова, В.М. Хрулев // Вестник Хакасского техн. института. - Абакан, 2002, № 13, с. 99 - 106.
338. Шibaева,Г.Н. Теплоизоляционный древесный композит на полимерсиликатном вяжущем [Текст] / Г.Н. Шibaева, Е.Б. Соломонова // Сб. «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». - Тула, ТГУ, 2003, с. 61 -62.

339. Шрам Г. Основы практической реологии и реометрии [Текст] / Г.Шрам Г// - М., Колос, 2003. - 311с.
340. Щербаков, А.С. Влажностные деформации арболита [Текст] / А.С. Щербаков // Бетон и железобетон. 1986. № 10. - 51 с.
341. Эльберт А.А. Химическая технология древесностружечных плит [Текст] / А.А. Эльберт – М.: Лесная промышленность, 1994. – 224 с.
342. Югай В.А. Экспериментально-теоретические основы технологии высокопористых неорганических композиций [Текст]: автор.дис.докт.техн.наук. / В.А. Югай – Бишкек, 2006.- 32с.
343. Югай В.А. Повышение водостойкости порогипсобетонов на основе волластонитосодержащих пород [Текст] /В.А.Югай //сб.тр. научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития оценочной деятельности и строительства».Алматы, ННИСтромпроект.Часть I.2005.С 60-63.
344. Ягубкин, А. Н. Оптимизация процесса уплотнения бетонной смеси при изготовлении арболита / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев, Ю. П. Голубев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Прикладные науки. Строительство. – 2009. – № 12. – С. 61 –68.
345. Ягубкин, А. Н. К вопросу подбора состава и дозировки добавок-модификаторов арболита / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев // Вестн. Полоц. гос.ун-та. Сер. Ф, Прикладные науки. Строительство. – 2010. – № 6. – С. 84–89.
346. Ягубкин, А. Н. Влияние направления укладки заполнителя на прочностные и теплоизоляционные свойства арболита / А. Н. Ягубкин // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Прикладные науки. Строительство. – 2011.–№6.– С. 77–81.
347. Ягубкин, А. Н. Обоснование механизма повышения прочностных показателей арболита с направленной укладкой заполнителя / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф, Прикладные

- науки.Строительство. – 2012. – № 8. – С. 63–67.
348. Ягубкин, А. Н. Влияние влажности на водостойкость и долговечность арболитовых изделий / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев, Д. С. Зеленкевич // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Прикладные науки. Строительство. –2012. – № 16. – С. 60–64.
349. Ягубкин, А. Н. Промышленное внедрение технологии колебательного уплотнения арболита / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев, А. Л. Лисовский// Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Прикладные науки. Строительство. – 2015. – № 8. – С. 97–102.
350. Ягубкин, А. Н. Анализ изготовления блоков из модифицированного арболита в условиях опытного производства / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Прикладные науки. Строительство.– 2015.–№ 16. – С. 66–69.
351. Ягубкин, А. Н. Сравнительный анализ технологических, эксплуатационных и экономических свойств арболита и других материалов, используемых для малоэтажного строительства / А. Н. Ягубкин [и др.] // Труды молодых специалистов Полоц. гос. ун-та. – 2010. – Вып. 44. Строительство. –С. 113–115.
352. Ягубкин, А. Н. Водопоглощение и влажность арболита, полученного по разным технологиям / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев, Д. С. Зеленкевич // Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь : сб. тр. XVIII междунар.науч.-метод.семинара, Новополоцк, 2012. – С. 14–20.
353. Ягубкин, А. Н. К вопросу разработки методики экспресс-анализа оценки влияния добавок на прочность арболита / А. Н. Ягубкин, В. В. Бозылев// Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. F, Прикладные науки. Строительство. –2009. – № 6. – С. 71–76.
354. Bowyer J.L. Stockmann E. Agricultural Residies. An Exiling Bio-Based Raw Material for the global panels Industry.- Forest Products Journal. – Часть 51. №1. – Январь 2001. –С. 10-21.

355. Bissenov K. A., Uderbayev S. S. Research and Development of a New Electromechanochemical Method for the Activation of Mineral Binders [Исследование и разработка нового электромеханохимического способа активации минеральных вяжущих веществ] // Mediterranean Journal of Social Sciences MCSER Publishing. Rome-Italy. 2014. No. 20. Vol. 5. Pp. 2711-2716.
356. Bissenov K. A., Uderbayev S. S., Shalbolova U. Z. Environmental and economic efficiency of application of constructional insulating arbol from agricultural and industrial wastes [Экологическая и экономическая эффективность применения конструкционно-теплоизоляционного арболита на основе сельскохозяйственных и промышленных отходов] // Actual Problem of Economics. 2014. No. 1. Pp. 304-311.
357. Bissenov K. A., Uderbayev S. S. The optimum principles of the aimed structure formation of building materials of industry wastes [Оптимальные принципы структурообразования строительных материалов на основе промышленных отходов] // Aktualne problemy naukowo-badawcze budownictwa. Olsztyn, 2006. Pp. 459-460.
358. Doroshenko A., Doroshenko Y. Modification of gypsum pressed articles with polymeric admixtures. In 15. Internationale Baustoffagung Ibausil. Tagungsbericht – Band 1. Weimar, 2003.-P. 989-992.
359. Doroshenko A., Doroshenko Y. Modification of gypsum pressed articles with polymeric admixtures. In 15. Internationale Baustoffagung Ibausil. Tagungsbericht – Band 1. Weimar, 2012.-P. 989-992.
360. Durability of high-strength pressed gypsum materials / A.E. Zmachinsky, G.S. Galur., I.M. Lyashkevich ita/int. Conf. Durability. Building matreials. Helsingky, 2008/-V.I-p. 218-233.
361. FaritKh.Urakaev, Kenzhebek A. Akmaiaev, Eljan S. Orynbekeob, Bekyt D. BaIgsheva, Dinar N.ZharIykasimova. The Use of Combustion Reactions for Processing Mineal Raw Materials:MetaIlothermy and SeIpropagatingHigh-

- temperature Synthesis (Review) // Metallurgical and materials transactions B, 2016/, Vol.47, I. I. p. 58-66.
362. Forsen L. Proceeding of the second Symposium on the Chemistry of Comments. Stockholm, 2008, - p. 26
363. Filip Arnaut Roosdaal. Plaster retarding composition. US 2002/0108538. C04B 40/00. 15.07.2002.
364. Horma Masao, Mashita Atsushi. Setting retarder for gypsum. Patent JP 2001-261395. C04B 24/12, C04B 28/16//C04B 103:20. 26.09.2001.
365. Ivashkin Ju.A. Modelirovanie proizvodstvennyh processov i proizvodstv mjasnoj i molochnoj promyshlennosti [Simulation of manufacturing processes and production of meat and milk industry] // Ju.A. Ivashkin, I.I. Protopopov, A.V. Borodin ets. -M: Agropromizdat, 1987.
366. Kobuliev Z.V., Nazriev G.B. About Agricultural Solid Waste Using in Construction // Ecological Journal of Armenia. 2013. 1 /3/. pp. 126–128.
367. Moliński W., Raczkowski J. [1988]: Creep of wood in bending and non-symmetrical moistening. Holz als Roh-und Werkstoff 46(12):457-460
368. Morida Masahiko, Omori Keiji, Isoda Hedenori. Grouting material. Patent JP 11-061126.C09K 17/12, C04B 28/24, C09K 17/10, C09K 17/46, C09K 17/48//C04B 28/24, C04B 24/06, C04B 103:20.05.03.1999.
369. Matyeva A. K. The state of the pressed visco- plastic medium of plant- gypsum composition (PGC) uder flat defomation conditions.// Proceeding of the IInd International Scientific and Practical Conference «The goals of the WorldScience 2016 (January 27- 28, 2016, Dubai, UAE)»- C. 75- 81.
370. Matyeva A. K. Analysis methodology of projection energy- efficient buildings.// European Applied Sciences №2- 2016.- C. 54- 58.
371. Matyeva A. K. The research of the wether resistant gypsum- ash- alkaline arbolit structure by scanning electron microscopy.// Proceeding of the IInd International Scientific and Practical Conference «The goals of the WorldScience 2016 (February 25- 26, 2016, Dubai, UAE)»- C. 99-102.

372. Meynaerts Herman. Curing retarder for plaster and like, a plaster composition making use thereof and a method for producing such a curing retarder. Patent EP 1076049. C04B 28/14, C04B 24/06//C04B1 03:20. 14.02.2001.
373. N. Lukutsova, E. Gornostaeva Influence of micro- and nanodispersed additions on qualities of wood-and cement compositions // SITA journal Israel, 2012. № 3. v. 14. pp. 70-75.
374. Odd Hjelmeland, Bjorn Arild, Ardo Levander. Curable gypsum-containing composition and method for stabilization of enconsolidated core samples. Patent US 5980628 C04B28/16, E 21B25/08. 09.11.1999.
375. Roszyk E., Moliński W [2006]: Wood creep under cyclic changes in moisture content of compression zone of bent beam. Preliminary study Ann. Warsaw Agricult. Univ., For, and Wood Technol. 53:318-322.
376. Shalbolova U. Z., Yegemberdiyeva S. M., Uderbaev S. S., Elpanova M. A., Kazbekova L. A. Specifics of oil pipeline systems' risks management. URL: <http://www.lifesciencesite.com>. 106 (дата обращения: 10.07.2017).
377. Suzuki Kenichi. Forming of gypsum material. Patent JP 2000-219565. C04B 28/14//C04B 103:20.08.08.2000.
378. Staffel Thomas, Losch Sabine. Method for retarding plaster setting and plaster preparation. Patent WO2006/021332. C04B28/14, C04B22/16, C04B24/06. 02.03.2006.
379. Yagubkin, A. Wood waste to get the block from arbolit on new technology/ A. Yagubkin, V. Bozylev, E. Riadchikov // Scientific and technical cooperation and technology transfer in the sphere of power efficiency and waste processing : belarussian-german seminar (Minsk, December 10–12, 2012). – P. 55–58.
380. Adsorption characteristics of water-reducing agents on gypsum surface and its effect on the rheology of gypsum plaster / Peng Jiahui, Qu Jindong, Zhang Jianxin, etc. // Cem. and Concr. Res. - 2005. - № 3. - Т.35. - P. 527 - 531.
381. Alhaj Hussein, M. Corrosion behavior and durability of various cement and pozzolans / M. Alhaj Hussein // LAP LAMBERT. Academic Publishing AG

