

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

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

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Б.Н. Ельцина**

Диссертационный совет Д 05.19.597

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

БИШКЕК - 2021

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Строительные конструкции, здания и сооружения» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.

- Научный консультант:** **Курдюмова Валентина Мифодьевна**
доктор технических наук, профессор, Заслуженный работник образования Кыргызской Республики, профессор кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения» Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова
- Официальные оппоненты:** **Касимов Ибрахим Иркинович**
доктор технических наук, профессор кафедры «Строительные материалы и химии» Ташкентского архитектурно-строительного института
- Касымова Мариам Тохтахуновна**
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительство» Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина
- Акматайулы Кенжебек**
доктор технических наук, профессор, академик НИА РК, профессор кафедры «Строительство и строительные материалы» Института архитектуры и строительства им. Т.К. Басенова Satbayev University
- Ведущая организация:** АО Казахская головная архитектурно-строительная академия «КазГАСА», факультет строительных технологий, инфраструктуры и менеджмента
Адрес: 050043, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Рыскулбекова, 28.

Защита диссертации состоится «28» мая 2021 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.19.597 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б, ауд. 1/101, www.ksucta.kg, тел.: (0312) 548566, факс: (0312) 543561.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б и Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н. Ельцина по адресу: 720000, г. Бишкек, ул. Киевская, 44 и на сайте: www.ksucta.kg.

Автореферат разослан «26» апреля 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.т.н., доцент

Маданбеков Н.Ж.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. 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 проблемы является строительство из арболита – легкого бетона на органических заполнителях, позволяющее утилизировать отходы производства сельскохозяйственных культур (соломы). В странах СНГ работы отечественных ученых: Касимова И.К. (1975-2005 гг.), Тулаганова А.А. (1982-2020 гг.), Курдюмовой В.М. (1975-2020 гг.), Исакулова Б.Р. (1990-2020 гг.) и др. посвящены созданию арболита из органического сырья на полимерных и минеральных вяжущих. Его развитию способствуют многие факторы, как традиционные – возможность получения легкого деревобетона для жилищного строительства, так и новые – резкий дефицит деловой древесины в Кыргызской Республики, и в то же время возрастающие требования к биостойкости и огнестойкости конструкций, экологическая обстановка. Новые факторы стимулируют изготовление стенового арболита из растительных отходов сельскохозяйственных культур взамен древесных отходов и использования местных модифицированных вяжущих.

Связь темы диссертации с крупными научными программами (проектами) и основными научно-исследовательскими работами. Работа выполнена в рамках «Государственной, комплексной программы развития науки, техники и новых технологий Кыргызской Республики на период 2010-2017 годы» (раздел «Строительство и стройиндустрии») и по плановой научно-исследовательской тематике кафедры «СКЗиС» КГУСТА 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;

- предложить работоспособную 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 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 растительно гипсозолощелочного вяжущего (РГЗЩВ);

- научно обоснованы теоретические предпосылки состояния движущейся сжимаемой пластической среды из РГЗЩК 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 растительным органозаполнителем с учетом его физико-механических свойств;

- установлено, что использование химически активных пластифицирующих добавок нового состава связующего с остатками однолетних растений способствует 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 нового вяжущего.

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

Разработаны рациональные технологические регламенты получения облегченного арболита и проведены промышленные испытания его в производственных условиях в г. Бишкек ОсОО «Домостроительный сервис «Азат», ОсОО «Шерой», в г.Ош ОсОО «Элит-Строй-Сити» и ОсОО «Меркит-Курулуш», в г. Худжанд РТ ОсОО «Тиниал» и г. Алматы РК АО «КазНИИСА».

Разработаны рекомендации по проектированию и расчету ограждающих конструкций зданий из местного композиционного материала.

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 результатов работы составляет 936140 сом в год при объеме выпуска 1000 м³ атмосферостойких арболитовых блоков в год.

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;

Личным вкладом докторанта являются: выполнение 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.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты работы докладывались на следующих международных, республиканских и региональных научно-практических конференциях: Международная научно-техническая интернет-конференция «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве», г. Харьков, 2011; Международная научно-практическая конференция «Инновации в области строительства и образования Кыргызской Республики», КГУСТА, 2012; Международная научно-практическая конференция «Строительное образование и наука Кыргызстана: перспективы интеграции, инновации и партнерства», КГУСТА, 2014; III международная научно-практическая конференция «Качество и безопасность среды жизнедеятельности: проектно-строительная деятельность в новых условиях», Академия «KAZGOR» проект, г. Алматы, 2015; XI международная научно-практическая конференция «Научный поиск в современном мире», г. Махачкала, 2016; II Интернациональная, научно-практическая конференция «Innovative Technologies in Science, 2016, Dubai, UAE»; Международная научно-практическая конференция «Новые строительные тренды в XXI веке», посвященной 80-летию академика НИА РК Кулибаева А.А., г. Алматы, 2017; II-я международная научно-практическая конференция по сейсмостойкому строительству, Бишкек-Иссык-Куль, 2018; Международная выставка BOOKEXP0 AMERICA 2019 (США, Нью-Йорк, 29-31 мая 2019 г.).

Внедрение результатов исследования. Результаты работы внедрены в производство ОсОО «Домостроительный сервис «Азат»» г. Бишкек, ОсОО «Элит-Строй-Сити» и ОсОО «Меркит-Курулуш» г. Ош, ОсОО «ТИНИАЛ» Республики Таджикистан, г. Худжанд, «КазНИИСА» Республики Казакстан, г. Алматы. Используются в учебном процессе КГУСТА им. Н.Исанова и МУИТ (лекции, лабораторные работы и практические занятия, выпускные квалификационные работы) при подготовке дипломированных специалистов, магистров, аспирантов по направлению «Строительство».

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

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Введение раскрывает, научно обосновывает актуальность темы, направления исследований и выделяет общие характеристики диссертационной работы. Сформулированы цели, решения проблемы исследования, научная новизна и оценка теоретической и практической значимости полученных результатов работы.

В первой главе «Современное состояние проблемы в технологии производства строительного арболита на основе древесно-растительного сырья» выполнен анализ о существующих проблемах в технологии производства и применения арболита на основе древесно-растительного сырья. 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. Важным направлением является создание эффективных способов приготовления арболитовой смеси, совершенствование процессов формования и ускорения твердения изделий, а также проработка методов снижения расхода вяжущих и повышения прочности и деформативных свойств изделий. Вопросы по созданию искусственных строительных конгломератов (ИСК), в.т.ч. и арболита из органического сырья на полимерных и минеральных вяжущих получили широкое развитие в работах Хрулева В.М. (1970-2005 гг.), Касимова И.К. (1975-2020 гг.), Батырбаева Г.А. (1976-2016 гг.), Акчабаева А.А. (1976-2020 гг.), Курдюмовой В.М. (1975-2020 гг.), Ферронской А.В. (1984-2018 гг.), Рыбьева И.А. (1980-2000 гг.), Абдыкалыкова А.А. (1986-2020 гг.), Асакуновой Т.Т. (1990-2020 гг.), Касымовой М.Т. (1990-2020 гг.), Исакулова Б.Р. (1990-2020 гг.), Тулаганова А.А. (1982-2020 гг.), Клименко М.И. (1973-2009 гг.), Баженова Ю.М. (1972-2020гг.), Мавлянова А.С. (1990-2020 гг.), Акмалаева А.А. (1990-2020 гг.), Наназашвили И.Х. (1990-2016 гг.), Солдатова Д.А. (1982-2005 гг.), Соломатова В.И. (1981-2000гг.), Удербаева К.А. (1990-2020 гг.), Кобулиева З.В. (1996-2020 гг.), и др. Названные авторы внесли огромный вклад в развитие теории и практики строительного материаловедения. Учитывая ужесточение требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий (Строительная теплотехника, СНиП КР 23-01-2013, Государственное агентство архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при правительстве КР), вызывает необходимость в резком переходе к использованию в строительстве высокоэффективных пористых теплоизоляционных материалов (ТИМ). К ним относится поризованный атмосферостойкий арболит на основе местных заполнителей растительного происхождения и минеральных вяжущих (гипс, зола ТЭЦ и др.) модифицированных полимерсиликатными добавками.

Положительные свойства арболита с использованием отходов сельскохозяйственного производства, в частности соломы злаковых, обеспечивают уменьшения расхода металла путем существенного снижения стоимости изделий из арболита в сравнении с другими стеновыми материалами.

На основании анализа научно-технической литературы сформулированы цель и задачи исследований, в основу которых в работе положена *научная гипотеза*: ускорение твердения арболита и, следовательно, усовершенствование технологии его производства без снижения качественных показателей и с повышенными экономическими показателями, возможно достигнуть путем интенсификации взаимодействия составляющих арболит компонентов в период химических и физико-химических процессов, оптимизации технологических переделов и режимов, особенно на стадии подготовительных работ, а также формированием оптимальных структур данного конгломерата.

Во второй главе «Исходное сырье и материалы, применяемые для экспериментальных исследований, методы исследований» научно обоснован выбор материалов и их характеристика, применяемых в научных исследованиях. Даны описания существующих методов исследований и методика проведения экспериментов с применением математико-статистического моделирования. В экспериментальных исследованиях в качестве растительного сырья использовались частицы соломы пшеницы, выращенных в Иссык-Кульской, Чуйской и Жалал-Абадской областях. В научных 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 завода с. Кулан-Ак Нарынской области и Сузакского района, Джалал-Абадской области. Начало схватывания гипса 6 минут, конец – 14 минут. Предел прочности его на сжатие – 4,4 МПа, на изгиб – 2,2 МПа и зола БТЭЦ, а также добавка минимум - ПЦК, природный, натуральный глиногипс (ганч). В качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толуйконского месторождения. В качестве модифицирующих добавок в минеральное вяжущее использовали: замедлитель схватывания гипса (добавки неполной соли 1-оксиэтилен-1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноломином); катализатор нитроплопериметилфосфорная кислота НПФК; ПЦК; глиногипс; жидкое натриевое стекло; пластификаторы ЛСТ, СКС; порообразователи СДБ; модифицированный отвердитель М-4 и водопроводная питьевая вода. Характеристики исходного органического сырья и материалов приведены в табл. 1, 2, 3. По природному происхождению, морфологической структуре и химическому составу стебли соломы зерновых близки к древесине (табл.1 и 2).

Таблица 1 - Сравнительные данные химического состава органических заполнителей

Органические заполнители	Химический состав, %				
	целлюлоза C ₈ H ₁₀ O ₅	лигнин C ₄ P ₁₀ O ₁₆	пентазан C ₅ H ₈ O ₄	п.п.п.	зола
Солома злаковых	50	12	20	18	1,7
Древесные отходы	41,7	21,91	16,3	-	2,8

Таблица 2 - Физико-механические характеристики растительного сырья и древесины

Свойства	Показатели свойств		
	Стебли пшеницы	Стебли риса	Древесина осины
Плотность, кг/м ³	58 - 70	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

Таблица 3 - Химический состав строительного гипса

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

В качестве активной минеральной добавки применяли золу Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ). Зола Бишкекской ТЭЦ относится к первому классу (содержание SiO₂+Al₂O₃ 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%). 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%. Средняя насыпная плотность золы составляет 800-850 кг/м³, истинная плотность 1,82-2,20 г/см³. Удельная поверхность золы составляет 2230-2250 см²/г. При получении глиногипсов в качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толуйконского месторождения. Для улучшения свойств силикатных материалов предложено модифицировать жидкое стекло

полимерами или полимеробразующими органическими добавками.

Создание полимерсиликатных систем и эффективных полимерсиликатных материалов на их основе является новым направлением в строительных технологиях и строительном материаловедении. Присутствие полимеров даже в небольших количествах заметно улучшает прочностные свойства композитов: повышается адгезия, ударопрочность, водостойкость, морозостойкость и химическая стойкость. Снижаются хрупкость, жесткость, водопроницаемость, электропроводность, теплопроводность. 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 рН) – 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 составом 80 % серной кислоты 40 % концентрации и 20 % ортофосфорной кислоты в количестве 0,5% от массы смолы. Количество смолы варьируется требуемой прочностью материала, технологическими особенностями и составляет 8-12 % от сухого веса частиц соломы. Выбор фенолформальдегидной смолы СФЖ-3066 обусловлен тем, что она достаточно хорошо испытана в производственных условиях и рекомендована санитарными органами стран СНГ для применения в строительстве. В сырьевой смеси использовалась воздухововлекающая добавка сульфатно-дрожжевая бражка, катализаторы и антипирены.

Объект исследования: технология производства арболита.

Предмет исследования: состав и структура облегченного арболита на основе соломы и местного многокомпонентного модифицированного вяжущего.

Методика выполнения экспериментальных исследований. 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 золы проводилось согласно ТУ 21-31, ГОСТ 9592. Дисперсность золы характеризуется гранулометрическим составом (ситовым анализом), удельной поверхностью по ГОСТ 310.2-76*. Содержание стеклофазы по ГОСТ 9552-76*. Истинная и насыпная плотности определялись по ГОСТ 9758-87*. 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 при увеличении от 7500 до 14000. Физико-механические свойства арболита определялись согласно ГОСТ 18105 и

ГОСТ 1922 – 84* «Арболит и изделия из него», морозостойкость по ГОСТ 10060.0-95; теплопроводность материала определялась на пяти образцах, имеющих форму пластины 300x300x20 – 50 мм по ГОСТ 7076 «Материалы строительные». Метод определения теплопроводности, плотность по ГОСТ 12730.1, прочность на сжатие по ГОСТ 10180, влажность не более 25%, и водопоглощение по ГОСТ 12730.3, морозостойкость по ГОСТ 7025. Испытания модификаторов: жидкое стекло – ГОСТ 13078, плотность 1.32 г/см³, латекс СКС, ЛСТ – ГОСТ 19564; смола полимерная малоцентрированная СФЖ – 3066 – ГОСТ 20907. При проведении испытаний использовали разрывные машины МР-05-1, пресс П-125, ПЛС-100, ДРОН-2, лазерный анализатор ЛГ-78 и др. Физико-химические анализы выполнены с использованием рентгенофазового, ИК-спектроскопического методов и РЭМ.

Методы физико-химических исследований. Фазовый состав сырьевых материалов и продуктов гидратации разработанных составов смесей были проведены рентгенографические исследования на установке ДРОН-2. Дериwатографические исследования сырьевых материалов и продуктов гидратации проведены на дериватографе ОД-102 и исследование структуры арболита выполнены в растровой электронной микроскопии (РЭМ) в институте физики НАН КР. 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 Å). 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. Для просмотра в сканирующем электронном микроскопе на изломы исследуемых образцов размером 10x20 мм напыляли слой серебра 50 Å, т.е. слой, который абсолютно не виден в этом микроскопе и не влияет на общее представление об исследуемой структуре. Фактографический анализ в РЭМ позволил дать основные положения особенностей микроструктуры арболита из соломы, не исследуемых ранее. Для оценки структурных параметров распределения наполнителя арболита применены оптические микроскопы МБС-10, МУ-2 и длиннофокусный микроскоп. Размер образцов - кубика 20x20 мм. Шлифы для микроскопических исследований готовились после пропитки образцов парафином, чтобы избежать выкрашивания и сдвига частиц.

Метод математико-статистического моделирования. Для оптимизации состава и свойств полимерсиликатно-гипсозолощелочной композиции для атмосферостойкого арболита был выполнен трехфакторный

эксперимент по плану B_3 , где варьировались три рецептурных фактора: X_1 – гипс Г-7(30 ± 5) %; – 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 предварительных исследований, обеспечивает физико-механические характеристики конструкционно-теплоизоляционного арболита, соответствующие ГОСТ 19222-84*. После реализации эксперимента по плану B_3 были рассчитаны экспериментально-статистические модели свойств конструкционно-теплоизоляционного арболита и построены их графические образы в виде номограмм

Исследование теплофизических свойств арболита. Теплотехнический расчет облегченного арболита выполнена в соответствии со СНиП 23.01-2013 КР по строительной теплотехнике. По выполненным теплотехническим расчетам установлена, толщина арболита в 0,15 м приравнивается к 0,64 м толщине глиняного обыкновенного кирпича.

Статистическая достоверность результатов работы. Методами математической статистики, разработанной для числа определений ($n > 5$), определена точность проведенных экспериментов. Достоверность результатов и значимость различий сопоставимых результатов проверена с помощью критерия Z ; по функции Лапласа.

В третьей главе «Основы теории и способы повышения технических свойств арболита с комплексными полимерсиликатными модификаторами с учетом динамики вязкопластической среды РГЗЦК» рассмотрены для атмосферостойкого облегченного арболита способы облагораживания заполнителя из растительного сырья комплексными полимерсиликатными модификаторами с учетом процесса динамики вязкопластической среды РГЗЦК при формировании. Повышенные физико-механические свойства гипсозолощелочного арболита на модифицированном 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. Пропитка полимерсиликатами представляет частный случай технологии водо- и атмосферостойкого арболита на пропитанных (модифицированных) заполнителях. В этом смысле лучшими модификаторами для заполнителя из соломы являются водорастворимые фенолформальдегидные олигомеры, образующие прочные связи в структуре соломы. Основным показателем, подтверждающим эффекты действия полимерсиликатных 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. Наиболее дефицитными в строительном комплексе Кыргызской Республики являются стеновые и теплоизоляционные материалы. Развитие производства легкого арболита на основе РГЗЦК (растительно-гипсозолощелочные композиции) из местных отходов сельскохозяйственного производства (соломы) и полимерсиликатно-гипсовых вяжущих является одним из приоритетных направлений. Применение гипса взамен цемента и соломы взамен древесного заполнителя в производстве арболита позволит ускорить твердение арболита без термообработки, сэкономить топливно-энергетические ресурсы в строительстве, обеспечить ускоренное развитие получения дешевых строительных материалов для строительного комплекса Кыргызской Республики. При разработке высокопористых композиционных материалов структуру упрочняют обычно путем применения быстротвердеющих гипсовых вяжущих материалов.

Гипсовое вяжущее обладает рядом преимуществ перед другими вяжущими: быстро схватывается, твердеет в воздушных условиях, не имеет усадки при твердении, характеризуется седиментационной устойчивостью.

Выбор гипсового вяжущего – полугидрата сульфата кальция – обусловлен также тем, что его кристаллы имеют игольчатый габитус и благодаря этому повышают прочность высокопористых композиций.

Рассмотрено движение идеальной вязкопластической среды при прессовании как самоорганизующейся поромассы в условиях плоской деформации с учетом пограничного слоя пластичности, составляющих композиции арболита. Предположим, что напряженное состояние вязкопластической среды при равенстве нулю динамического коэффициента вязкости μ подчиняется условию пластичности. Это предположение дает возможность в условиях плоской деформации движущейся пластической массы ввести на рассмотрение пять неизвестных функций:

$$X_x(x, y, t), \quad Y_y(x, y, t), \quad X_y(x, y, t), \quad v_x(x, y, t), \quad v_y(x, y, t) \quad (1)$$

- три компонента тензора напряжений и две проекции вектора скорости на оси x и y .

Исходя из известной системы уравнений, описывающей состояние движущейся идеально пластической среды (1) имеем:

$$\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} \right) + X = \frac{\partial V_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial V_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y}; \quad (2)$$

$$\frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial X_y}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} \right) + Y = \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y}; \quad (3)$$

$$(X_x - Y_y)^2 + 4X_y^2 = \sin^2 \varphi (X_x - Y_y + 2kctg\varphi)^2; \quad (4)$$

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0; \quad (5)$$

$$\frac{2X_y}{X_x - Y_y} = \frac{\left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x}\right) \pm \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y}\right) \operatorname{tg} \varphi}{\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y}\right) \pm \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial x}\right) \operatorname{tg} \varphi} \quad (6)$$

где ρ_0 – средняя плотность вязко-пластической массы, X , Y – проекции массовых сил, положительные направления которых совпадают с положительными направлениями осей координат, φ - угол внутреннего трения.

Уравнения (2) и (3) представляют собой уравнения движения среды, записанные в переменных Эйлера.

Уравнение (4) является условием пластичности Треска-Сен-Венана и выражает условие постоянства максимального касательного напряжения, равного «К».

Уравнение (5) представляет собой условие сплошности для движущейся среды (рис. 1).

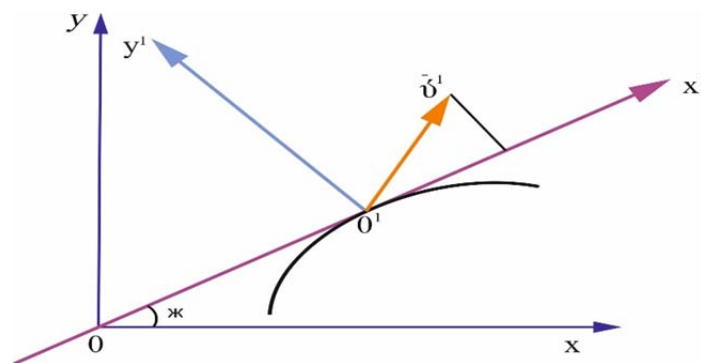


Рисунок 1 - Интерпретация уравнения (5)

Уравнение (6) выражает условие совпадения направления максимальных скоростей деформаций сдвига с направлениями линий скольжения.

При $\mu \neq 0$ и отличных от нуля скоростях движения в вязкой среде возникает дополнительная система напряжений, подчиняющаяся закону Ньютона. μ - коэффициент вязко-пластической массы. Это выражается в виде линейной скалярной зависимости между компонентами девиатора дополнительной системы напряжений и девиатора скоростей деформаций:

$$\left. \begin{aligned} X_x^{(2)} &= 2\mu \frac{\partial v_x}{\partial x}; \\ Y_y^{(2)} &= 2\mu \frac{\partial v_y}{\partial y}; \\ X_y^{(2)} &= 2\mu \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right) \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где ν - скалярный множитель, являющийся функцией координат и времени,

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

Для неустановившегося движения идеально-пластической массы введем четыре неизвестные функции χ , β , V_x , V_y , где β - угол между положительным направлением оси x и направлением главного нормального напряжения σ_1 :

$$\chi = \frac{X_x + Y_y}{2K} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2K} = \frac{p}{K}, \quad (8)$$

$$v_x = \nu \cdot \text{Cos}\alpha, \quad v_y = \nu \cdot \text{Sin}\alpha, \quad (9)$$

где α - угол между положительным направлением оси x и векторов скорости; ν - модуль вектора скорости.