- and Co.KG. - 2010. - 145 p.
382. Altum, L.A. Utilization of weathered phosphogypsum as set retarder in Portland cement / L.A. Altum, Y. Sert // Cement and Concrete Research. - 2004. - 34. - S. 677 - 680.
 383. Arilcan, M. The optimization of a gypsum-based composite / M. Arikan, K. Sobolev // Cem. and Concr. Res. - 2002. - № 11. - P. 175 - 178.
 384. Bourgier, V. Identification et évaluation des potentialités de phosphogypses pour une application industrielle / V. Bourgier // Rapport confidentiel Master I Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne - Lafarge, 2003.
 385. Bretas, F.S. Ceramika, 24 / F.S Bretas, P.A. Kittl // N100. - 1978. - P. 148 -152.
 386. Burnett, W.C. Nuclide migration and the environmental radiochemistry of Florida phosphogypsum / W.C. Burnett, A.W. Elzerman // Journal of Environmental Radioactivity. - 2001. - 54. - S. 27 - 51.
 387. El-Didamony, H. Influence of substitution on natural gypsum by phosphogypsum on the properties of Portland cement / H. El-Didamony, S.A. El-Afi, M.M. El wan // Sil. Ind.-2002.-67 (1-2).
 388. Fisher, H.-B. Über den Einfluss verschiedener Flie-mittel auf die Hydratation von Calciumsulfathalhydrat / H.-B. Fisher // 18. Ibaus. Internationale Baustofftagung. -Weimar, 2012.
 389. Gaifullin, A. Dependency packing density of modified gypsum binder grains from fineness and particle size distribution of components / A. Gaifullin, R. Rahimov, M. Khaliullin // Weimar Gypsum Conference - Weimar, 26. - 27. März, 2014. -P. 377-380.
 390. Granulated hydrophobic additive for gypsum compositions: пат. 7311770 США: МПКС 04 В 11/00 (2006.01). Dow Corning Corp., Windridge James, Gubbels Frederie, Butler Derek, Wehner Manfred. - № 10/398327; заявл. 20.09.2001; опубл. 25.12.2007; НПК 106/781. Англ.
 391. Hamilton, W.A. Sulfate-reducing bacteria: physiology determines their environmental impact / W.A. Hamilton // Geomicrobiology Journal. - 1998. –

15. -S. 19.
392. Hanna, A.A. Phos phogypsum utilization - Part III: as adhesive filler and composite materials / A.A. Hanna, Y.M. Abu-Ayana, S.M. Ahmed // Journal of Materials Science and Technology. - 2000. - 16 (4). - S.439.
393. Hans-Ulrich Kothe Eifahrung genbeim Ein satzindustri tlnachgestellter Cips mortel zur Sanierung historischer Bauwerke // WEIMARER GIPSTAGUNG / Weimar, 2011.- C. 177- 183.
394. Hashmite kingdom of Jordan natural resources Authority Geological survey administration. Mineral Status and Future Opportunity. - 2009. - 300 p.
395. Hummel Hans-Ulrich. Gips - Zeolith - Plattenzur Verbesserung der Innenraumluf t - Qualit t (Teil 2) / Hans-Ulrich Hummel, Georg Kramer // Zement -Kalk - Gips Int. N 1. - 2006. - T. 59. - P. 72 - 80.
396. Kazili u nas, A. Dehydration of Phosphogypsum and Neutralization of It's Impurities in the Steam of Raised Pressure / A. Kazili u nas, M. Ba c Auskien e // Materials science (Medziagotyra). - 2007. - V. 13. - № 1. - S. 57 - 59.
397. Lesovik, V. Nanodisperse kiesels a u rehaltige Rohstoffezur Verbesserungder Effizienzschneller h r t ender Bindemittel mischungen / V. Lesovik, N. Tschernyschova, M. Drebezkova // 2. Weimar Gypsum Conference. - Weimar, 26. - 27. M r z, 2014. - P. 259 - 266.
398. Lessowik, V.S. The structure formation of gypsum composites taking into account the origin of raw materials / V.S Lessowik, N.W Tschernyschewa // 8. IBAUSIL , Weimar Conference. - 2012.
399. N. Lukutsova, E. Gornostaeva Influence of micro- and nanodispersed additions on qualities of wood-and cement compositions // SITA journal Israel, 2012. № 3. v. 14. pp. 70-75.
400. Magot, M. Microbiology of petroleum reservoirs / M. Magot, B. Ollivier, B.K.C. Patel // Antonie van Leeuwenhoec. - 2000. - 77. - S.103.
401. Materials Science and Technology. - 2000. - 16 (4). - S. 439.

402. Microstructure characterization of polyamide fibre latex-filled plaster composites / S. Eve, M. Gomina, J.-P. Jernot, Ozouf, etc. // Eur. Ceram. Soc. - 2007. - 27. - № 12.-P. 3517-3525.
403. Mukhopadhyay, Madhujit Mechanics Of Composite Materials And Structures / Madhujit Mukhopadhyay. - Oxford Universities Press, 2004. - 388 p.
404. Nekrasova, S. Effect of the conditions of artificial aging on the properties of gypsum binders / S. Nekrasova, M. Garkavi, H.-B. Fischer, I. Hripacheva, I. Nekrasova // 2. Weimar Gypsum Conference. - Weimar, 26. - 27. März, 2014. - P.371 - 376.
405. Perianez, R. Measuring and modeling temporal trends of ²²⁶Ra in waters of a Spanish estuary affected by the phosphate industry / R. Perianez // Marine Environmental Research. - 2005. - 60. - S. 453 - 456.
406. Pierre-Claude Aitcin. High Performance Concrete (Modern Concrete Tecnology) / Pierre-Claude Aitcin . - London: Spon Press, 2004. - 624 p.
407. Reguigui, N. Radionuclide levels and temporal variation in phosphogypsum / N. Reguigui, H. SfarFelfoul, M. Ben Ouezdou, P. Clastres // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. - 2005. - S. 719 - 722.
408. Rzeczycka, M. Biotransformation of phosphogypsum in media containing different forms of nitrogen / M. Rzeczycka, R. Mycielski, W. Kowalski, M. Galazka // ActaMicrobiol. Polon. - 2001. - 50 (3/4). - S. 281.
409. Sachartschenko, P. Qualitätserhöhung der Gipsbaustoffe und Gipserzeugnisse durch die Modifizierung der Struktur / P. Sachartschenko, A. Gavrish, O. Kalugina // 2. Weimar Gypsum Conference - Weimar, 26. - 27. März, 2014. - P. 139-148.
410. Shuaib, H. State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete / H. Shuaib, C. Ahmad George, Hoff Morris Schupack. - Reported by AC I Committee 544, MCP, 2004.
411. Shukla,V.K. Radiological impact of utulization of phosphogypsum and fly ash in building construction in India / V.K. Shukla, T.V. Ramachandran, S.

- Chinnaesakki, S.J. Sartandel, A.A. Shanbhag // International Congress Series. - 2005.-S. 339-340.
412. Solid supported comb-branched copolymers as an additive for gypsum compositions: пат. США: МКИ C04 B24/32. - заявл. 16.04.2003; опубл. 22.03.2005.
413. Stroková, V.V. Regulation of fine grained concrete efflorescence process / V.V. Stroková, I.V. Zhernovsky, Yu.V. Fomenko and N.V. Makarova // Applied Mechanics and Materials Vols. - 2013. - 357 - 360: pp: 1300 - 1303.
414. Tschernyschova, N. Gips-Zement-Systeme auf Basis von Rohstoffenaus Ländern des Nahen Ostens / N. Tschernyschova, E.I. Schamal Issa // 2. Weimar Gypsum Conference - Weimar, 26 - 27. März, 2014. - P. 339 - 350.
415. Tschernyschova, N. Gipshaltige Wandbaustoffe auf Basis von schetschenischen Rohstoffen / N. Tschernyschova, S.-A. Murtaev, A. Alaskhanov // 2. Weimar Gypsum Conference - Weimar, 26 - 27 März, 2014. - P. 351 - 362.
416. Wolicka, D. Biotransformation of Phosphogypsum in Petroleum-Refining Wastewaters / D. Wolicka, W. Kowalski // Polish J. Environ. Stud. - 2006. - V. 15. - № 2. - S. 355-360.
417. Zhang Guo-hui. Jinan daxuexuebao. Ziran kexue ban / Guo-hui Zhang, Rui-fang Guan, Jian-quan Li, Guo-zhong Li // J. Jinan Univ. Sci. and Technol. - 2006. - № 2 (20).-P. 116-120.
418. Zhernovsky, I.V. The use of mechano-activation for nanostructuring of quartz materials. Nanotechnology in Construction / I.V. Zhernovsky, V.V. Stroková, N.I. Koshukhova, K.G. Sobolev// NIKOM 4. Agios Nikolaos. - Greece, 2012.
419. Zijlstra, J J. Geochemical engineering of phosphogypsum tailings Report of Geochem / J.J. Zijlstra // Reasearch B.V; Groen van Prinstererweg 15 - 17; 3731 HA De Bilt; The Netherlands. - 2001.

ПРИЛОЖЕНИЯ



Утверждаю:

Директор ООСО «Домостроительный сервис» г. Бишкек

Анарбаев М.А.

«21»

июня

2013 года

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

О результатах НИР по теме: «Атмосферостойкий арболит из местного сырья КР по энергосберегающей технологии для ограждающих конструкций зданий »

Производство атмосферостойкого арболита является перспективной отраслью промышленности строительных материалов. Разработка технологии легкого арболита в условиях КР направлена на использование в качестве заменителя всевозможных растительных отходов с/х культур взамен древесных и применения местных минеральных вяжущих (гипс, зола и т.д.) за счет замены портландцемента. Основное требование к арболиту из местного сырья – обеспечить достаточную: водостойкость материала, огнестойкость, долговечность конструкций и изделий из него.

В работе предложено, повысить стойкость арболита, особенно к тепловлажностным и атмосферным воздействиям за счет покрытия частиц соломы пленкообразующим составом на основе полимерсиликатнопластифицирующих модификаторов, что представляет большой научно-практический интерес в производственных условиях.

Получена арболитовая сырьевая смесь на основе модифицированных частиц соломы и гидрофобизирующего гипсозолощелочного вяжущего. Базовый рациональный состав арболитовой смеси состоял из следующих компонентов, %: солома (23-28); гипс Г-7 с замедлителем схватывания НТФ – (28-32); зола БТЭЦ +0,15СДБ - (18-22); полимерсиликатная композиция (ПСК): малоконцентрированная полимерная смола СФЖ-3066 с пластификаторами (0,2-0,4) ЛСТ, СКС и катализатором (6-8,5), жидкое натриевое стекло – (3-4); остальное вода.

Солома предварительно измельчалась в соломорезке длиной 5-20 мм, Минерализация частиц соломы производилась путем повышения ПСК по схеме облагораживания: жидкое стекло, подсушка частиц при $t = 80^{\circ}\text{C}$, полимернопластифицирующие добавки с катализатором подаются в смеситель, далее подается отдозированное количество воды с замедлителем твердения гипса и золы. Приготовление арболитовой смеси производилось в смесителе с -773. Смесь перемешивалась в течении 3 минут.

Полученная масса загружалась в специальные формы. Образцы атмосферостойкого арболита размером 10x10x10 см твердели под навесом в атмосферных условиях. Основные физико-механические свойства образцов после испытаний в лаборатории: предел прочности на сжатие, $R^{28}_{сж} - (1,8-4,2 \text{ МПа})$; плотность - $(500-600 \text{ кг/м}^3)$; водопоглощение - $(25-40)$; коэффициент теплопроводности - $(0,07-0,09 \text{ Вт/м} \cdot \text{к})$; огнестойкость - трудносгораемые.

Состав сырьевой смеси для арболитовых конструкционно-теплоизоляционных изделий соответствует требованиям, предъявляемым по ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него».

Гл. инженер



Опарин Е.М.

Зав.кафедрой МиПК КГУСТА,
к.т.н., доцент



Ильченко Л.В.

В.н.с., к.т.н.



Матыева А.К.

Зав. лабораторией
«Сейсмостойкое строительство»
к.т.н., доцент



Маматов Ж.

Согласовано:

Проректор по науке

КГУСТА, к.т.н., доцент

Маданбеков Н.Ж.

16 октября 2014 г.



Директор ООСО ««Домостроительный
сервис» «Азат»» г. Бишкек

Анарбаев М.А.

16 октября 2014 г.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

на производство изделий из атмосферостойкого арболита
для стеновых блоков

Разработано:

Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры

д.т.н., профессор

Курдюмова В.М.

инженер. к.т.н, доцент

Матыева А.К.

БИШКЕК 2014

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

№	Наименование операции	Описание операции	Технологические параметры	Характеристика оборудования и приспособления	Профессия
1	2	3	4	5	6
1.	Подготовка сырьевых материалов	Солома доставляется автотранспортом и хранится в складах закрытого типа в прессованном виде. Со склада автопогрузчиком подается на силосорезку для измельчения.	Размеры стеблей по длине 40-50 см. Влажность соломы 6-12%. Измельчается до размера сечки 5/20 мм. Время измельчения до 1 часа. ГОСТ 15815	Автосамосвал ГАЗ-52 Автопогрузчик Силосорезка «Волгарь» Пневмотранспорт в бункер стружки	Водитель Водитель Станочник
		Гипс строительный доставляется автотранспортом и хранится в силосных баках, подается пневмотранспортом в расходный бак и через объемный дозатор в смеситель.	Влажность 1-2 %, класс «А» ГОСТ 125-70	Специально оборудованный ЗИЛ-130	Водитель
		Жидкое натриевое стекло доставляется автотранспортом на склад пластификаторов, подается в расходный бак трубопроводом к дозатору и в смеситель.	Водный раствор $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ $M_c = 2,76$	Бочкотара из нержавеющей стали $V = 100 \text{ кг}$ автотранспорт	Водитель
		Фенеллоформальдегидная смола СФЖ доставляется в бочкотаре на склад полиизоцианатов (ПИЦ), подается в расходный бак и через дозатор в смеситель для пластификации.	Концентрация 50-52%, AST МД 5155	Металлическая бочкотара $V = 20-30 \text{ кг}$ автотранспорт	Водитель Лаборант
		Латекс и ЛСТМ доставляется автотранспортом в металлической таре на склад пластификаторов, а затем поступает в расходный бак и через весовые дозаторы в смеситель.	Концентрация 40-42%	Металлическая тара для полимерных материалов	Водитель Лаборант
		Замедлитель схватывания гипса ТПФН - ттрипомефосфат натрия добавляется в	Влажность 1%. Порошок белого цвета, добавляется в	Упаковочная бумажная специальная тара	Водитель Рабочий

		емкость расходного бака гипса, где происходит смещение гипса и ТПФН, смесь поступает через дозатор в смеситель. Вода, ГОСТ 23732-79	количестве 0,02 % от массы гипса через расходный мерник. Вода водопроводная	Поступает из водопровода или в цистернах	Лаборант Водитель
1	2	3	4	5	6
2.	Приготовление органического заполнителя	Сечка соломы после нарезки на измельчителе кормов - силосорезке «Волгарь» при скорости резания 75 м/с, подается транспортером к соломотрясу. Измельченные частицы соломы для исключения посторонних включений (металл, корни и др.) проходят через соломотряс и подаются пневмотранспортом в бункер. Древесная стружка, 2-4 % от массы соломы, подается скребковым транспортером через циклон-сепаратор в бункер кондиционной стружки (фракция 5/20). Частицы соломы пневмотранспортом подаются через объемные дозаторы в смеситель для минерализации органического заполнителя пластифицирующими полимерсиликатными добавками.	Солома: прочность при растяжении 3/6,2 Н/мм ² , процент удлинения – 2,4%; средняя насыпная плотность 50-60 кг/м ³ , длина измельченных частиц 20-50 мм. Древесная стружка от деревообрабатывающих станков фракцией 5/20; влажность 10-12 %, плотность насыпная 80-100 кг/м ³ .	Время перемешивания сечки соломы и древесной стружки 1,5-2 мин. Число оборотов вала смесителя 42,8 об/мин, внутренний диаметр корпуса – 600 мм; внутренняя длина корпуса – 2100 мм.	Оператор Рабочий Станочник рабочий
3.	Минерализация органического заполнителя	Для минерализации органического заполнителя в смесителе используются в следующей последовательности от массы заполнителя полимерсиликатные модификаторы (пластификаторы): - жидкое натриевое стекло – 5,8-7,2%; - полимеризационатная смола РМДІ или СФЖ – 3024, 4,2-4,4%; - пластифицирующие: латекс 0/2 % - пенообразующие ЛСТМ или подмыльный	Водный раствор ГОСТ 13078-81 $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ АСТ МД 5155 ГОСТ 20907-75 ГОСТ 18481-81 и ГОСТ 10564-85 Смола РМДІ до требуемой	Смеситель стандартный С – 773 Подача пластификаторов в смеситель через объемные дозаторы или мерной емкостью Перемешивание	Оператор Рабочий Лаборант

		щелок жирового комбината – 0,16%.	вязкости 18-22 с. смешивается с водой в расходной емкости (н.о.) рН = 7,5	модификаторов осуществляется в течении 10 мин	
4. 1	Приготовление арболитовой смеси 2	На обработанный полимерсиликатными добавками органический наполнитель в смеситель подается, через объемный дозатор минеральное вяжущее – строительный гипс 40-3	Время перемешивания – 8-10 минут Вода используется из водопроводной сети 4	Пневмотранспорт, объемный дозатор, мерная емкость для ТПФН, смеситель 5	Оператор Рабочий 6
		42% от массы сырьевой смеси с одновременным введением замедлителя схватывания гипса триполифосфатом натрия ТПФН (0,02% от массы гипса). Сырьевая смесь перемешивается до однородной консистенции. При необходимости добавляется вода.	Гипс строительный, ГОСТ 125-70, Предел прочности при сжатии – 5,2 МПа, на изгиб – 2,8 МПа.		
5.	Формование арболитовых изделий	Приготовленная арболитовая масса из смесителя транспортером поступает в бункер-дозатор (н.о.) из которого сырьевая смесь укладывается в металлические формы с закрывающимися крышками. Формование блоков осуществляется вибропрессованием. Смесь в форме уплотняется до заданной толщины путем фиксации ограничителем. После формования форма с изделием подается на рольганг, с которого тельфером транспортируется на участок твердения в нормальных условиях, а затем на пост распалубки до приобретения отпускной прочности.	Удельное давление прессования в вибропрессе 0,8-0,9 МПа. Время формования 1,5-2 мин. На участке твердения $t = 20 \pm 2^{\circ}\text{C}$	Формы размером 0,2x0,4x0,4 м. Виброавтомат СМ-162 А, Рольганг, тельфер Помещение закрытого склада	Формовщик Оператор Рабочий Рабочий

		После этого арболитовые изделия поступают на склад готовой продукции.			
6.	Маркировка изделий	Несмываемой краской наносят дату выпуска и массу изделий. Готовая продукция должна быть принята техническим контролем предприятия. Изделия изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 19222-84.	ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие требования.	Маркировка	Технолог, рабочий
7.	Хранение	Выпускаемые изделия должны храниться в крытых складах.	ГОСТ 19222-84.	Тельфер	Грузчик

**КАРТА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
И КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

№	Наименование операции	Контролируемый параметр	Место контроля	Периодичность контроля	Средства контроля	Контролирующее лицо	Учетная документация
1.	Входной контроль	<p>Качество соломы, измельчение соломы. Фракционный состав соломы, влажность.</p> <p>Строительный гипс: сроки схватывания, нормальная густота, активность гипса соответственно сертификата.</p> <p>Замедлитель схватывания ТПФН.</p>	<p>Склад соломы, бункер</p> <p>Силосные банки для гипса</p> <p>Склад ТПФН</p>	<p>Каждая партия при поступлении на склад</p> <p>- " -</p> <p>Влажность</p>	<p>Визуально, сушильный шкаф, набор комплекта сит, влагомер ЭВА, ДИ-8</p> <p>Формы 4x4x16 см,</p> <p>Прибор Вика, пресс П-125; разрывная машина МИ-100,</p> <p>Сушильный</p>	<p>Лаборант</p> <p>- " -</p> <p>- " -</p> <p>- " -</p>	Журнал по приемке сырья

		Жидкое натриевое стекло. Смола СФЖ, ЛСТМ.	Расходная емкость Специальные емкости	концентрация, плотность, вязкость, рН	шкаф Ариометр, ректоромскоп, вискозиметр ВЗ-1, ВЗ-4.		
2.	Дозировка компонентов	Соблюдение рецептуры, точность дозирования	Отделения: а) приготовление жидкого натриевого стекла – суспензии; б) приготовление раствора смолы СФЖ и латекса в) приготовление смеси гипса и ТПФН г) смесительное отделение	Каждая загрузка в объемный дозатор 2 раза в смену Каждая партия Каждый замес	Вискозиметр Энглера Плотномер Вискозиметр ВЗ-1, ВЗ-4, секундомер Формы 4x4x16 см, Прибор Вика, пресс П-125; разрывная машина МИ-100, Дозаторы	Лаборант Мастер - " - - " - Технолог, лаборант, мастер	Журнал контроля
3.	Приготовление арболитовой смеси на ПСГВ.	Сроки схватывания, активность вяжущего	Смеситель С-773, дозаторы	Каждая загрузка	Прибор Вика, контрольные сита, пресс П-125; разрывная машина МИ-100 Сушильный шкаф, весы,	лаборант	- " -