Соответственно компоненты тензора напряжений принимаем:

$$\left. \begin{aligned} X_x &= K(\chi + \text{Cos}2\beta) \\ Y_y &= K(\chi - \text{Cos}2\beta) \\ \chi_y &= K \cdot \text{Sin}2\beta \end{aligned} \right\}. \quad (10)$$

Исходя из вышеизложенного,

$$\left. \begin{aligned} X_x &= p + K \cdot \text{Cos}2\beta + 2\mu \frac{\partial v_x}{\partial x}; \\ Y_y &= p - K \cdot \text{Cos}2\beta + 2\mu \frac{\partial v_y}{\partial y}; \\ X_y &= K \cdot \text{Sin}2\beta + \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right). \end{aligned} \right\}, \quad (11)$$

где p и β - новые функции компонентов тензора напряжений.

Обозначим максимальную скорость деформаций сдвига через H :

$$H = \sqrt{\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2}. \quad (12)$$

В силу коаксиальности тензоров напряжений и скоростей деформаций (6) соотношения (11) можно представить в форме:

$$\left. \begin{aligned} X_x &= p + (K + \mu H) \cdot \text{Cos}2\beta; \\ Y_y &= p - (K + \mu H) \cdot \text{Cos}2\beta; \\ X_y &= (K + \mu H) \cdot \text{Sin}2\beta. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Соотношение (13) тождественно удовлетворяет уравнению

$$\sqrt{\frac{(X_x - Y_y)^2}{4} + X_y^2} = K + \mu \cdot H. \quad (14)$$

Обозначим через ω - угол между осью и направлением максимальной главной скорости деформаций ϵ_1 . В силу условия (6)

$$\beta = \omega \pm \frac{\varphi}{2} \quad (15)$$

На основании (15) и (2) получим соотношения в форме:

$$\left. \begin{aligned} X_x^{(2)} &= \mu H \cdot \cos 2\omega; \\ Y_y^{(2)} &= -\mu H \cdot \cos 2\omega; \\ X_y^{(2)} &= \mu \cdot H \cdot \sin 2\omega, \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Таким образом, составляющая касательного напряжения на линиях скольжения, вызванная внутренним трением определяется составляющей нормального напряжения $\sigma_n^{(1)}$ и не зависит от составляющей $\sigma_n^{(2)}$, вызванной силами вязкого сопротивления вязущего, тогда полное нормальное напряжение:

$$\sigma_n = \sigma_n^{(1)} + \sigma_n^{(2)} \quad (17)$$

Полученные уравнения можно рассматривать как обобщенное условие пластичности идеальной установившейся вязкопластической среды массы РГЗЦВ.

Рассматривая какое-либо движение, введем характерные для этого движения некоторую длину L , время T и скорость V . При этом $T = \frac{L}{V}$, а

характерным ускорением будет $\frac{V^2}{L}$.

Вводим безразмерные величины:

$$\left. \begin{aligned} x &= L \cdot \bar{x}; & y &= L \cdot \bar{y}; \\ t &= T \cdot \bar{t}; & v_x &= V \cdot \bar{v}_x; & v_y &= V \cdot \bar{v}_y. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

После интегрирования систем уравнений пограничного слоя в период нарастания пластической прочности при прессовании массы РГЗК примет вид:

$$v_x = f(x, t), \quad (19)$$

где f – произвольная функция интегрирования. Подставляя в уравнение (4), получим:

$$v_y = -\frac{\partial f}{\partial x} \cdot y + g(x, t), \quad (20)$$

где g – произвольная функция интегрирования. После преобразования получаем:

$$\sigma = -\frac{1}{2} \sin 2\theta + h(x, t), \quad (21)$$

где ψ и h – произвольные функции интегрирования. $\theta = \beta - \frac{\pi}{4}$,

Таким образом, произвольные функции интегрирования f , g , ψ , h позволяют удовлетворять граничным условиям на границах слоя массы из РГК в период нарастания пластической прочности. В результате преобразований имеет вид:

$$\sigma \approx -\sqrt{fy} + \frac{1}{\xi} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot W(L - x) + \sigma_0, \quad (22)$$

где W – постоянное ускорение движущейся массы: $W = V_x = const$; σ_0 – константа интегрирования.

Подставляя в (22) для σ и отбрасывая малые величины, получаем:

$$\sigma_0 = \frac{1}{2} + \frac{2}{3} \sqrt{aW}, \quad (23)$$

где a – половина длины выбранного участка. Величина σ_0 позволяет рассчитать величину распространения с постоянной скоростью нормального давления P_n , приложенного к поверхности пластической массы «тела». Это давление равно:

$$\frac{P_n}{K} = 1 + \frac{2}{3} \sqrt{a \cdot W}. \quad (24)$$

Таким образом, получены и рассмотрены теоретические зависимости уравнений (11, 14, 17, 18, 21, 22, 24) динамики вязкопластической самоорганизующей среды массы из РГЗЦВ, находящейся в условиях плоской деформации и предложены упрощенные методы их решения с приближением к реальным условиям структурообразования высокопористой композиции. При разработке высокопористых композиционных материалов структуру упрочняют обычно путем применения быстротвердеющих гипсовых вяжущих материалов. Выбор гипсового вяжущего – полугидрата сульфата кальция – обусловлен также тем, что его кристаллы имеют игольчатый габитус и благодаря этому повышают прочность высокопористых композиций. Вполне очевидно, что прочностные свойства арболита будут зависеть от объемных концентраций твердой, жидкой и газовой фаз. Использование стереометрического метода оценки структуры определяет перспективность и целесообразность получения нового композита из РГЗЦВ и ПСД, не используя при этом цемент. Так как структура арболита является анизотропной, плоско ориентированной параллельно плоскости образца, то для определения пространственного расположения и объемных долей структурных составляющих достаточно исследований продольных и поперечных сечений. Микрофотография среза, протравленная парафином, представлена на рис. 2.

Для определения объемных долей структурных составляющих применен точечный метод полей А.А. Глаголева. Так как число структурных составляющих больше двух, определено отдельно числа узловых точек, попавших на каждую из составляющих в отдельности. Эти числа, отнесенные к их сумме, показали объемную долю каждой из структурных составляющих наполнителя. В соответствии с рисунками структура излома рис. 3 просмотрена в полях зрения с использованием окулярной сетки с 25-ю узловыми точками.

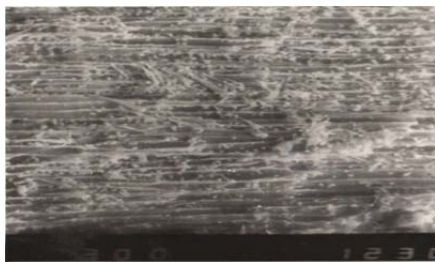


Рисунок 2 - Поверхность среза арболита плотностью 600кг/м³, Травление серебра (увеличена в 300 раз)



Рисунок 3 - Микрофотография излома протравленная парафином вдоль ориентации частиц наполнителя (увеличена в 300 раз)

Микрофотографии изломов образцов арболита 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 представлены на рис. 4 и 5. На рис. 5. представлена микрофотография излома в поперечном разрезе исследуемого образца, где видны доли структурных составляющих в объемном соотношении, их равномерная ориентация и упрессованность в разрезе. Таким образом, применяя современную оптическую аппаратуру для фотографирования поверхностей излома и среза с числом трех структурных составляющих наполнителя композиционного материала, мы определили оптимальные объемные доли каждой составляющей в структуре композита и установлено, что частицы исследуемых образцов арболита как при изломе, так и в плоскости среза равномерно распределены в структуре арболита и показывают хорошую перемешиваемость со связующим в конгломерате.

На рис. 5 достаточно хорошо представлено равномерное и плотное прилегание частиц друг к другу с включением клеевого связующего, обеспечивающего равномерность адгезии к поверхности наполнителя.



Рисунок 4 - Микрофотография «излома» образца арболита с окраской каждого вида наполнителя в поперечном разрезе

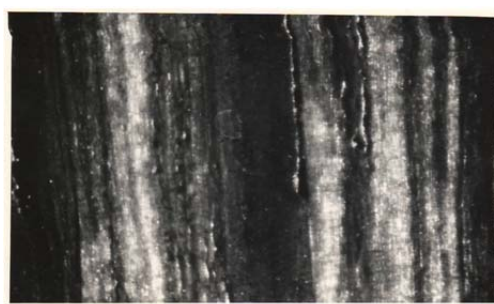


Рисунок 5 - Поверхность «излома» образца арболита с ориентацией частиц в продольном направлении. (увеличена в 1000раз)

На рис. 6. представлена довольно однородная структура арболита с крупными порами 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. На рис. 7 видно, как мелкие частицы (шарики) заполняют поры, которые в противном случае, оставались бы слабым местом материала при разрушении. Введение в композицию пористых органических полимерных пластифицирующих добавок и неорганических – жидкого натриевого стекла – дает возможность снизить коэффициент теплопроводности арболита до 0,08 Вт/м·К, а также существенно повысить деформативность арболита, что позволяет использовать демпферный эффект и дополнительные внутренние резервы стенового материала в домостроении.