					часы, секундомер		
4.	Формование изделий	Уплотнение	Вибропресс, пост формовки	В смену 2 раза	Визуально, штангенциркуль	лаборант,	- " -
5.	Готовая продукция	Внешний осмотр изделий: трещины, искривление, грани	Пост ОТК	Каждая партия	штангенциркуль	лаборант, мастер, технолог	Журнал ОТК
6.	Хранение	Изделия должны находиться в крытых складах	Склад готовой продукции	Каждая партия	визуально	лаборант, мастер	Журнал ОТК

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

№	Наименование технологического оборудования	Обозначение документа по которому выпущено оборудование	Краткая характеристика
1.	Резательный станок соломы (соломорезка)	СМ-125, Волгарь -5	Число оборотов вала – 180 об/мин Количество ножей - 36 мин Коэффициент заполнения – 0,7 Габаритные размеры, в мм: длина барабана – 1500 диаметр барабана - 700
2.	Объемные дозаторы для: жидкого стекла, раствора смолы РМДІ	НО	Изготовление по месту производства
3.	Смеситель	С - 773	Число оборотов вала – 42,8 об/мин Внутренний диаметр корпуса – 600 мм Внутренняя длина корпуса - 2100 мм Проходное сечение загрузочного патрубка – 200 см ² Проходное сечение разгрузочного патрубка – 100 см ²
4.	Конвейеры ленточные	КЛС	Ширина ленты – 400 мм Длина транспортировки – 600 – 750 мм Диаметр приводного барабана – 400 мм

5.	Конвейер скребковый	СКР-11	Скорость движения скребковой цепи – 0,4 м/сек Число цепей – 1 шт Наибольшая длина конвейера - 50 мм
6.	Пневмотранспорт	ПН-100	Диаметр шнека пневмовинтового насоса – 250 мм Рабочее давление воздуха – 4 кг/см ² Длина - 50-100 м.
7.	Центробежный насос ЦП7-40		Число оборотов – 1000 об/мин К ЦП7 -40 Направление вращения – левое Высота подачи материала – 30 м
8.	Вибропресс	СМ-162 А	Размеры формы Пуассона 1,0х0,5 м Частота колебаний – 288-3000 кол/мин Количество образцов при одновременном формовании 6 шт. Амплитуда колебаний – 0,55-1,0 мм Давление прессования – 0,9 -10 МПа
9.	Мостовой кран или тельфер		Грузоподъемность – 3 – 5 т.



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Тиниал»
З.Ю. Охунов

15 сентября 2017 г.

А К Т

о внедрении результатов научно-исследовательской работы Матыевой А.К. на тему:
«Атмосферостойкий арболит из местного сырья по энергосберегающей технологии для ограждающих конструкций зданий»

Комиссия в составе: председателя – главного инженера ООО «Тиниал» Рахматова Р.Н., начальника лаборатории Политехнического института Таджикского технического университета к.т.н., доц. Мухамедова У.С., ведущего научного сотрудника г/б НИР к.т.н., доц. Матыевой А.К. свидетельствует о том, что на строящемся объекте «Торговый комплекс» по ул. К.Худжанды 183 (г. Худжанд, Республика Таджикистан) были использованы в качестве ограждающих конструкций гипсозолощелочные атмосферостойкие арболитовые блоки.

Были реализованы следующие научные результаты:

- чердачные перекрытия были утеплены гипсозолощелочными арболитовыми блоками, размером 1000x1000x200 мм в количестве 648 м²;
- наружные стены выполнены гипсозолощелочными арболитовыми блоками, размером 400x200x200 мм в количестве 587 м².

Утепление гипсозолощелочными арболитовыми блоками позволили:

- уменьшить потери тепла через ограждающие конструкции;
- уменьшить общий вес конструкций зданий;
- повысить устойчивость здания к сейсмическим воздействиям;
- сократить трудоемкость выполнения строительных работ на 20 %.

Достоинство гипсозолощелочных арболитовых блоков:

- соответствует требов. ГОСТ 19222-84 «Арболит и изделия из него»;
- атмосферостойкий, трудногораемый, водостойкий, прочный (прочность при сжатии 1,7–2,9 МПа), теплоизоляционный (теплопроводность 0,07-0,09 Вт/м·К), легкий (средняя плотность 500 кг/м³).

По результатам утепления был получен следующий эффект:

- экономия затрат на 1 м² атмосферостойкого арболита из местного сырья, по сравнению с цементным арболитом на древесном заполнителе, составил 8 \$ долларов США;
- сокращен общий срок строительства на 1 месяц и обеспечен ввод вышеуказанного объекта в эксплуатацию.

Председатель комиссии

Члены комиссии

Р.Н. Рахматов

У.С. Мухамедов

А.К. Матыева

СОГЛАСОВАНО:

Проректор по научной работе
Кыргызского Государственного
Университета Строительства,
Транспорта и Архитектуры им.

Н.Исанова,
к.т.н., доц. Маданбеков Н.Ж.



10.06.2017г

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ОсОО
«Домостроительный сервис «Азат»»
г.Бишкек.

Анарбеv М.А.

10.06.2017г



ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
на производство изделий из атмосферостойкого арболита
для стеновых блоков

Разработано:

Кыргызский государственный университет
строительства, транспорта и архитектуры
им.Насирдина Исанова
д.т.н., профессор Курдюмова В.М.
инженер. к.т.н., доцент Матыева А.К.

Бишкек-2017

Содержание

1. Введение	3
2. Назначение и область применения	4
3. Технология приготовления сырьевой смеси для изготовления облегченного арболита	4
4. Технологический процесс изготовления атмосферостойкого арболита	5
5. Технические требования к готовой продукции	6
6. Технические требования к материалам	7
7. Организация технологического процесса	9
8. Карта контроля технологического процесса производства	10
9. Характеристика технологического оборудования	18
10. Прием-сдаточный контроль готовой продукции	11
11. Маркировка, упаковка, хранение и транспортирование	12
12. Указания по технике безопасности	13
13. Методы испытания	14
14. Литература	15
15. Приложение 1 Технологический процесс производства атмосферостойких, облегченных арболитовых блоков, из растительного сырья по предложенной технологии	20

1. Введение

Создание легких, эффективных конструкционно теплоизоляционных, атмосферостойких облегченных арболитовых блоков в Кыргызской Республике обусловлено наличием отходов местного дешевого сырья сельскохозяйственного производства (соломы), минеральных гипсозольных вяжущих, а также с применением малого процента в составе сырьевой смеси арболита полимерсиликатных добавок с модификаторами. Это способствует получению легких сейсмостойких конструкций из арболита на основе ПСГЗВ, применяемых в сейсмически опасных регионах в малоэтажных зданиях, а также является решением важнейших экономических топливно-энергетических, социальных и экологических задач строительного комплекса в Кыргызской Республике.

2. Назначение и область применения

Настоящая технологическая карта разработана на производство изделий из атмосферостойкого облегченного арболита для стеновых блоков. Применение атмосферостойкого арболита позволит быстро и экономно строить малоэтажные дома и др. объекты в сельской местности, что обеспечивает ускоренное развитие получения дешевых строительных материалов для строительного комплекса Кыргызской Республики. Малоэтажное домостроение дает возможность более чем вдвое, по сравнению с кирпичным и крупнопанельным домостроением, снизить единовременные затраты на создание материально-технической базы строительства. По сравнению со стоимостью возведения домов из кирпича стоимость возведения домов из арболита уменьшается на 20-25%, а по сравнению с возведением домов из панелей – на 10-12 %. Суммарная трудоемкость возведения домов из арболита снижается по сравнению с аналогичной трудоемкостью возведения домов из кирпича вдвое. Обеспечивается также экономия энергетических ресурсов на 25-35 %, в арматурной стали 7-25 %. Как строительный материал арболит достаточно прочен, огнестоек (группа трудносгораемых материалов), биостоек (трудно заражается дереворазрушающими грибами), малотеплопроводен, легкий (плотность 350-800кг/м³). Таким образом, арболит – строительный материал межотраслевого производства. Его качественные показатели и нормативные характеристики регламентируются единым стандартом – ГОСТ 19222-84* и ГОСТ 54854-2011

3. Технология приготовления сырьевой смеси для изготовления атмосферостойкого арболита.

Способ получения сырьевой смеси для изготовления поризованного арболита из соломы включает: измельчение соломы злаковых в частицы, очистку их от минеральных и металлических включений, подготовку органического заполнителя частицы соломы путем обработки органического заполнителя жидким натриевым стеклом, смешением смоченного заполнителя с модифицированно-пластифицирующей композицией (5 % от

общей массы), состоящей из малоцентрированной полимерной смолы СФЖ-3066, латекса СКС, пластификатора ЛСТ, СДБ и отвердитель М-4 и остальное вода. Далее подается гипс+ замедлитель схватывания гипса + ПЦК+зола + глиногипс(гажа), смещение ПСГЗВ, заполнение металлических форм, подпрессовка массы с фиксацией крышек в течение 15-20 минут, распалубливание и выдержку изделий в помещении склада 24 часа. Замедлитель сроков схватывания ПСГЗВ применен в количестве 0,02 % от массы гипса – добавки неполной соли 1-оксиэтилен-1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноломином, регулирующий и увеличивающий сроки схватывания ПСГЗВ на 6-8 минут, при этом частицы соломы имели длину 40...50 мм.

4. Технологический процесс изготовления облегченного арболита

При производстве атмосферостойкого арболита на основе соломы и ПСГЗЦК выполняются технологические операции в следующей последовательности: складирование соломы и компонентов связующего; резка и сепарирование соломы; дозирование компонентов и приготовления связующего с ПСД; формование и выдержка вяжущего; распалубка и кондиционирование арболита без электропрогрева; упаковка и складирование готовой продукции. Сечка соломы, подается через дозатор в смеситель, куда далее для облагораживания частиц соломы через дозаторы поступают растворы силикатов, подсушка частиц до влажности 12%, далее подаются полимеры, затем вводятся пластификаторы, перемешивание компонентов в течение 3-5 минут. Далее в смеситель подаются через дозаторы зола, гипс и катализаторы, где происходит перемешивание всех компонентов с водой в течение 3 минут. Дозирование компонентов в точно установленных соотношениях производится по массе дозаторами. Полимерсиликатно-гипсозолощелочная композиция подается в арболитораздатчик, распределяется в металлические формы для блоков. Формы снабжены специальными съемными крышками. Уложенная смесь в формы транспортером и подается в вибропресс. Режим уплотнения в массы в прессе устанавливается опытным путем; он должен обеспечить получение арболита прочностью не менее 2,8 МПа при плотности $\rho \approx 450-650 \text{ кг/м}^3$. Далее производится распалубка на платформе, откуда подающей тележкой блоков, направляется на пост выдержки (24 часа) при температуре +20⁰С, где производится и сортировка изделий. Съем изделий и их контейнеризация выполняется на специальных площадках. Затем на тележку с готовой продукцией отправляется для складирования.