Рисунок 6 - Поверхность «излома» образца арболита с крупными порами между частицами (увеличена в 1000раз)

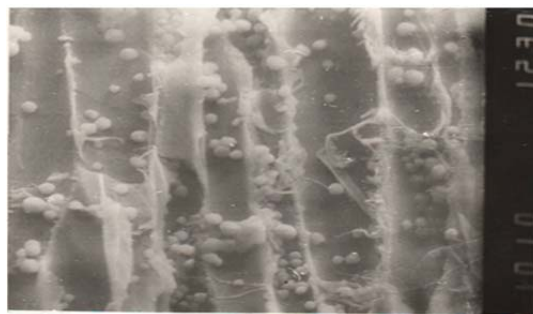


Рисунок 7 - Поверхность «среза» образца арболита с мелкими частицами – шариками (увеличена в 1000 раз)

Установлен фазовый состав новообразований, возникающих в процессе твердения РВК на основе гипса, золы и пластифицирующих полимерных добавок. Установлено, что применение полимерсиликатно-пластифицирующей композиции для минерализации заполнителя из соломы повысит прочность контакта заполнителя с гипсозольным вяжущим, а также прочность поризованного арболита (до 5 МПа), морозостойкость (до 30-50 циклов). Изыскание способов ускорения процессов твердения; формированию оптимальной структуры арболита путем совершенствования технологических пределов его производства, определяющих качество с применением полимерно-пластифицирующих модификаторов. Учитывая, что водостойкая малоконцентрированная полимерная смола СФЖ-3066 в присутствии катализатора подвергается процессу поликонденсации с образованием полимеризованных частиц, для наиболее полного протекания процесса схватывания композиции необходимо подобрать такой режим твердения, который обеспечивает совпадение сроков схватывания гипсозольного вяжущего и времени поликонденсации полимерной смолы СФЖ-3066. Согласно теории композитов, в полимерных наполненных композициях

формируются кластерные структуры – агрегаты частиц, объединенных связующим, связанных поверхностными силами. Когда связующим служит полимер, его молекулы ориентируются в силовом поле заполнителя, а это в несколько раз повышает прочность связи между частицами заполнителя. При измельчении соломы происходит механическая активизация, возникновение новых поверхностей, имеющих активные реакционно способные центры. При формировании структуры РВК адсорбция полимера происходит преимущественно на активных участках поверхности заполнителя. В модифицированных гипсо-зольных вяжущих для повышения количества новообразований сначала в коллоидной, а затем в кристаллической форме необходимо обогатить фазовый состав веществами, содержащими стеклофазу и способными реагировать в щелочной среде с активной частью золы. Совершенно очевидно, что переход процесса фазовой активизации в стадию твердения с участием кристаллических новообразований обеспечит получение на основе гипса и золы с добавками вяжущих прочного искусственного камня. Гипс и зола, активированная цементом до 3 %, глиногипсом до 2 %, и натриевым жидким стеклом с ПСД при хранении при комнатной температуре в умеренно-влажных условиях обеспечивает твердение искусственного камня и приводит к упрочнению 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 совместно с щелочным компонентом способствует образованию более прочного сростка, т.е. на основе малоизвестковых зол и гипса возможно получение гипсо-зольнощелочных вяжущих. Для обеспечения контакта клея (связующего) с поверхностью сечки соломы, при котором между ними появляются силы взаимодействия, клей должен обладать хорошей смачивающей способностью. С точки зрения термодинамики причина хорошего смачивания адгезивом (клеем) поверхности субстрата – уменьшение свободной энергии на границе их раздела (взаимодействие жидкой и твердой фаз на границе их раздела). Обычно адгезия жидкости оценивается работой (W_a), которую надо затратить для отрыва жидкости от твердой поверхности, т.е. для восстановления исходного состояния контактируемых «тел». Контакт жидкости с твердой поверхностью осуществляется на различной площади, поэтому работу адгезии композита необходимо относить к единице площади контакта. Взаимодействие между твердой и жидкой фазой распространяется на небольшое расстояние вглубь жидкости от поверхности твердого тела (поверхности сечки); адгезионное взаимодействие ослабевает, уступая когезионному, т.е. взаимодействию между молекулами жидкости. Работа (W_a) которая определяет взаимодействие жидкости с частицами композита, для разъединения контактирующих тел, равна работе адгезии W_a , умноженной на площадь соприкосновения с твердым телом (S):

$$W = W_a \cdot S. \quad (25)$$

На рис. 8 представлена схема, для установления зависимости поверхностного натяжения жидкого клея от различного объема капли краевого угла клея «Q».

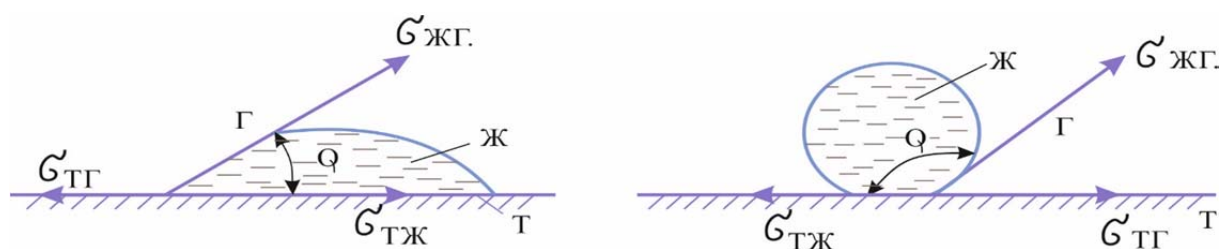


Рисунок 8 - Объем клея (Ж), нанесенного на поверхность твердой частицы (Т) на границе раздела (Г)

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). Зависимость равновесного краевого угла Q от поверхностных на границе раздела фаз, участвующих в смачивании описывается уравнением Юнга:

$$\cos Q = \frac{\sigma_{тг} - \sigma_{тж}}{\sigma_{жг}}, \quad (26)$$

Работа же адгезии вычисляется по уравнению (32), используя косвенный путь

$$W_a = \sigma_{жг} (1 + \cos Q), \quad (27)$$

где $\sigma_{жг}$ – поверхностное натяжение жидкого клея; Q – краевой угол.

Работа адгезии всегда положительна, поскольку между телами любой природы всегда действуют силы молекулярного притяжения. Для определения равновесного краевого угла чаще ограничиваются использованием только работы адгезии W_a или:

$$\cos Q = (W_a - \sigma_{жг}) / \sigma_{жг}, \quad (28)$$

Преимущество уравнения (27) 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. В работе использован центробежный метод, который основан на отрыве частиц при вращении испытываемого образца вокруг вертикальной или горизонтальной оси. Силы отрыва частиц F при вращательном движении удобно выражать через угловую скорость:

$$F = m \cdot a = m \cdot \omega^2 \cdot R, \quad (29)$$

где m – масса тела; 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:

$$F_{отр} = V \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot x, \quad (30)$$

где $w = \frac{2\pi \cdot n}{60}$, (31)

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:

$$\frac{\Delta F}{F} \cdot 100\% = \left(3 \frac{\Delta d}{d} + 2 \frac{\Delta n}{n}\right) \cdot 100\%, \quad (32)$$

где Δd , Δn – значения диаметра частиц и числа оборотов центрифуги.

Получаемая адгезионная прочность при испытании образцов может быть принята как усредненная величина сцепления частиц наполнителя. Результаты испытаний и вид адгезионного отрыва соединения приведены в табл. 4.

Как показали исследования величина деформации растяжения при отрыве (до момента разрушения) пропорциональна отрывающему усилию. 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. По результатам испытаний были определены силы отрыва по формуле (30). Среднестатистическая величина силы отрыва составила - 177 Н. Надежность сцепления наполнителя в арболите на границе «раздела» фаз (Ж, Т и Г) характеризуется способностью частиц соломы сопротивляться к действию

Таблица 4 - Характер адгезионного отрыва частиц соединения

№, образцов	Площадь склеиваемой поверхности S, %	Отрывающее усилие, Н	Величина предельной растяжимости адгезионного соединения, мкм	Адгезионная прочность, МПа	Характер отрыва адгезионного соединения
1	78-80	195	37	0,338	Смешанный
2	75-82	197	39	0,341	Адгезионный
3	59-72	172	32	0,318	Смешанный
4	52-70	168	28	0,294	Адгезионный
5	70-80	186	36	0,325	Когезионный

касательных напряжений (τ), т.е. адгезионной прочности клеевого шва на границе раздела. Полученные данные табл. 4. подтверждают результативность эксперимента и соответствие показателей адгезионной прочности арболита аналоговым композитам. Введение в состав арболитовой полимерной смеси СФЖ-3066 совместно с жидким натриевым стеклом в соотношении 1,0:0,6 (при общем количестве фенолформальдегидной смолы 8-12 %) позволит повысить прочность арболита на сжатие до 5 Мпа (при расходе вяжущего на марку 25) и снизить водопоглощение. Гипс достаточно хорошо коьматрирует поры сечки соломы и обеспечивает высокую адгезионную прочность к полимерсиликатной композиции с пластификаторами (рис. 9). 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. Основным по формированию структуры и свойств является процесс взаимодействия жидкого стекла с полимерными добавками в присутствии наполнителя. Самостоятельно жидкое стекло твердеет на воздухе от нескольких часов до суток. 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. Однако это не может быть твердением, потому что образовавшиеся продукты - пленки, прослойки, включения между зернами наполнителя обладают высокой эластичностью.

Введение в состав арболитовой полимерной смеси СФЖ-3066 (6-8 %) совместно с жидким натриевым стеклом в соотношении 1,0:0,6 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 воздействиях. Все это обуславливает повышение прочности арболита на сжатие (рис. 9, а) и снижение водопоглощения (рис. 9, б) образцов арболита

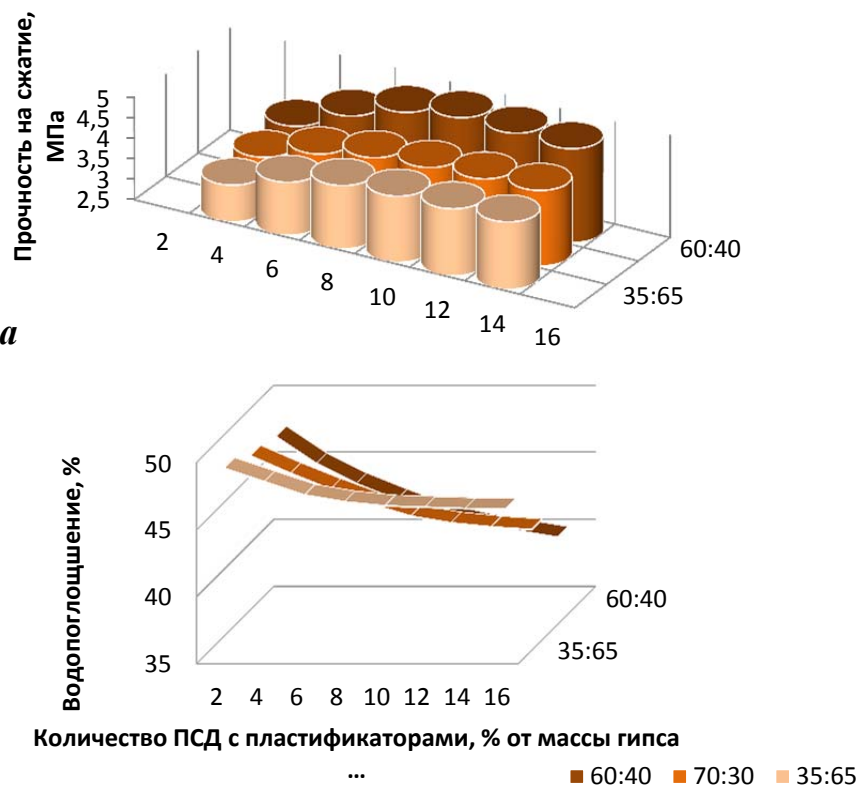


Рисунок 9 - Факторы, влияющие на прочность (а) и водопоглощение (б) при нормальном режиме твердения при различном содержании полимерных добавок и жидкого стекла ПСД (при различном их соотношении)

Кроме того, улучшаются 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. 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. Полимерные добавки совместно с жидким стеклом и пластификаторами повышают гидрофобность арболита, так как при увлажнении частицы полимера набухают, плотно закупоривая поры и препятствуя дальнейшему прониканию влаги. Исследования показали, что полимерные добавки позволили не только снизить водопоглощение, но и значительно повысить стойкость образцов арболита к попеременному увлажнению и высыханию.

В четвертой главе «Технология модифицированного облегченного арболита для стеновых блоков на эффективных способах подготовки растительного наполнителя» разработаны рациональные технологические параметры подготовки сырьевых компонентов в производстве модифицированного легкого арболита. Оптимизирован состав и свойства атмосферостойкого арболита с заданными свойствами методом математикостатистического моделирования эксперимента. Разработана рациональная технология модифицированного арболита на основе РВК.

Специфическое усиливающее взаимодействие между наполнителем и полимерным связующим-матрицей в процессе технологических переделов создает синергетический эффект – новое качество материала, не повторяющее свойства исходных компонентов. В композициях, проходящих стадии перемешивания, уплотнения, термообработки, происходят процессы самоорганизации структуры, характерные для кластерных систем, обусловленные избытком свободной поверхностной энергии дисперсных частиц. Результаты исследований показали, что использование новейших производственных технологий и перспективных связующих, улучшающих процессы структурообразования композитов из растительного сырья, в частности, полимерного связующего на основе смолы СФЖ-3066 и др. смол обеспечивают структурную прочность и влагостойкость РВК. Отсутствие или минимальное содержание свободного формальдегида в смолах позволяет получить безопасные конструкционно-теплоизоляционные композиты с заданной структурой.

Технологические и структурообразующие добавки включают растворители, пластификаторы, модификаторы. Количество полимерного связующего в РВК варьировалось в пределах 6-8 % от массы заполнителя с целью достижения наиболее полного смачивания поверхности наполнителя (соломы) и соответственно получения максимально возможной для такой композиции прочности при минимальной плотности и, безусловно, негорючести. Состав РВК позволил исключить из технологического процесса операцию сушки, сократить продолжительность цикла и сделать технологию менее энергоемкой, чем при использовании не модифицированных вяжущих.

Технология приготовления РГЗЦВК включает: измельчение соломы до фракции 40...50мм; смачивание растительного заполнителя жидким натриевым стеклом, подсушка, смешение обработанного заполнителя с полимерной водостойкой смолой СФЖ с добавкой латекса и ЛСТ. Далее в смеситель подается гипс, зола, ПЦК, глиногипс(ганч) и нитроплопериметил и СДБ, вода.

Перемешивание и подача массы на подпрессовку в формы. Оптимальное соотношение, компонентов из растительного сырья ПСГЗЦ вяжущей композиции для приготовления поризованного арболита, масс. %: солома – 25-35, 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; жидкое натриевое стекло 12; пластификаторы ЛСТ -0,15, СКС – 0,2, СДБ – 0,15; модифицированный отвердитель М-4 -0,5 и остальное вода. В результате модификации РВК полимерами путем совмещения с жидким натриевым стеклом позволяет существенно изменить не только вязкость композиции по ВЗ-4 и величину поверхностного натяжения, но и создать условия для повышения адгезионной способности органического наполнителя и золы к латексной композиции. Подготовка модификатора и пластификатора (ЛСТ, СКС) осуществляется путем разбавления полимера СФЖ-3066 водой до условной вязкости 13-15 с. по вискозиметру ВЗ-4 при 20°С. Далее отдозированный заполнитель полагается в смеситель, сюда же, через дозатор, подается раствор модификатора с пластификатором. Повышение прочности арболита с полимерной добавкой, обуславливается повышением адгезии между компонентами системы, увеличением контактной зоны, а главное – повышением эластичности клеевых швов (между структурными элементами арболита), деформация которых позволяет компенсировать объемные деформации растительного заполнителя. Гипс достаточно хорошо кульматирует поры сечки соломы и обеспечивает высокую адгезионную прочность к полимерсиликатной композиции с пластификаторами до 5 Мпа.

Значительное повышение предела прочности арболита на сжатие при введении полимерных добавок, повышающих эластичность клеевых швов (растворной части), свидетельствует косвенно о возможности развития в твердеющем арболите без полимерных добавок, вследствие объемных влажностных деформаций растительного заполнителя, деструкционных процессов.

По результатам исследований предложен эффективный способ комплексной подготовки органозаполнителя (сечка соломы) путем предварительного смачивания поверхности частиц его жидким стеклом и полимернопластифицирующей композицией. Оптимизация состава и свойств РВК проведена методом экспериментально-статистического моделирования.

Проведен трехфакторный эксперимент по плану V_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 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) ≥ 550 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. После реализации эксперимента по плану V_3 были рассчитаны экспериментально-статистические модели свойств конструкционно-теплоизоляционного арболита (33-35):

$$Y_1 (R^{3сут}_{сж}) = 0,76 + 1,57 x_1 + 0,11 x_1^2 + 0,25 x_1 x_2 + 1,17 x_2 - 0,09 x_3^2 + 0,5 x_3 - 1,86 x_3^2 \quad (33)$$

$$Y_2 (R^{28сут}_{сж}) = 3,84 + 2,51 x_1 + 0,31 x_1^2 + 0,46 x_1 x_2 + 0,46 x_1 x_3 + 1,94 x_2 + 0,16 x_2^2 + 0,39 x_2 x_3 + 1,12 x_3 + 0,06 x_3^2 \quad (34)$$

$$Y_3 (\rho) = 602 + 29 x_1 + 21,9 x_2 + 13,3 x_3 - 1,0 x_2 x_3 \quad (35)$$

Результаты экспериментальных исследований показали. Что полученный материал по марке прочности можно отнести к конструкционному типу М 25 к классу прочности В1,5 и В2, где плотность может меняться в пределах 550-650 кг/м³. На протекание обменно-поглодительных реакций в системе гипс-зола-вода оказывает влияние рН среды. Известно, что с повышением показателя рН водного раствора до 10-12 создаются благоприятные условия для протекания ионного обмена между тонкодисперсными частицами компонента и

положительно заряженными ионами, находящимися в водном растворе (рис. 10).

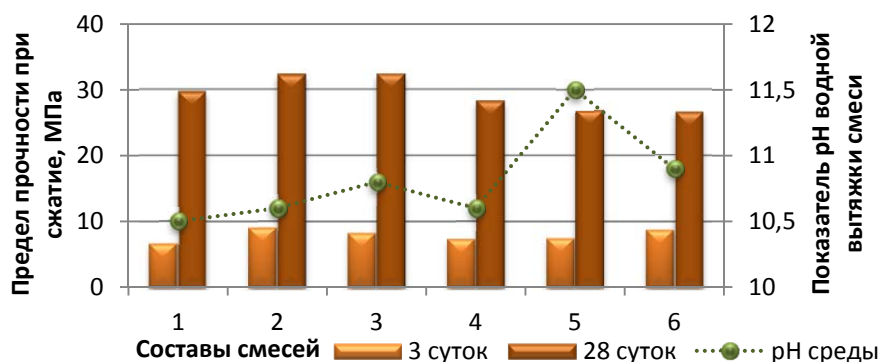


Рисунок 10 - Влияние составов смесей на pH водной вытяжки золощелочной смеси

Из рис. 10 видно, что показатели прочности значительно выше у композиционных материалов 28-суточного возраста. Однако с уменьшением прочности с 4,2 до 3,2 МПа pH водной вытяжки возрастает до 11,5.

Зависимости влияния добавки МС на pH водной вытяжки золощелочной смеси и на прочность золосодержащего вяжущего приведены на рис. 11 и 12.

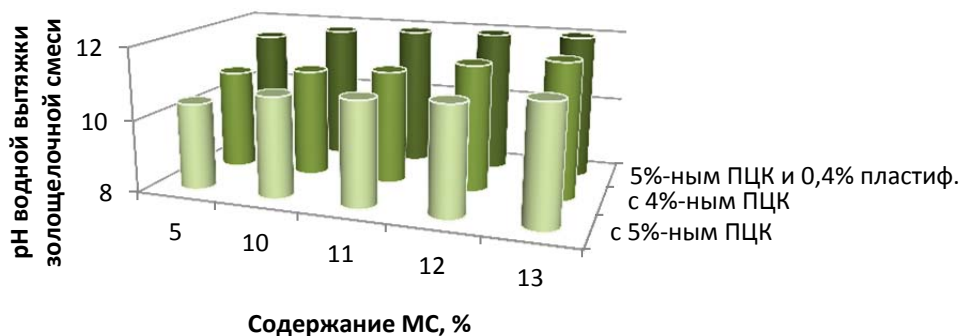


Рисунок 11 - Влияние добавки МС на pH водной вытяжки золощелочной смеси

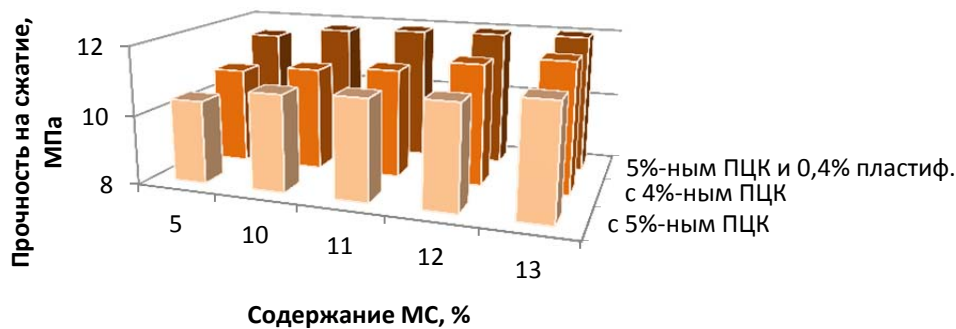


Рисунок 12 - Влияние добавки МС на прочность золосодержащего вяжущего

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. 11, 12). 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.

Определялись сроки схватывания гипсо-золощелочных вяжущих при содержании различного количества модификаторов смеси (рис. 13). Нормальная густота (НГ) составляет 28...32 %. 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 (МС) до 12,5% наблюдается более равномерное твердение.

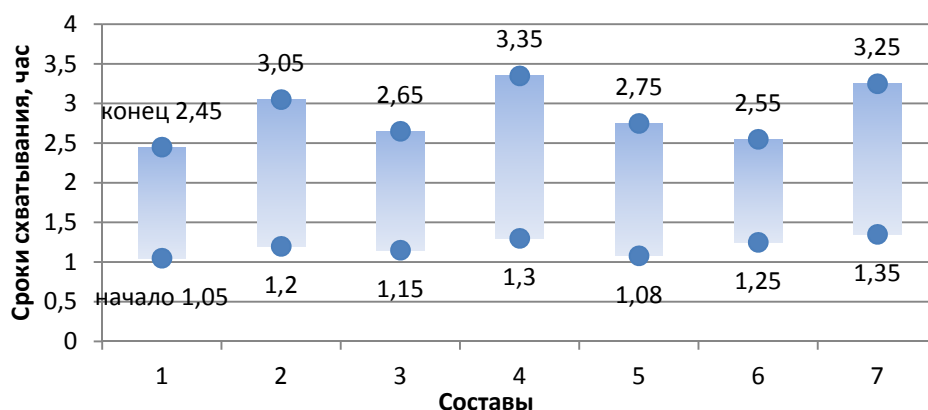


Рисунок 13 - Сроки схватывания гипсо-золощелочных вяжущих композиций (среднестатистические данные)

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. Кинетика изменения прочности вяжущих с содержанием 11-12% МС показывает, что при длительном хранении прочность образцов повышается как после ТВО, так и при нормальном воздушном твердении. Образцы при

воздушном хранении имеют прочность выше 4,2 МПа, а при водном хранении - 3,6-3,7 МПа.