5. Технические требования к готовой продукции

Основные строительно-технические свойства атмосферостойких арболитовых стеновых блоков соответствуют требованиям ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него», и технологическим регламентам, утвержденным в установленном порядке.

Предел прочности облегченного арболита при сжатии и изгибе в возрасте 28 суток имеет значения, указанные в таблице 1.

Таблица 1- Показатели прочности облегченного арболита

№№	Плотность арболита	Показатели	
		Предел прочности при сжатии в возрасте 28сут, МПа	Предел прочности на изгиб в возрасте 28сут, МПа
1	2	3	4
1.	500	2,8	0,9
2.	550	3,2	1,1
3.	600	3,9	1,3
4.	650	4,2	1.4

В 28 суточном возрасте для безцементных гипсозолощелочных композиций по мере повышения содержания соломы прочность несколько снижается. Содержание в составе гипсо-золощелочных вяжущих полимерной малоцентрированной смолы СФЖ-3066 повышает адгезионную прочность вяжущих при использовании органических заполнителей растительного происхождения и они могут быть названы гипсо-золощелочными вяжущими с синергетическим эффектом составляющих смеси.

Вяжущие композиции с содержанием 5% ПЦК обладают сроками схватывания, приближенными к срокам схватывания портландцемента (начало схватывания 1-05, конец – 2-45). Конец схватывания гипсозолощелочного вяжущего изменяется равномерно до 12,5 % содержания модификатора смеси (МС).

Активация РВК на основе гипса и малоизвестных зол высокоосновными добавками и полимерсиликатным компонентом с пластификаторами (ЛСТ, СКС, СДБ) способствует образованию прочного сростка и получению на их основе гипсозолощелочных вяжущих с повышенными физико-механическими свойствами.

Плотность полимерсиликатногипсозолощелочной композиции (ПСГЗЦК) увеличивается в зависимости, в первую очередь, от содержания гипса.

6. Технические требования к атмосферостойким арболитовым блокам

Основные строительно-технические свойства арболитовых стеновых блоков, изготовленные в лабораторных и в производственных условиях, соответствуют требованиям ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него», и могут быть рекомендованы в качестве стеновых блоков в строительстве.

Для производства атмосферостойких арболитовых блоков применяют гипс марки Г-7 соответствующий ГОСТ 125-79 (СЭВ 826-77).

Физико-механические свойства атмосферостойкого арболита определяют на образцах-кубах размером 15x15x15 см и 10x10x10 см согласно ГОСТ 18105-85 и ГОСТ 1922-84, морозостойкость по ГОСТ 7025.

В качестве модификаторов для образования пористой полимерсиликатной системы использованы: жидкое стекло (ГОСТ 13078-81) плотность 1,32 г/см³, латекс СКС (ГОСТ 10564-85), смола малоконцентрированная СФЖ-3066 + катализатор ионного типа (ГОСТ 20908).

Максимальная величина прочности и водостойкости ПСГЗЩК в арболита достигается при рациональном соотношении составляющих: солома – 25-35%; гипс Г-7 - 30-35% + катализатор схватывания (НТФ) ; зола – 25-30%; ПЦК-3-5%; глиногипс(гажа) – 1-3%; ПСК на основе СФЖ -3066 – 8-12% + пластификаторы – 3-5%; катализаторы – 0,8%, остальное вода.

Опытные партии атмосферостойкого арболита получены в заводских условиях ОсОО ««Домостроительный сервис» «Азат»».

7. Организация производственного процесса согласно технологической схемы рис.1

8. Карта контроля технологического процесса производства

9 Характеристика технологического оборудования

10. Приемо-сдаточный контроль готовой продукции

10.1. Правила приемки осуществляется– по ГОСТ 19222-84* и ГОСТ 13015.1-81.

10.2. Поставку изделий потребителю производят по достижении арболитом, а также раствором или несущих слоев отпускной прочности, указанной в стандартах или технических условиях на конкретные изделия, при этом минимальная величина отпускной прочности не должна быть менее 80% от проектной.

10.3. Приемочный контроль каждой партии атмосферостойкого арболита и изделий из него производят по следующим показателям: средняя плотность арболита, класс и отпускная влажность; линейные размеры изделий

(конструкций), отклонения от прямолинейности, от плоскостности и масса изделий (конструкций).пористости.

Предприятие –изготовитель обязано проводить периодически (не реже одного раза в квартал) испытания арболита по морозостойкости, теплопроводности, а также пористости.

10.4. Для контрольной проверки для каждой партии изделий, принятых техническим контролем предприятия-изготовителя, отбирают 5% изделий, но не менее 3шт. Отобранные изделия подвергают поштучному осмотру, обмеру и взвешиванию.

10.5. Проверку качества арболитовой смеси следует производить по показателям: удобоукладываемость по ГОСТ 10181.1-82;

10.6. Формы для изготовления изделий из арболита должны удовлетворять требованиям ГОСТ 18886-73 и ГОСТ 12505-67.

10.7. Требования к точности изготовления изделий в стандартах или технических условиях на конкретные изделия устанавливают в виде предельных отклонений от номинальных размеров по ГОСТ 13015-75.

11. Маркировка, складирование, хранение и транспортирование

11.1. Маркировка

11.1.1.Маркировка изделий должна выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 13015.2-81.

11.1.2. Маркировка должна содержать:

наименование изготовителя и его товарный знак;
условное обозначение гипсозолощелочного блока;
марка гипсозолощелочного блока;
среднюю массу нетто гипсозолощелочного блока;
результаты испытаний;

обозначение настоящего стандарта организаций;

11.1.3. Маркировка должна быть выполнена на государственном и официальном языках Кыргызской Республики.

11.1.4. Каждая партия изделий из арболита, поставляемая потребителю, должна сопровождаться документом, удостоверяющим качество, оформленным в соответствии с требованиями ГОСТ 13015-81.

11.1.5. Изделия должны храниться на специально оборудованных складах рассортированными по видам, типоразмерам и маркам в условиях, не допускающих их увлажнение.

11.2.1. Складирование

11.2.2. Складирование должна производиться по ГОСТ 13015 и ГОСТ 19222.

11.2.3.Место складирование и хранение атмосферостойких арболитовых блоков должно быть защищено от увлажнения и загрязнения.

11.2.4. Способы укладки изделий при хранении и транспортировании следует устанавливать в стандартах или технических условиях в зависимости от размеров, формы и назначения изделий данного вида.

11.2.5. Конструкции из арболита, принятые ОТК, следует хранить и транспортировать в соответствии с требованиями ГОСТ 19222, ГОСТ 13015, а также ГОСТов и ТУ на конкретные виды конструкций.

11.2.6. Погрузку, перевозку, разгрузку и хранение изделий следует производить, соблюдая меры, исключающие возможность их механического повреждения и увлажнения.

12. Указания по технике безопасности

12.1. По степени воздействия на организм человека, атмосферостойкие арболитовые блоки относятся к 4 классу опасности по ГОСТ 12.1.007.

12.2. Содержание полимерсиликатных добавок в гипсозолощелочном вяжущем не образует токсичных соединений в воздушной среде и сточных водах в присутствии других нетоксичных веществ и при воздействии геологических факторов (температура, давление), не оказывает вредного влияния на окружающую среду.

12.3. Атмосферостойкие арболитовые блоки – пожаровзрывобезопасные.

12.4. Температура и влажность воздуха рабочей зоны должны удовлетворять требованиям ГОСТ 12.1.005.

12.5. Требования безопасности к производственным процессам должны удовлетворять требованиям ГОСТ 12.3.002; к оборудованию – по ГОСТ 12.2.003.

12.6. Погрузочно-разгрузочные работы – по ГОСТ 12.3.009.

12.7. Общие требования безопасности – по СНиП КР 12001.

12.8. Внешний вид и качество отделки поверхностей конструкций из арболита должны соответствовать утвержденному эталону и отвечать требованиям ГОСТ 19222.

12.9. ГОСТ 12.1.007. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

12.10. ГОСТ 12.1.005. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

13. Методы испытаний

13.1. Определение физико-механических свойств атмосферостойких арболитовых блоков проводят по ГОСТ 18105 и ГОСТ 19222.

13.2. Химический анализ гипса и золы проводят по ГОСТ 125 (СЭВ 826).

13.3. Вид и количество добавок в гипсозолощелочном вяжущем веществе определяют по методике головной организации по государственным испытаниям атмосферостойкого арболита в пробе.

13.4. Испытание химических добавок в арболитовых смесях и арболите проводят по ГОСТ 24211, а также постандартам или техническим условиям на конкретные химические добавки.

13.5. Сертификация атмосферостойких арболитовых блоков на соответствие проводят по EN 197-1, методы испытаний по ГОСТ19222.

13.6. Проверку качества арболитовой смеси следует производить по показателям: Удобоукладываемость по ГОСТ 10181.1; Плотность (в уплотненном состоянии) по ГОСТ 10181.02; Расслаиваемость по ГОСТ 10181.03; Объем межзерновых пустот или вовлеченного воздуха в арболитовую смесь по ГОСТ 10181.03;

13.7. Расчетные составы арболита проверяют в лабораторных или производственных условиях путем изготовления и испытания контрольных образцов-кубов по ГОСТ 10180.

13.8. Прочность арболита на сжатие, а также прочность раствора несущих и отделочных слоев определяют по ГОСТ 10180 и ГОСТ 18105. Для определения прочности арболита изготавливают три серии по три образца (в каждой серии) арболита размерами 150x150x150мм.

13.9. Контроль прочности и однородности арболита в изделиях следует осуществлять по ГОСТ 18105.0 и ГОСТ18105.1.

13.10. Среднюю плотность арболита следует определять по ГОСТ 12730.1.

13.11. Морозостойкость арболита в изделиях следует определять по ГОСТ 7025, раствора – по ГОСТ 10060.

13.12. Теплопроводность арболита определяют по ГОСТ 7076.

13.13. Влажность арболита следует определять по ГОСТ 12730 на пробах, отобранных из изделий.

13.14. Испытание изделий из арболита и оценку их прочности и жесткости следует проводить по ГОСТ 8829.

14. Литература

1.ГОСТ 19222-84*. Арболит и изделия из него. – М.: Стройиздат, 1990. – 44 с.

2.Микульский В.Г., Горчаков Г.И.и др. Строительные материалы. -М.: АСВ.-2000. – 485 с.

3.Разумовский В.П., Свиридов С.Г. и др. Производство и применение арболита. – М.: Лесная промышленность. 1999. – 216 с.

4.Наназашвили И.Х. Строительные материалы и древесно-цементной композиции.Л.:Стройиздат.2000.-414с.

5.Савелов И.Г., Караханиди С.Г., Иванова Н.М. Использование зол гидроудаления в строительстве и производстве строительных материалов Киргизии: Обзор.информ. Фрунзе: КиргизНИИНТИ. 1976. – 28 с.

6. Асакунова Б.Т. Модифицированные водостойкие гипсовые вяжущие вещества из местного сырья. Бишкек:Китеп Компани.2008.-135с.

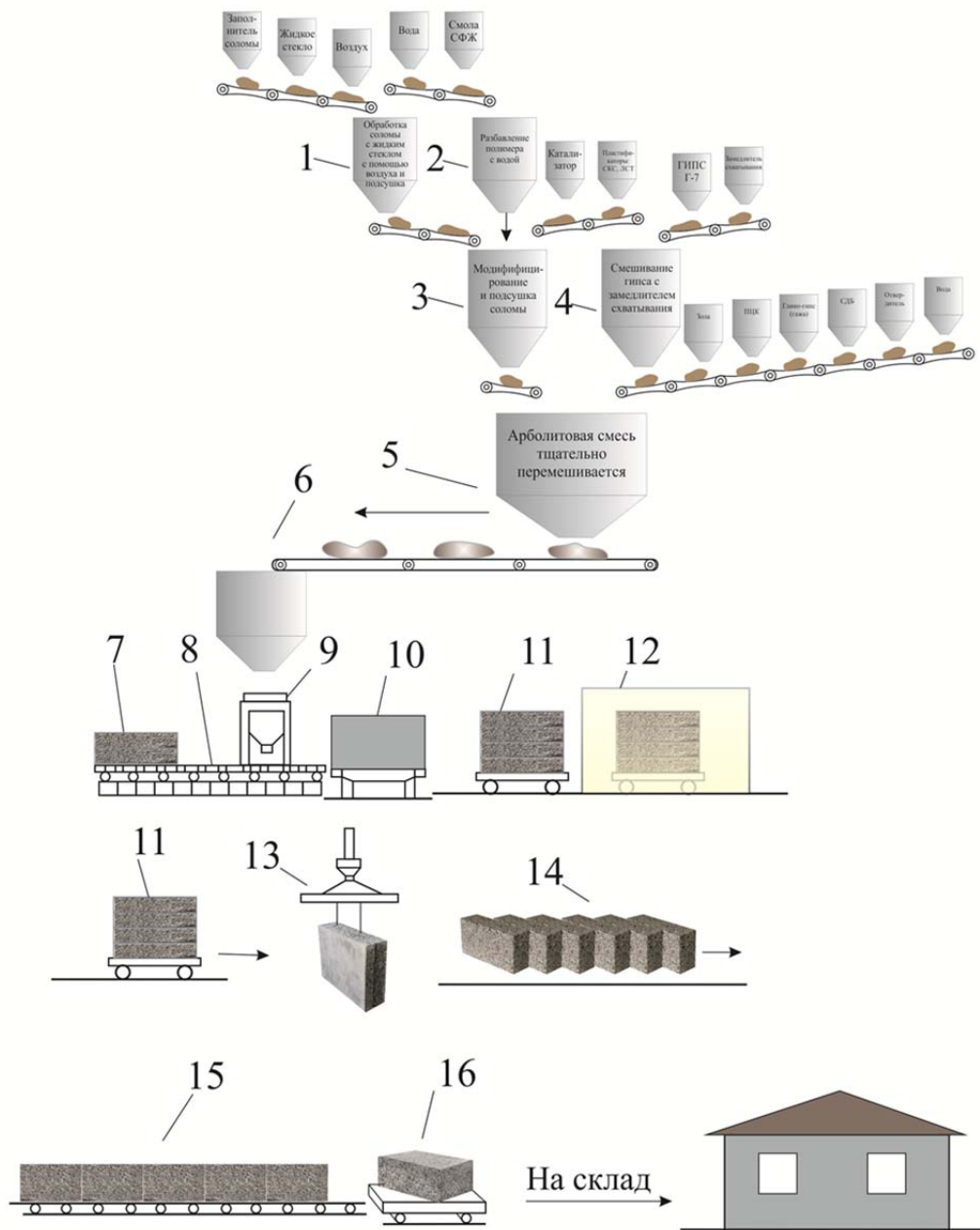


Рис. 1. Рис. 4.10. Технологический процесс производства атмосферостойких арболитовых блоков, из растительного сырья по предложенной технологии: 1- обработка соломы с жидким стеклом; 2- разбавление полимера с водой; 3- модифицирование соломы; 4- смешивание гипса с замедлителем схватывания; 5- приготовление арболитовой смеси; 6- арболитораздатчик; 7- формы; 8- роликовый транспортер, 9- вибро пресс; 10- распалубка на платформе; 11- подающий роликовый транспортер готовых блоков; 12- кондиционирование; 13- сьем готовых блоков; 14- отделка и упаковка блоков; 15- роликовый транспортер с готовыми блоками; 16- отправка на склад арболитовых блоков.

7.Касимов И.К. Тулаганов А.А. Рекомендации по изготовлению теплоизоляционного арболита из сельскохозяйственных отходов и безобжигового щелочного вяжущего. –Ташкент: ТАСИ. 1995 – 16с.

8. А.С. SU № 1740350. Способ изготовления гипсовых строительных изделий, м.кл. С04В28/14, В3/00, 1/52, 1992/Ильченко Н.Г, Островская Л.Г.

9. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. -М: Высшая школа, 1990. - 450 с.

10.Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. -М.: Стройиздат. 1996.-464 с.

11.ГОСТ 30108-94 Материалы и изделия строительные.

12.СНиП КР 12001-99 Техника безопасности в строительстве

13.ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности

14.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

15.ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Главный инж. по технич. вопросам



Опарин Е.М.

Начальник испытательной лабораторий



Мелибаев С.Ж.

В.Н.С., к.т.н., доцент



Матыева А.К.

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

№	Наименование операции	Описание операции	Технологические параметры	Характеристика оборудования и приспособления	Профессия
1	2	3	4	5	6
1.	Подготовка сырьевых материалов	Солома доставляется автотранспортом и хранится в складах закрытого типа в прессованном виде. Со склада автопогрузчиком подается на силосорезку для измельчения.	Размеры стеблей по длине 40-50 см. Влажность соломы 6-12%. Измельчается до размера сечки 5/20 мм. Время измельчения до 1 часа. ГОСТ 15815	Автосамосвал ГАЗ-52 Автопогрузчик Силосорезка «Волгарь» Пневмотранспорт в бункер стружки	Водитель Водитель Станочник
		Гипс строительный доставляется автотранспортом и хранится в силосных баках, подается пневмотранспортом в расходный бак и через объемный дозатор в смеситель.	Влажность 1-2 %, класс «А» ГОСТ 125-70	Специально оборудованный ЗИЛ-130	Водитель
		Жидкое натриевое стекло доставляется автотранспортом на склад пластификаторов, подается в расходный бак трубопроводом к дозатору и в смеситель.	Водный раствор $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ $M_c = 2,76$	Бочкотара из нержавеющей стали $V = 100 \text{ кг}$ автотранспорт	Водитель
		Фенеллоформальдегидная смола СФЖ доставляется в бочкотаре на склад полиизоционатов (ПИЦ), подается в расходный бак и через дозатор в смеситель для пластификации.	Концентрация 50-52%, AST МД 5155	Металлическая бочкотара $V = 20-30 \text{ кг}$ автотранспорт	Водитель Лаборант
		Латекс и ЛСТМ доставляется автотранспортом в металлической таре на склад пластификаторов, а затем поступает в расходный бак и через весовые дозаторы в смеситель.	Концентрация 40-42%	Металлическая тара для полимерных материалов	Водитель Лаборант
		Замедлитель схватывания гипса ТПФН - ттрипомефосфат натрия добавляется в	Влажность 1%. Порошок белого цвета, добавляется в	Упаковочная бумажная специальная тара	Водитель Рабочий

		емкость расходного бака гипса, где происходит смещение гипса и ТПФН, смесь поступает через дозатор в смеситель. Вода, ГОСТ 23732-79	количестве 0,02 % от массы гипса через расходный мерник. Вода водопроводная	Поступает из водопровода или в цистернах	Лаборант Водитель
1	2	3	4	5	6
2.	Приготовление органического заполнителя	Сечка соломы после нарезки на измельчителе кормов - силосорезке «Волгарь» при скорости резания 75 м/с, подается транспортером к соломотрясу. Измельченные частицы соломы для исключения посторонних включений (металл, корни и др.) проходят через соломотряс и подаются пневмотранспортом в бункер. Древесная стружка, 2-4 % от массы соломы, подается скребковым транспортером через циклон-сепаратор в бункер кондиционной стружки (фракция 5/20). Частицы соломы пневмотранспортом подаются через объемные дозаторы в смеситель для минерализации органического заполнителя пластифицирующими полимерсиликатными добавками.	Солома: прочность при растяжении 3/6,2 Н/мм ² , процент удлинения – 2,4%; средняя насыпная плотность 50-60 кг/м ³ , длина измельченных частиц 20-50 мм. Древесная стружка от деревообрабатывающих станков фракцией 5/20; влажность 10-12 %, плотность насыпная 80-100 кг/м ³ .	Время перемешивания сечки соломы и древесной стружки 1,5-2 мин. Число оборотов вала смесителя 42,8 об/мин, внутренний диаметр корпуса – 600 мм; внутренняя длина корпуса – 2100 мм.	Оператор Рабочий Станочник рабочий
3.	Минерализация органического заполнителя	Для минерализации органического заполнителя в смесителе используются в следующей последовательности от массы заполнителя полимерсиликатные модификаторы (пластификаторы): - жидкое натриевое стекло – 5,8-7,2%; - полимеризационатная смола РМДІ или СФЖ – 3024, 4,2-4,4%; - пластифицирующие: латекс 0/2 % - пенообразующие ЛСТМ или подмыльный	Водный раствор ГОСТ 13078-81 $\rho = 1,32 \text{ г/см}^3$ АСТ МД 5155 ГОСТ 20907-75 ГОСТ 18481-81 и ГОСТ 10564-85 Смола РМДІ до требуемой	Смеситель стандартный С – 773 Подача пластификаторов в смеситель через объемные дозаторы или мерной емкостью Перемешивание	Оператор Рабочий Лаборант