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.

Рациональная технология модифицированного арболита на основе растительно-гипсозолощелочной композиции. В соответствии с рис. 14 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 сомола с жидким стеклом, полимерная смола разбавленной с водой, катализатор, и пластификаторы. Смесь равномерно перемешивается в течении 3-5 минут, затем модифицированный наполнитель подвергается подсушке при температуре 20-30°C необходимой для отверждения полимера с катализатором на поверхности частиц наполнителя в течении 1.5-2 часов, либо в течении 24-х часов при нормальных условиях. В бункер 4- подается гипс Г-7, замедлитель схватывания гипса и вместе смешивается. Далее облагороженный, модифицированный наполнитель направляется в бункер 5, сюда же подают отдозированное количество гипса с замедлителем твердения, золы, ПЦК, глиногипс (гажа), пенообразователь СДБ и отвердитель М4 где происходит перемешивание всех компонентов с водой в течение 3 минут. Чтобы сохранить эффект тепловой изоляции, обеспечиваемый наполнителем, 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 3,2 МПа при плотности $\rho \approx 550-650$ 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°C. 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.

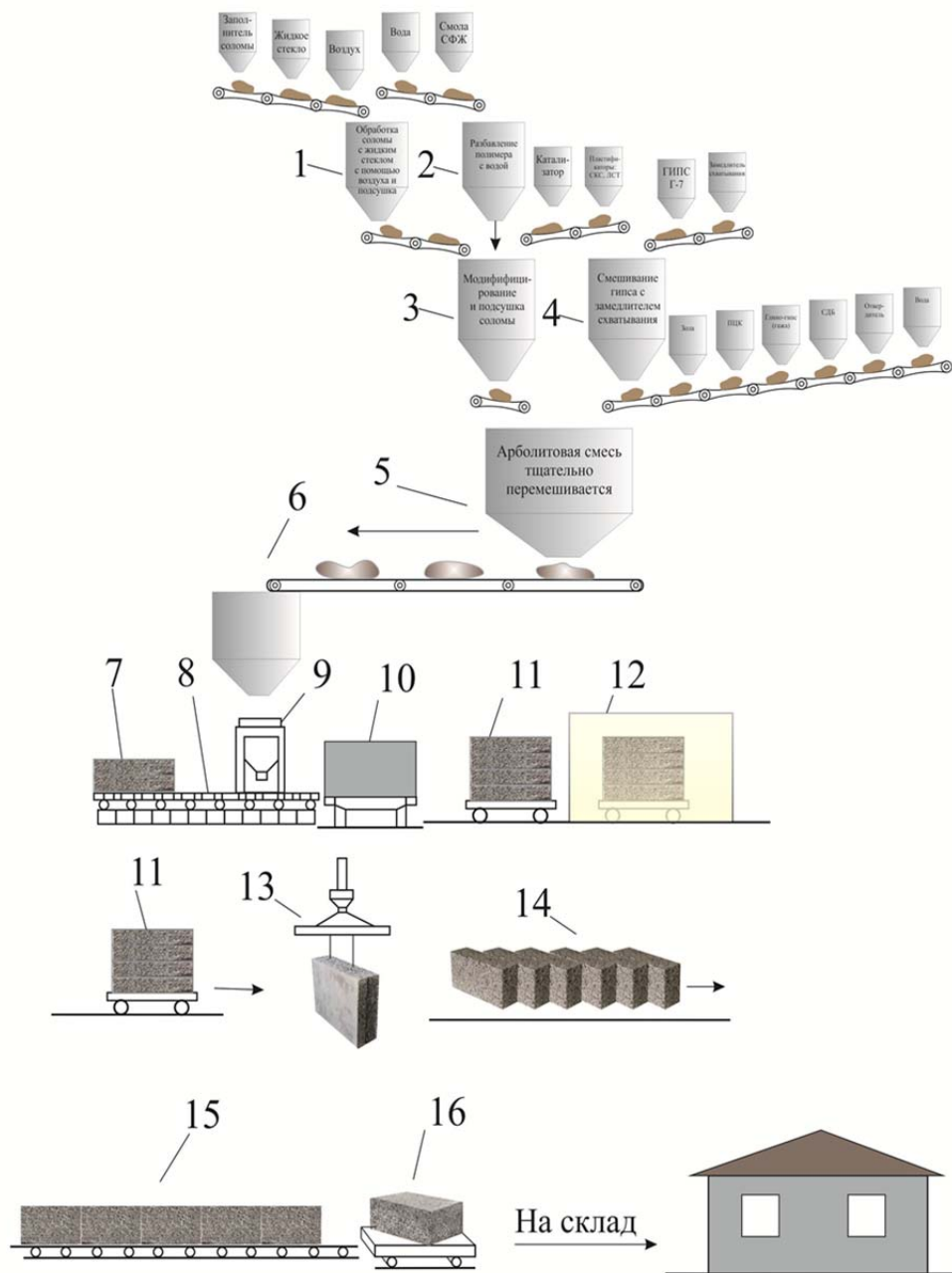


Рисунок 14 - Технологический процесс производства атмосферостойких арболитовых блоков, из растительного сырья по предложенной технологии: 1-обработка соломы с жидким стеклом с подсушкой; 2- разбавление полимера с водой; 3-модифицирование соломы; 4- смешивание гипса с замедлителем схватывания; 5- приготвление арболитовой смеси; 6-арболитораздатчик; 7- формы; 8- роликовый транспортер, 9- вибро пресс; 10- распалубка на платформе; 11-подающий роликовый транспортер готовых блоков; 12- сушка; 13 сьем готовых блоков; 14- отделка и упаковка блоков; 15- роликовый транспортер с готовыми блоками; 16-отправка на склад арболитовых блоков

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 (добавки неполной соли 1- оксиэтилден - 1,1- дифосфоновой кислоты с триэтаноломином) - 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. В результате исследований определены новые компоненты для получения облегченного арболита; установлена возможность для облагораживания органозаполнителя (соломы), совмещение трех полимеробразующих соединений, взаимодействующих с жидким стеклом (водорастворимые силикаты натрия и калия) по различным схемам. В результате выявлены усиливающие эффекты в системе: «наполнитель – силикатный коллоид (кремгель) – полимерные добавки». Теоретически обосновано и экспериментально доказана возможность получения атмосферостойкого арболита (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 облегченного арболита на основе частиц соломы с минерализацией их полимерсиликатной пленкой и гипсозолощелочного вяжущего, что позволяет повысить эксплуатационные свойства материала. Способ подготовки органозаполнителя из растительного сырья с последующим нанесением модифицированной полимерсиликатной защитной композицией и с целью нейтрализации заполнителя от редуцирующих веществ путем комплексной обработки гипсозолощелочным вяжущим обеспечивает надежную консервацию атмосферостойкой композиции. Положительной особенностью соломы, как заполнителя арболита с предварительным нанесением на него атмосферостойкой полимерсиликатной пленки, является его формостабильность, постоянство контакта поверхности частиц с плёнкой, поэтому при влажностных воздействиях заполнитель практически не разбухает. Физико-механические свойства опытных образцов атмосферостойкого арболита из разработанной смесевой композиции приведены в табл. 5.

Таблица 5 - 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, $R_{сж}^{28}$	МПа	2,8 - 3,6	3,2 - 4,2
3.	Предел прочности при изгибе, $R_{изг}^{28}$	МПа	1,1 - 2,4	1,8 - 3,0
4.	Водопоглощение	%	30 - 80	35 - 45
5.	Коэффициент теплопроводности	Вт/м·К	0,1 - 0,16	0,09 - 0,12
6.	Морозостойкость,	цикл	25-50	30-50
7.	Биостойкость		биостойкие	биостойкие
8.	Огнестойкость		трудногораемые	трудногораемые

Пятая глава «Исследование повышения прочности и стойкости модифицированного атмосферостойкого облегченного арболита к циклическим влагопеременным воздействиям» посвящена исследованию повышения прочности и стойкости модифицированного атмосферостойкого облегченного арболита к циклическим влагопеременным воздействиям, снижению влажностных деформаций растительного заполнителя из соломы в композите, а также изучению гидрофизических свойств модифицированной композиции облегченного арболита атмосферостойкого 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. 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 в специальном оборудовании и высушиванию до постоянной массы при температуре 80⁰С. Всего было проведено 30 циклов. Атмосферостойкость оценивали изменением прочности при сжатии. С увеличением плотности арболита и ПСД водопоглощение резко сокращается и зависит от расхода ПСГЗЩВ, так как вяжущее, обволакивая частицы соломы,

сокращает поглощение ее водой. По морозостойкости поризованный арболит из разработанных составов относится к Мрз 30-50. Полимерсиликатная пленка на поверхности частиц в атмосферостойком арболите затрудняет проход влаги в солому и развитие влажностных деформаций. 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. Нагреваемый же полимер в арболите дополнительно структурируется и становится менее восприимчивым к действию влаги. Предел прочности арболита на сжатие снижается до 2 %.

На эксплуатационные свойства модифицированного арболита (морозостойкость, атмосферостойкость) для стеновых блоков оказывает влияние водопоглощение арболита, которое зависит от его плотности (табл. 6,7)

Таблица 6 – Результаты циклических испытаний образцов арболита на морозостойкость

№ состава	Начальная прочность $R_{сжс}$, МПа	Прочность контрольных образцов $R_{сжс}$, МПа	Прочность после испытания $R_{сжс}$, 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

При проверке действия повышенных температур образцы модифицированного арболита размером 20x20x20 мм после кондиционирования при $t=20^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности до 60 % испытывали

Таблица 7 – Результаты циклического увлажнения и высушивания образцов арболита

№ состава	Начальная прочность $R_{нач}$, МПа	Прочность после испытания, МПа		$R_{30}/R_{нач}$	$R_{50}/R_{нач}$
		30 циклов	50 циклов		
1	3,41	3,11	3,06	1,03	1,04
2	3,59	3,49	3,45	1,03	1,04
3	3,98	3,88	3,83	1,02	1,03
4	4,22	4,12	4,07	1,02	1,03

на прочность при сжатии и водопоглощении. Уменьшение водопоглощения модифицированного арболита после их термической обработки в течение 10 суток объясняется известным свойством целлюлозы снижать свои адсорбционные свойства при нагревании.

В шестой главе «Производственное внедрение облегченного арболита и его технико-экономическая эффективность результатов исследований» рассмотрена технико-экономическая эффективность результатов исследований.

Разработанная 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 вяжущего, что экономит энергоресурсы и сокращает трудоемкость изготовления изделий из модифицированного облегченного арболита. Использование соломы пшеницы также позволяет улучшить экологическую обстановку за счет утилизации сельскохозяйственных отходов, расширить номенклатуру эффективных и экономичных строительных материалов. Использование местного вяжущего гипса обеспечивает повышения плотности и температуростойкости облегченных арболитовых блоков и плит.