		щелок жирового комбината – 0,16%.	вязкости 18-22 с. смешивается с водой в расходной емкости (н.о.) рН = 7,5	модификаторов осуществляется в течении 10 мин	
4. 1	Приготовление арболитовой смеси 2	На обработанный полимерсиликатными добавками органический наполнитель в смеситель подается, через объемный дозатор минеральное вяжущее – строительный гипс 40-3	Время перемешивания – 8-10 минут Вода используется из водопроводной сети 4	Пневмотранспорт, объемный дозатор, мерная емкость для ТПФН, смеситель 5	Оператор Рабочий 6
		42% от массы сырьевой смеси с одновременным введением замедлителя схватывания гипса триполифосфатом натрия ТПФН (0,02% от массы гипса). Сырьевая смесь перемешивается до однородной консистенции. При необходимости добавляется вода.	Гипс строительный, ГОСТ 125-70, Предел прочности при сжатии – 5,2 МПа, на изгиб – 2,8 МПа.		
5.	Формование арболитовых изделий	Приготовленная арболитовая масса из смесителя транспортером поступает в бункер-дозатор (н.о.) из которого сырьевая смесь укладывается в металлические формы с закрывающимися крышками. Формование блоков осуществляется вибропрессованием. Смесь в форме уплотняется до заданной толщины путем фиксации ограничителем. После формования форма с изделием подается на рольганг, с которого тельфером транспортируется на участок твердения в нормальных условиях, а затем на пост распалубки до приобретения отпускной прочности.	Удельное давление прессования в вибропрессе 0,8-0,9 МПа. Время формования 1,5-2 мин. На участке твердения $t = 20 \pm 2^{\circ}\text{C}$	Формы размером 0,2x0,4x0,4 м. Виброавтомат СМ-162 А, Рольганг, тельфер Помещение закрытого склада	Формовщик Оператор Рабочий Рабочий

		После этого арболитовые изделия поступают на склад готовой продукции.			
6.	Маркировка изделий	Несмываемой краской наносят дату выпуска и массу изделий. Готовая продукция должна быть принята техническим контролем предприятия. Изделия изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 19222-84.	ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие требования.	Маркировка	Технолог, рабочий
7.	Хранение	Выпускаемые изделия должны храниться в крытых складах.	ГОСТ 19222-84.	Тельфер	Грузчик

**КАРТА КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА
И КАЧЕСТВА ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

№	Наименование операции	Контролируемый параметр	Место контроля	Периодичность контроля	Средства контроля	Контролирующее лицо	Учетная документация
1.	Входной контроль	<p>Качество соломы, измельчение соломы. Фракционный состав соломы, влажность.</p> <p>Строительный гипс: сроки схватывания, нормальная густота, активность гипса соответственно сертификата.</p> <p>Замедлитель схватывания ТПФН.</p>	<p>Склад соломы, бункер</p> <p>Силосные банки для гипса</p> <p>Склад ТПФН</p>	<p>Каждая партия при поступлении на склад</p> <p>- " -</p> <p>Влажность</p>	<p>Визуально, сушильный шкаф, набор комплекта сит, влагомер ЭВА, ДИ-8 Формы 4х4х16 см, Прибор Вика, пресс П-125; разрывная машина МИ-100, Сушильный</p>	<p>Лаборант</p> <p>- " -</p> <p>- " -</p> <p>- " -</p>	Журнал по приемке сырья

		Жидкое натриевое стекло. Смола СФЖ, ЛСТМ.	Расходная емкость Специальные емкости	концентрация, плотность, вязкость, рН	шкаф Ариометр, ректоромскоп, вискозиметр ВЗ-1, ВЗ-4.		
2.	Дозировка компонентов	Соблюдение рецептуры, точность дозирования	Отделения: а) приготовление жидкого натриевого стекла – суспензии; б) приготовление раствора смолы СФЖ и латекса в) приготовление смеси гипса и ТПФН г) смесительное отделение	Каждая загрузка в объемный дозатор 2 раза в смену Каждая партия Каждый замес	Вискозиметр Энглера Плотномер Вискозиметр ВЗ-1, ВЗ-4, секундомер Формы 4x4x16 см, Прибор Вика, пресс П-125; разрывная машина МИ-100, Дозаторы	Лаборант Мастер - " - - " - Технолог, лаборант, мастер	Журнал контроля
3.	Приготовление арболитовой смеси на ПСГВ.	Сроки схватывания, активность вяжущего	Смеситель С-773, дозаторы	Каждая загрузка	Прибор Вика, контрольные сита, пресс П-125; разрывная машина МИ-100 Сушильный шкаф, весы,	лаборант	- " -

					часы, секундомер		
4.	Формование изделий	Уплотнение	Вибропресс, пост формовки	В смену 2 раза	Визуально, штангенциркуль	лаборант,	- " -
5.	Готовая продукция	Внешний осмотр изделий: трещины, искривление, грани	Пост ОТК	Каждая партия	штангенциркуль	лаборант, мастер, технолог	Журнал ОТК
6.	Хранение	Изделия должны находиться в крытых складах	Склад готовой продукции	Каждая партия	визуально	лаборант, мастер	Журнал ОТК

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

№	Наименование технологического оборудования	Обозначение документа по которому выпущено оборудование	Краткая характеристика
1.	Резательный станок соломы (соломорезка)	СМ-125, Волгарь -5	Число оборотов вала – 180 об/мин Количество ножей - 36 мин Коэффициент заполнения – 0,7 Габаритные размеры, в мм: длина барабана – 1500 диаметр барабана - 700
2.	Объемные дозаторы для: жидкого стекла, раствора смолы РМДІ	НО	Изготовление по месту производства
3.	Смеситель	С - 773	Число оборотов вала – 42,8 об/мин Внутренний диаметр корпуса – 600 мм Внутренняя длина корпуса - 2100 мм Проходное сечение загрузочного патрубка – 200 см ² Проходное сечение разгрузочного патрубка – 100 см ²
4.	Конвейеры ленточные	КЛС	Ширина ленты – 400 мм Длина транспортировки – 600 – 750 мм Диаметр приводного барабана – 400 мм

5.	Конвейер скребковый	СКР-11	Скорость движения скребковой цепи – 0,4 м/сек Число цепей – 1 шт Наибольшая длина конвейера - 50 мм
6.	Пневмотранспорт	ПН-100	Диаметр шнека пневмовинтового насоса – 250 мм Рабочее давление воздуха – 4 кг/см ² Длина - 50-100 м.
7.	Центробежный насос ЦП7-40		Число оборотов – 1000 об/мин К ЦП7 -40 Направление вращения – левое Высота подачи материала – 30 м
8.	Вибропресс	СМ-162 А	Размеры формы Пуассона 1,0х0,5 м Частота колебаний – 288-3000 кол/мин Количество образцов при одновременном формовании 6 шт. Амплитуда колебаний – 0,55-1,0 мм Давление прессования – 0,9 -10 МПа
9.	Мостовой кран или тельфер		Грузоподъемность – 3 – 5 т.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ООО «ТИНИАЛ»
Республики Таджикистан
З.Ю. ОХУНОВ

« 10 » сентября 2018 г.

А К Т

о реализации научных результатов, полученных в диссертации Матыевой Акбермет Карыбековны на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия на тему: «Развитие теории и практическая реализация энергосберегающей технологии получения облегченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего»

Комиссия в составе: председателя комиссии – главного инженера ООО «ТИНИАЛ» Исмоилджонова М.С.; членов комиссии: начальника лаборатории «Политехнический институт» Таджикского технического университета (ПИ ТТУ), д.т.н., проф. Ином Ганева; д.т.н, проф. , заведующего кафедрой «Строительные конструкции зданий и сооружений» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова (КГУСТА) Темир Болотбека свидетельствует о том, что при

- определении закономерности кинетики твердения и взаимодействия компонентов в структуре облегченного арболита из остатков органозаполнителя и местного минерализованного вяжущего;
- проведении испытания опытно-промышленной партии облегченного арболита в производственных условиях по основным строительно-техническим свойствам;

реализованы следующие научные результаты, полученные в докторской диссертации Матыевой А.К.:

- Обосновано влияние объемных концентраций твердой, жидкой и газовой (Ж, Т, и Г) фаз на основные физико-механические свойства ПСГЗЦВ.
- Приведена технико-экономическая эффективность результатов исследований по внедрению в ООО «ТИНИАЛ» в Республике Таджикистан.

Реализация материалов диссертации Матыевой А.К. позволила:

- Установить величину адгезионной прочности (0,194-0,341 МПа) сцепления частиц на границе раздела фаз Ж, Т и Г при плотности 560 кг/м³, что позволяет обеспечить длительную эксплуатационную срок службу материала в строительных ограждающих конструкциях
- Новая технология получения облегченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего по сравнению с традиционными технологиями арболита позволяет в 2,7-3,2 раз сократить время и энергозатраты при приготовлении сырьевой смеси, в 3-5

раза – время укладки и уплотнения смеси, 8-12 раз – длительность цикла твердения изделий, в 3-5 раза – удельную металлоемкость производства.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

в рекомендациях по использованию гипса вместо цемента в качестве вяжущих наполнителей; сечки соломы пшеницы в место древесной стружки в качестве органических заполнителей;

По результатам реализации получен следующий положительный эффект.

- В производственных условиях ООО «ТИНИАЛ» в Республике Таджикистан получен новый конструкционно-теплоизоляционный материал марки М15; М25, морозостойкостью 40 и 50 циклов.

- Экономический эффект от внедрения научных результатов работы ООО «ТИНИАЛ» в Республике Таджикистан составляет в 122 674,43 сомони в год, при объеме выпуска 1000 м³ атмосферостойких облегченных арболитовых блоков в год.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:

Главный инженер



Исmoilджонова М.С.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

д.т.н., проф. ПИ ТТУ



Ином Ганиева

д.т.н, проф. КГУСТА



Темир Болотбек

УТВЕРЖДАЮ

Директор ОсОО «Домостроительный сервис

«Азат»» г. Бишкек

М.А. АНАРБАЕВ

«12» 09 2019 г.