В производственных условиях предприятий стройиндустрии КР в г. Бишкек, ОсОО «Домостроительный сервис» «Азат», ОсОО «Шерой», в г. Ош, ОсОО «Элит-Строй-Сити» и ОсОО «Меркит-Курулуш», в г. Худжанд, Республика Таджикистан, ОсОО «Тиниал» по предложенному составу сырьевой смеси и технологии выпуска арболита изготовлены опытно-промышленные партии стеновых блоков из облегченного арболита размерами: 100x100x20 см; 100x100x40 см; 20x20x40 см; 20x25x50 см.

Результаты испытаний показали, что стеновые легкие арболитовые блоки на основе разработанного гипсозольнощелочного вяжущего вещества с полимерными добавками по ГОСТ 19222-84* «Арболит и изделия из него» относятся к конструкционным, т.е. как блоки класса В 2.0 и В 2.5 могут быть использованы при возведении 2-х и 3-х этажных строений. А арболитовые панели с плотностью 560 кг/м³ могут быть использованы как теплоизоляционные, так и конструкционные материалы (табл. 8, 9).

Таблица 8 - Строительно-технические и эксплуатационные свойства стеновых блоков из арболита в ОсОО «Азат»

Изделия	Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа,	Морозостойкость, циклы	Вид изделия	Класс по ГОСТ 19222-84*
Стеновые блоки	560-680	3,4-4,8	40-50	конструкционные	В1,5; В2; В2,5
Панели	450-520	1,6-2,6	30-40	теплоизоляционные	В0,75;В1,0;

Таблица 9 - Строительно-технические и эксплуатационные свойства стеновых блоков из арболита в ОсОО «Элит-Строй-Сити» и ОсОО «Меркит-Курулуш»

Свойства	Ед. измерения	Основные показатели полученных образцов арболита	
		в лабор. условиях	в произв. условиях
Плотность	кг/м ³	600-650	550-620
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 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 составляет:

$$\Xi = (4641,14 - 3705,00) \cdot 1000 = 936140 \text{ сом/год},$$

т.е. экономия с каждого 1 м³ атмосферостойкого облегченного арболита из растительного сырья соломы составляет 936,14 сом.

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), 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 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 мало-концентрированной 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 полимерсиликатно-гипсозолощелочную (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.

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 - окси-этилен - 1,1-дифосфоновой кислоты с триэтаноламином) - 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. 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 $F_{omp} = 177$ Н. Адгезия гипса к заполнителю и прочность материала на сжатие, как основные показатели качества арболита, выше в 1,5

раза у образцов с наполнителем, поверхность которого модифицирована полимерсиликатными добавками.

7. Впервые для атмосферостойкого облегченного арболита из модифицированной РГК 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 энергоресурсосберегающая технология атмосферостойкого арболита на основе растительного наполнителя (соломы) и способы модификации его ПСД с использованием и местного минерального вяжущего – гипса и золы.

На основе экспериментально математических моделей и зависимостей, 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 наполнителя, 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 0,11-0,12 (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 подтверждена целесообразность практической реализации по организации выпуска этого нового ресурсо-энергосберегающего эффективного материала для строительного комплекса в Кыргызской Республике, 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 «Меркит-Курулуш», в г. Худжанд Республики Таджикистан ОсОО «Тиниал», в г. Алматы Республики Казахстан АО «КазНИИСА» 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 1000 м³ арболита на основе РГЗШВК для стеновых блоков, при сравнении его с аналогами, по расчетным данным составляет 936140 сом в год, или экономия с каждого 1 м³ облегченного арболита из растительного сырья составит 936,14 сом.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Матыева, А.К.** Оптимизация состава целлюлозосодержащего арболита на основе полимерсиликатной композиции [Текст] / А.К.Матыева // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2009. – № 1. – Т. 9. – С. 91-95.

- <http://elibrary.ru/item.asp?id=13572992>.

2. **Матыева, А.К.** Интенсификация процессов производства арболита на минеральных вяжущих [Текст] / А.К.Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2010. – Вып. 4(30). – С.15-19.

- <http://arch.kyrlibnet.kg/?&npage=view&nadd=5697>.

3. Курдюмова, В.М. Полимерсиликатные системы в производстве арболита на основе растительно-гипсовой композиции (РГК) [Текст] / В.М. Курдюмова, **А.К. Матыева** // Труды международной научной конференции «Рахматулинские чтения». – Бишкек: НАН КР, КГУСТА, КГТУ, МУИТ, 2011. - С.172-176.

4. **Матыева, А.К.** Математическое моделирование по оптимизации состава и свойств арболита на полимерсиликатно-гипсовой композиции (ПСГК) [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2011. – Вып. 2(32). – Том 1. - С. 138-141. - <http://elibrary.ru/item.asp?id=22767529>

5. **Матыева, А.К.** Термодинамический анализ структуры модифицированного арболита из местного сырья [Текст] / А.К. Матыева, П.Г. Морозов, Д.Е. Назаров // Современные техника и технологии в научных исследованиях. Международный научно-исследовательский центр. – Бишкек: ГПНСРАН, 2012. - С.159-163.

- http://www.gdir.kg/files/event/youth_conference/B52012.pdf.

6. **Матыева, А.К.** Энергосберегающие материалы для строительных конструкций пассивных домов в условиях Кыргызстана [Текст] / А.К. Матыева // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2012. - №1. - С.70-73.

7. **Матыева, А.К.** Полимерсиликатно-гипсовое связующее (ПСГС) в составе органокомпозитов из растительного сырья [Текст] / А.К. Матыева // Труды международной научно-технической конференции «Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве». - Харьков, 2012. - С.40-45.

- <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/454/452>.

8. Курдюмова, В.М. Синергетический эффект при комплексном применении полимерсиликатно - пластифицирующих добавок (ПСПД) в производстве арболита [Текст] / В.М. Курдюмова, **А.К. Матыева** // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2012. – Вып. 3(37). – С.47-50.
- <http://elibrary.ru/item.asp?id=23788461>.
9. **Матыева, А.К.** Энергоэффективные строительные блоки из облегченного поризованного полимеркомпозита [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2012. – Вып. 3(37). - С.33-37.
- <https://elibrary.ru/item.asp?id=23788458>.
10. Рекомендации по проектированию и расчету ограждающих комбинированных конструкций зданий из местного материала [Текст]: учебное пособие / В.М. Курдюмова, Л.В. Ильченко, **А.К. Матыева** и др. – Бишкек: КГУСТА, Госархстройнадзор, 2012. – 49 с.
11. Мунтянова, О.Н. Повышение атмосферостойкости арболита на основе гипсозолощелочного вяжущего и модифицированного органозаполнителя [Текст] / О.Н. Мунтянова, Е.В. Аксененко, **А.К. Матыева** // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2013. - №1 (2). – С.142-146.
12. **Матыева, А.К.** Физико-механические свойства органического сырья КР для производства золощелочного арболита [Текст] / А.К. Матыева // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2013. - №2 (3). - С. 238-241.
13. **Матыева, А.К.** Влияние пластифицирующих добавок в составе гипсозолощелочных вяжущих в производстве арболита [Текст] / А.К. Матыева, В.М. Курдюмова // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2013. - №3. – С. 108-111.
- <http://elibrary.ru/item.asp?id=23323409>.
14. **Матыева, А.К.** Адгезионное взаимодействие растительного заполнителя арболита с гипсозолощелочным вяжущим [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2013. - №3. – С.111-114.
- <http://elibrary.ru/item.asp?id=23323410>.
15. **Матыева, А.К.** Минерализация частиц соломы органозаполнителя гипсозоло-щелочного арболита [Текст] / А.К. Матыева // Современные тенденции в архитектуре, строительстве и образовании в Республике Таджикистан. – Душанбе, 2014 – С.243-245.
16. Озубекова, Р.С. Технология производства гипсозолощелочного арболита в условиях Кыргызстана [Текст] / Р.С. Озубекова, **А.К. Матыева** // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2014. - № 2 (5). - С.131-133.
17. Озубекова, Р.С. Современные энергосберегающие теплоизоляционные материалы для пассивных домов [Текст] / Р.С. Озубекова, **А.К. Матыева** // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2014. – Вып. 4(46). - Т.1. – С.35-40.
- <http://elibrary.ru/item.asp?id=24329886>.
18. **Матыева, А.К.** Модифицированный арболит на основе растительногипсовой композиции с улучшенными гидрофизическими свойствами [Текст]: монография / А.К. Матыева. - Бишкек: КГУСТА, 2014. – 141 с.
19. **Матыева, А.К.** Снижение влажностных деформаций заполнителя из соломы и улучшения структурно механических свойств арболитовой смеси [Текст] / А.К. Матыева, Р.С. Озубекова, А.Ш. Матисаков // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2015. - № 2 (9). - С.151-153.

20. **Матыева, А.К.** Модифицированный арболит на основе растительно-гипсо-золощелочной композиции [Текст] / А.К. Матыева // Труды международной научной конференции «Качество и безопасность среды жизнедеятельности: проектно-строительная деятельность в новых условиях». – Алматы, Казахстан, 2015. – С.42-44.

21. Курдюмова, В.М. Состояние сжимаемой вязко-пластической среды из растительно-гипсовой композиции (РГК) в условиях плоской деформации [Текст] / В.М. Курдюмова, **А.К. Матыева** // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2015. - № 3 (10). - С.178-184.

22. **Матыева, А.К.** Модифицированные водостойкие гипсовые вяжущие вещества из местного сырья для производства гипсозолощелочного арболита [Текст] / А.К. Матыева, К.К. Токталиев // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2015 - № 2 (9). - С.153-155.

23. **Матыева, А.К.** Особенности технологии производства атмосферостойкого арболита и перспективы его применения в строительстве [Текст] / А.К.Матыева // Научный поиск в современном мире. – Махачкала, 2016. - С.41-45. - <http://elibrary.ru/item.asp?id=25890401>.

24. **Matyeva, A.K.** The research of the wether resistant gypsum-ash-alkaline arbolit structure by scanning electron microscopy // «Innovative Technologies in Science». - Dubai, UAE, March 2016. - №3(7), - Vol.1. – С.98-102. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=25690744>.

25. **Matyeva, A.K.** The state of the pressed visco-plastic medium of plant-gypsum composition (pgc) uder flat deformation conditions // International Scientific and Practical Conference «World Science", ROST. - Dubai, UAE, February 2016. - №2(6), - Vol.1. – С.75-81. - <http://elibrary.ru/item.asp?id=25468449>.

26. **Матыева, А.К.** Строительно-технические свойства атмосферостойкого арболита [Текст] / А.К. Матыева // Приволжский научный вестник. – Приволжский: ИЦНП, 2016. – С.40-42. - <http://elibrary.ru/item.asp?id=25897886>.

27. **Матыева, А.К.** Анализ методологии проектирования энергоэффективных зданий [Текст] / А.К. Матыева // EUROPAISCHE FACHHOCHSCHULE. ORT Publishing. EUROPEAN APPLIED SCIENCES. - Shtuttgart, Germany, 2016. - №2. - С.54-58. - <http://elibrary.ru/item.asp?id=25735801>.

28. **Матыева, А.К.** Особенности строительства пассивного дома [Текст] / А.К. Матыева // Научный и информационный журнал МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. – Бишкек, 2016, - №1 (12). – С.58-63. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=37314275>.

29. **Матыева, А.К.** Полимеры в строительном материаловедении [Текст] / А.К. Матыева, Назарбай у.Толкунбек // Наука и инновационные технологии. – Бишкек, 2016. -№1 (1). – С.131-134. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=27444115>

30. **Матыева, А.К.** Особенности получения бесцементного арболита на основе местного растительного сырья [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2016. - №4 (54). – С.44-48. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=29458432>.

31. **Матыева, А.К.** Экспериментально-теоретические исследования композиционных атмосферостойких материалов [Текст] / А.К. Матыева // ВЕСТНИК международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Бишкек, 2016. - №1/ (1). - С.102-105.

32. **Матыева, А.К.** Применение современных строительных материалов и конструкций в условиях жаркого и сухого климата Кыргызстана [Текст] / А.К. Матыева // Проектирование и строительство зданий: нормативные требования и технологии инновационного прорыва. - Алматы, Казахстан, 2017. – С.79-83.
33. **Матыева, А.К.** Адгезионная прочность модифицированного арболита в системе «гипс-зола-солома» [Текст] / А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2017. - № 2(56). – С.108-111. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=32294986>.
34. Курдюмова, В.М. Органополимерные композиты из местного сырья Кыргызстана конструкционного назначения для строительства [Текст] / В.М. Курдюмова, **А.К.Матыева** // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2017. - №2 (56). – С.168-172. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=32645416>.
35. **Матыева, А.К.** Исследование техногенных продуктов и их эффективность применения в качестве сырья для стройиндустрии [Текст] / А.К. Матыева, Ж.Д. Асаналиева // ВЕСТНИК международной ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Бишкек, 2018. - №1 (2). - С.101-105.
36. **Матыева, А.К.** Получения стройматериала (арболита) из местного сырья (ЭМХ) электромеханохимическим способом [Текст] / А.К. Матыева, Н. Талантбеков // Наука и инновационные технологии. – Бишкек, 2018. - №3 (8). – С.183-185. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=36675373>.
37. Курдюмова, В.М. Способы повышения технических свойств легкого арболита из местного сырья [Текст] / В.М Курдюмова, **А.К.Матыева**, М.У. Уранова // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2018. - №1. - С.104-109.
38. **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. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=38538417>
39. **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. - <https://doi.org/10.17513/snt.37467>.
40. **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. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=38164813>
41. **Матыева, А.К.** Арболит из легкого бетона [Текст] / А.К. Матыева // Научный и информационный журнал «Наука и инновационные технологии». - Бишкек, 2019(10). – №1. - С.38-43. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=41859835>.
42. **Матыева А.К.** Технология и состав сухих строительных смесей из местного сырья КР [Текст] / А.К. Матыева, М.У. Уранова, А.Э. Азисова и др. // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2019. - №1(63). – С. 156-162. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=41132116>.
43. **Матыева А. К.** Исследование теплофизических свойств ограждающих конструкций из арболита на основе местного сырья КР [Текст] А.К. Матыева // Вестник КГУСТА. - Бишкек, 2019. - №1(63). – С. 163-16. - <https://elibrary.ru/item.asp?id=41132117>

Матыева Акбермет Карыбековнанын 05.23.05 - курулуш материалдары жана буюмдары адистиги боюнча техника илимдеринин доктору окумуштуулук даражасын изденүү үчүн «Жергиликтүү модификацияланган чапташтыргычтан, бир жылдык өсүмдүк калдыктарынан атмосферага туруктуу арболитти алуунун энергияны үнөмдөө технологиясын практика жүзүнө ашыруу жана теориясын өнүктүрүү» темасындагы диссертациялык ишине берилген

РЕЗЮМЕ

Негизги сөздөр: жеңил лигнополимерсилкат арболиттин энергияны үнөмдөө технологиясы, өсүмдүк – чаптагыч композициясы, гидратация, редеформация, адгезия, адсорбция, структура пайда болуусу, гидрофобдук кошулмалар, гидрофизикалык жана термодинамикалык касиеттер.

Изилдөөнүн объектиси: арболит өндүрүү технологиясы.

Изилдөөнүн предмети: самандын жана жергиликтүү көп компоненттүү модификацияланган чаптагычтын негизинде жасалган жеңилдетилген арболиттин курамы жана түзүлүшү.

Изилдөөнүн максаты: өсүмдүк калдыктарынан (самандан) жана болжолдонгон касиеттери менен жергиликтүү көп компоненттүү модификацияланган чаптагычтын негизинде жеңилдетилген арболитти алуу максатында чийки зат аралашмасынын жаңы курамын жана энергияны үнөмдөө технологиясын иштеп чыгуу жана илимий негиздөө.

Изилдөөнүн методдору: Коюлган максатты жана маселелерди чечүү үчүн физико-химиялык анализдөөнүн заманбап методдорун, ошондой эле математико-статистикалык моделдөөнүн натыйжаларын колдонуу менен жүргүзүлгөн теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөрдү камтыган комплекстүү метод колдонулган. Эксперименттер стандарттык лабораториялык процедураларга ылайык жүргүзүлдү.

Изилдөөнүн натыйжалары жана илимий жаңылыгы: бир жылдык өсүмдүктөрдүн (самандын) калдыктарына негизделген атмосферага туруктуу жеңилдетилген цементсиз арболитти өндүрүү үчүн көп компоненттүү модификацияланган чаптагычтын жаңы рационалдуу курамы жана энергияны үнөмдөө технологиясы иштелип чыккан. Бул тездетилген бышыктуулук топтому менен тыгыз структуранын түзүлүшүнө өбөлгө түзөт.

Колдонуунун деңгээли: арболиттен жасалган буюмдарды өндүрүү боюнча технологиялык регламент иштелип чыккан; аз кабаттуу курулуштардын тосуучу конструкциялары үчүн жылуулук өткөрбөөчү-конструкциялык дубал блоктору катары колдонулган жеңилдетилген арболитти колдонуудагы эсептөө мүнөздөмөлөрү сунушталган. Сунушталган технология өндүрүш тармактарында колдонулган (“Домостроительный сервис “Азат” ЖЧК, “Шерой” ЖЧК, Жал кичи району Бишкек шаары, “Меркит-Курулуш” ЖЧК, “Элит-Строй-Сити” ЖЧК, Ош шаары).

Колдонулуучу тармактар: дубал блокторун чыгаруучу өндүрүш ишканаларында.

РЕЗЮМЕ

диссертации Матыевой Акбермет Карыбековны на тему «Развитие теории и практическая реализация энергосберегающей технологии получения облегченного арболита из остатков однолетних растений и местного модифицированного вяжущего» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия.

Ключевые слова: энергосберегающая технология облегченного лигнополимерсиликатного арболита, растительно-вяжущая композиция, гидратация, редеформация, адгезия, адсорбция, структурообразование, гидрофобные добавки, гидрофизические и термодинамические свойства.

Объект исследования: технология производства арболита.

Предмет исследования: состав и структура облегченного арболита на основе соломы и местного многокомпонентного модифицированного вяжущего.

Цель работы: разработать и научно обосновать энергосберегающую технологию, новый состав сырьевой смеси с целью получения облегченного арболита из остатков растениеводства (соломы) и местного многокомпонентного модифицированного вяжущего с прогнозируемыми свойствами.

Методы исследования: для решения поставленной цели и задач использован комплексный метод, включающий теоретические и экспериментальные исследования, выполненные с применением современных методов физико-химического анализа, а также результаты математико-статистического моделирования. Испытания проведены согласно стандартным лабораторным методикам.

Полученные результаты и их новизна: разработана энергоресурсосберегающая технология и рациональный новый состав модифицированного вяжущего для производства безцементного атмосферостойкого, облегченного арболита на основе остатков однолетних растений (солома). Это способствует образованию плотной структуры с ускоренным набором прочности.

Степень использования: разработан технологический регламент по производству изделий из арболита; предложены расчетные характеристики при использовании облегченного арболита в качестве конструкционно-теплоизоляционных стеновых блоков для ограждающих конструкций малоэтажного строения. Предлагаемая технология внедрена в заводских условиях (ОсОО «Домостроительный сервис «Азат», ОсОО «Шерой» мкр. Джал г. Бишкек, ОсОО «Меркит-Курулуш», ОсОО «Элит-Строй-Сити» г. Ош).

Область применения: На предприятиях производства стеновых блоков.

RESUME

Dissertation (or thesis) of Akbermet Karybekovna Matyeva on the topic “Development of theory and practical implementation of an energy-saving technology for obtaining of a lightweight arbolite (wood concrete) from the remains of annual plant residues and local modified binder” to achieve a scientific degree of the Doctor of Engineering Sciences by specialty 05.23.05 – Building Materials and Products.

Key words: energy-saving technology of a lightweight polymer-silicate arbolite (wood concrete), plant-binder composition, hydration, re-deformation, adhesion, adsorption, structure formation, hydrophobic additives, hydro-physical and thermo-dynamical properties.

Object of research: production technology of arbolite (wood concrete).

Subject of research: composition and structure of a lightweight arbolite (wood concrete) based on straw and local multicomponent modified binder.

Purpose of research: develop and scientifically justify an energy-saving technology, new composition of the raw material mixture with aim to obtaining of a lightweight arbolite (wood concrete) from remains of annual plant residues (straw) and local multicomponent modified binder with predicted properties.

Methods of research: To solve the target goal and objectives, a complex method was used, including theoretical and experimental studies and research performed using modern methods of physicochemical analysis, as well as the results of mathematical and statistical modeling. The testing processes were carried out according to standard laboratory procedures.

Results obtained (findings) and originality: an energy-saving technology and rational new composition of modified binder were developed for the production of non-cement weather-resistant, lightweight arbolite (wood concrete) based on remains of annual plants (straw). In turn, this contributes to the formation of a dense structure with and accelerated set of the strength.

Degree of use: technological regulation was developed for the production of products from arbolite (wood concrete); design characteristics are proposed in process for using a lightweight arbolite (wood concrete) as structural and heat-insulating wall blocks for building envelope (or walling) of a low-rise structure. The proposed technology was introduced in the construction factory (LLC House-Building Service “Azat”, Bishkek city; LLC Sheroi, micro-district Jal; LLC Merkit-Kurulush, LLC Elit-Stroy-Siti, Osh city).

Application area: at the enterprises on the production of wall blocks.

МАТЫЕВА АКБЕРМЕТ КАРЫБЕКОВНА

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

Автореферат диссертации

Редактор А. Аманкулова

Подписано в печать 26.04.2020 г. Формат 60x84 1/16 2.75 п.л.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Тираж 100 экз. Заказ № 98

Отпечатано в типографии Кыргызского государственного университета
строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова.
720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34,б.