о реализации научных результатов, полученных в диссертации соискателя Матыевой Акбермет Карыбековны на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия на тему:

«Развитие теории и практическая реализация энергосберегающей технологии получения облепченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего»

Комиссия в составе: председателя комиссии, главного инженера по техническим вопросам ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» Опарина Е.М. и членов комиссии: начальника испытательной лаборатории (ИЛ), Мелибаева С.Ж.; д.т.н, проф. , заведующего кафедрой «Строительные конструкции зданий и сооружений» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова (КГУСТА) Темир Болотбека, к.т.н, проф. кафедры «Строительные конструкции зданий и сооружений» КГУСТА Темикеева К.Т. свидетельствует о том, что при:

- определении структурно-механических свойств нового строительного материала для применения его в изготовлении стеновых блоков;

- определении закономерности кинетики твердения и взаимодействия компонентов в структуре облепченного арболита из остатков органозаполнителя и местного минерализованного вяжущего

реализованы следующие научные результаты, полученные в докторской диссертации Матыевой А.К.:

- Установлено, использование химически активных заполнителей, пластифицирующих добавок совместно с остатками однолетних растений повышают реологические свойства РГЗК, направленному структурообразованию и получению атмосферостойкого, облепченного арболита плотной структуры с повышенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами.

- Обоснован процесс структурообразования контактной зоны модифицированного вяжущего с растительным органозаполнителем с учетом адгезионного взаимодействия, повышения прочностных свойств за счет дисперсности наполнителя, обеспечение однородного фракционного состава безцементного композиционного материала.

Реализация материалов диссертации Матыевой А.К. позволила:

- обеспечить быстрый набор прочности, долговечности, влагостойкости и др. показатели композита;

- получение облегченного арболита плотной структуры с повышенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

в рекомендациях по использованию облегченного арболита в качестве конструкционно-теплоизоляционных материалов с заданными расчетными характеристики.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект.

- Модифицирование органозаполнителя обеспечило надежный контакт сцепления частиц соломы при среднем схватывающем усилии 177Н, высокую адгезионную прочность – 0,194- 0,341 МПа при плотности, равной 550-650 кг/м³. Адгезия гипса к заполнителю и прочность материала на сжатие нового арболита в 1,5 раза выше заводского.

- По величине прочности и средней плотности стеновые блоки соответствуют ГОСТ 19222-84 «Арболит и изделия из него. Общие технические условия».

- Экономический эффект от внедрения технологии атмосферостойкого облегченного арболита на модифицированном вяжущем из местного растительного сырья по сравнению с заводской технологией на 1м³ арболита составила 936,14сом.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:

Главный инженер



Опарин Е.М.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Начальник ИЛ



Мелибаев С.Ж.

д.т.н, проф. КГУСТА



Темир Болотбек

к.т.н, проф. КГУСТА



Темикеев К.Т.

УТВЕРЖДАЮ
Ген Директор ОсОО
«Элит-Строй-Сити» г. Ош
К.А. Омаров
2019 г.



А К Т

*о реализации научных результатов, полученных в
диссертации соискателя Матыевой Акбермет Карыбековны на
соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия на
тему:*

*«Развитие теории и практическая реализация энергосберегающей
технологии получения облегченного арболита из остатков
однолетних растений и местного модифицированного вяжущего»*

Комиссия в составе: председателя комиссии, главного инженера ОсОО «Элит-Строй-Сити» К.М. Садыева К.М. и членов комиссии: начальника ПТО, ОсОО «Элит-Строй-Сити», Мадмарова А.А, к.т.н, проф. кафедры «Строительные конструкции зданий и сооружений» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова (КГУСТА), Темикесва К.Т. свидетельствует о том, что при разработке экономически выгодного технологического решения по модификации частиц заполнителя соломы с учетом влажностных деформаций органозаполнителя реализованы следующие научные результаты, полученные в докторской диссертации Матыевой А.К.:

- Разработаны новые технологические параметры облагораживания частиц заполнителя соломы комплексными модификаторами с учетом влажностных характеристик растительного сырья и выявлено влияние гидрофобных добавок и катализаторов на свойства гипсозолощелочного вяжущего.

- Оптимизирован состав без цементного облегченного арболита из соломы и местного вяжущего с эффективными модификаторами.

Реализация материалов диссертации Матыевой А. К. позволила:

- обеспечить высокую адгезионную прочность к частицам заполнителя гипсозольной вяжущей.;

- обеспечить технические характеристики конструкционно-теплоизоляционного арболита, плотностью менее 650 кг/м³, прочностью на сжатие до 5МПа, соответствующие ГОСТ 19222-84.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

в технологической карте по производству изделий из атмосферостойкого, облегченного арболита на основе заполнителя из соломы и модифицированного полимерсиликатно- гипсозолощелочного (ПСГЗЩ) раствора для малоэтажного домостроения.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект.

- Модификация частиц заполнителя соломы увеличила прочность на сжатие на 15-20% после 50 циклов замораживания;

- выпущены и использованы в качестве ограждающих конструкций наружных и внутренних стен, облегченные арболитовые блоки, объемом 560м³, размером 200х200х400мм, прочностью 4,16 МПа при плотности 650 кг/м³ и теплопроводностью 0,11 Вт/м;

- теплоизоляционные плиты объемом 300м³, размером 1000х1000х150мм, прочностью 2,01 МПа при плотности 500 кг/м³ и теплопроводностью 0,00 Вт/м;

- экономический эффект от применения облегченного арболита из местного сырья по сравнению с цементным арболитом на древесном заполнителе составил 440сом за 1м².

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:

Главный инженер  Садыев К.М.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Начальник ПТО  Мадмаров А.А.

к.т.н, проф. КГУСТА  Темикеев К.Т.



А К Т

о реализации научных результатов, полученных в диссертации Матыевой Акбермет Карыбековны на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия на тему: «Развитие теории и практическая реализация энергосберегающей технологии получения облегченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего»

Комиссия в составе: председателя комиссии – к.т.н, Директора «Центра сейсмостойкости, обследования зданий и сооружений» АО «КазНИИСА» Омаров Ж.А.; членов комиссии: д.т.н, проф., заведующего лабораторией «Железобетонных конструкции» АО «КазНИИСА» Беспяева А.А.; к.т.н, заведующего «Сектором из новых материалов» АО «КазНИИСА» Джарылкасынова С.Ш. свидетельствует о том, что при

- проведении экспериментальных и теоретических исследований по увеличению прочности гидрофизических и термодинамических свойств стойкого атмосферным воздействиям облегченного арболита;

- подборе состава методом математико-статистического моделирования конструкционно-теплоизоляционного стойкого атмосферным воздействиям облегченного арболита из остатков растений (соломы) и местного вяжущего реализованы следующие научные результаты, полученные в докторской диссертации Матыевой А.К.:

- С помощью методов системного анализа и теоретических подходов разработаны принципы и научные основы получения облегченного арболита на основе соломы и модифицированных вяжущих, методологически обоснована целесообразность комплексного регионального использования промышленных и сельскохозяйственных отходов.

- Оптимизирован состав безцементного облегченного арболита из соломы и местного вяжущего с эффективными модификаторами.

Реализация материалов диссертации Матыевой А.К. позволила:

- данные исследования позволяют в 2,7-3,2 раз сократить время и энергозатраты при приготовлении сырьевой смеси, получить качественные арболитовые изделия и утилизировать отходы агрокультур;

- установить оптимальные составы для конструкционно-теплоизоляционного арболита, плотностью 650 кг/м^3 , прочностью на сжатие до 5 МПа, соответствующие ГОСТ 19222-84.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

в рекомендациях по использованию гипса вместо цемента в качестве вяжущих наполнителей; сечки соломы пшеницы в место древесной стружки в качестве органических заполнителей.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект.

- Получен поризованный арболит прочностью 5 МПа, морозостойкостью до 35-50 циклов.

- Экономический эффект от внедрения технологии атмосферостойкого облегченного арболита на модифицированном вяжущем из местного растительного сырья в АО «КазНИИСА по сравнению с заводской технологией на 1 м^3 арболита составила 6 900,19 тенге.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:

Директор ЦСОЗС



Ж.Омаров

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Заведующий
лаборатории железобетонных
конструкций, д.т.н, проф.



А. Беспаяев

Заведующий сектором
из новых материалов, к.т.н,



С. Джарылкасынов

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ОсОО «Меркит Курулуш» г.Ош

Н.А. Эрматов

«16» 04 2020 г.

А К Т

**о реализации научных результатов, полученных в
диссертации соискателя Матыевой Акбермет Карыбековны на
соискание ученой степени доктора технических наук
специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия
на тему:**

**«Развитие теории и практическая реализация энергосберегающей
технологии получения облегченного арболита из остатков
однолетних растений и местного модифицированного вяжущего»**

Комиссия в составе: председателя комиссии, прораба ОсОО «Меркит Курулуш», Ажыкулова К.И. и членов комиссии: д.т.н, проф. , заведующего кафедрой «Строительные конструкции зданий и сооружений» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова (КГУСТА) Темира Болотбека, к.т.н, проф. кафедры «Строительные конструкции зданий и сооружений» КГУСТА, Темикеева К.Т. свидетельствует о том, что при разработке энергосберегающей технологии получения облегченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего были реализованы следующие научные результаты, полученные в докторской диссертации Матыевой А.К.:

- Разработан рациональный состав модифицированной гипсозольной композиции (ГЗК) на основе растениеводства.

- Разработан новый эффективный способ комплексной обработки органического заполнителя из сечки соломы пленкообразующими модификаторами, состоящим из жидкого натриевого стекла и фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3066, пластификаторов, катализаторов, ЛСТ, СКС, СДБ, М-4 и др.

Реализация материалов диссертации Матыевой А.К. позволила:

- решить проблему по развитию и совершенствованию теории и практической реализации производства бес цементного облегченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего на основе полимер силикатной пластифицирующей композиции;

- обеспечить высокую адгезионную прочность к частицам заполнителя гипсозольной вяжущей. Гигроскопическая влажность обработанной соломы составила 25-30%, в результате повышены гидрофизические и термодинамические свойства легких арболитовых блоков.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

в рекомендациях по использованию гипса вместо цемента в качестве вяжущих наполнителей; сечки соломы пшеницы вместо древесной стружки в качестве органических наполнителей.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект.

- Минерализация заполнителя из соломы повысила прочность контакта заполнителя с гипсозольным вяжущим, а также прочность поризованного арболита до 5 МПа, морозостойкость до 35-50 циклов.

- Получены арболитовые блоки размером 400х200х200 мм, теплоизоляционные плиты размером 1000х1000х200 мм, прочностью 2,7-3,8 МПа при плотности 500-600 кг/м³ и теплопроводностью 0,08-0,14 Вт/м.

- экономия с каждого 1 м³ атмосферостойкого облегченного арболита из растительного сырья по сравнению с цементным арболитом на древесном наполнителе составил 1290,32 сом.

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ:

Прораб



К.И. Ажыкулов

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

д.т.н, проф. КГУСТА



Темир Болотбек

к.т.н, проф. КГУСТА



Темикеев К.Т.