

**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 05.14.495

На правах рукописи
УДК 691.12(575.3)(043.3)

Джумаев Джамшед Сатторович

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ
НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНО-ВЯЖУЩЕЙ
КОМПОЗИЦИИ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ
ТАДЖИКИСТАНА**

Специальность 05.23.05 – Строительные материалы и изделия

ДИССЕРТАЦИЯ

**на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Научный руководитель:
кандидат технических наук
Ходжамуродов Сафар Кавракович

Бишкек – 2016

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ТАДЖИКИСТАНА.....	11
1.1. Строительные материалы, используемые для наружных стен зданий в Республике Таджикистан.....	11
1.2. Местные сырьевые минеральные ресурсы для производства композиционных строительных материалов.....	16
1.3. Обзор состояния вопроса применения растительных отходов для получения материалов на основе растительно- вяжущих композиций (РВК).....	19
1.4. Заключение по обзору анализа литератур.....	27
Выводы по главе 1.....	29
Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
2.1. Сырье и материалы.....	32
2.2. Химический состав и химическая агрессивность компонентов РВК.....	36
2.3. Методы физико-химических исследований.....	40
2.4. Методы определения физико-технических свойств.....	44
2.5. Статистическая достоверность полученных результатов.....	48
2.6. Оборудование и приборы, используемые при исследовании.....	50
Выводы по главе 2.....	54
Глава 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНО-ВЯЖУЩЕЙ КОМПОЗИЦИЙ.....	55

3.1.	Планирование эксперимента.....	55
3.2.	Влияние заполнителей из растительных отходов на структурообразование арболитовых композиций.....	66
3.3.	Оптимизация состава исследуемого РВК и подбор состава арболита.....	67
3.4.	Кинетика формирования прочности арболита в зависимости от свойств растительного компонента.....	75
3.5.	Особенности адгезии растительного заполнителя с цементным вяжущем при твердении арболита.....	78
	Выводы по главе 3.....	81
Глава 4.	ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРБОЛИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГУЗА-ПАИ.....	83
4.1.	Физико-технические свойства гуза-паи рыхлой структуры.....	83
4.2.	Физико-технические свойства материалов связанной структуры из РВК на основе гуза-паи.....	88
4.3.	Технологический процесс изготовления строительных материалов из растительно-вяжущей композиций на основе гуза-паи.....	93
4.4.	Влияние влажности на прочности арболита на основе гуза-паи	101
4.5.	Физико-технические свойства материалов на основе РВК при использовании добавок растительного происхождения.....	105
4.6.	Коррозионностойкость материалов на основе РВК.....	111
	Выводы по главе 4.....	113
Глава 5.	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	116

5.1. Исходные данные расчета экономической эффективности.....	116
5.2. Эффективность применения арболитовых материалов из РВК.....	120
Выводы по главе 5.....	124
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	125
ЛИТЕРАТУРА.....	127
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	140

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

В диссертационной работе применены следующие условные обозначения и сокращения:

РФА – рентгенофазовый анализ

ДТА – дифференциально-термический анализ

Å – Ангстрем (внесистемная единица длины: $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$)

°С – градус стоградусной шкалы Цельсия

t - температура обжига, °С

W – формовочная влажность и влажность материала, %

П – число пластичности

$\rho_{\text{ср}}$ - средняя плотность, кг/м³

$R_{\text{сж}}$ и $R_{\text{изг}}$ - предел прочности при сжатии и изгибе, МПа

F (Мрз) – марка по морозостойкости

M - марка цемента

В - водопоглощение, %

λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)

Sэ - ошибка эксперимента

РВК – растительно-вяжущая композиция

РЦК – растительно-цементная композиция

РГК – растительно-гипсовая композиция

РКВК – растительно-комбинированно вяжущей композиции

РЛК - растительно-лессовой композиции

ХД – химические добавки

МСД – метод статистического моделирования

ГГТМ - гипсо-грунто-груза-паитовый теплоизоляционный материал

C_3A – трехкальциевый алюминат

C_3AH_6 , C_3AH_8 и C_3AH_n - гидроалюминаты

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Одной из важнейших задач строительного производства, на современном этапе, помимо наращивания объема производимых материалов, является повышение эффективности разрабатываемых материалов и увеличение их ассортимента. Одним из перспективных источников сырья является целлюлозосодержащие отходы органического происхождения, образующиеся после ежегодной уборки хлопка-сырца. Поиск наиболее эффективных источников сырья для производства энергосберегающих строительных материалов из местного сырья является актуальной проблемой современного строительного комплекса Таджикистана.

При производстве теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных строительных материалов для малоэтажного сельского строительства могут быть использованы отходы сельскохозяйственного производства, с применением как минеральных, так и органических вяжущих веществ.

Основной целью ранее проведенных другими авторами было решение задач получения энергосберегающих материалов. Немногочисленные исследования, были посвящены изучению только основных физико-технических свойств сельхозотходов, в т.ч. стеблей хлопчатника (гуза-паи), а также материалов и изделий изготовленных на основе этих отходов. Следует также отметить, недостаточный объем исследований по эксплуатационно-техническим свойствам и конструктивным особенностям изделий изготовленных на основе этих отходов, что имеет важное значение для прогнозирования долговечности материалов в условиях Таджикистана.

В работе на основе экспериментально-теоретических исследований рассмотрена целесообразность разработки и применения строительных материалов и изделий на основе растительно-вяжущей композиций (РВК) из стеблей хлопчатника и местного минерального сырья Республики Таджикистан.

Диссертационная работа направлена на реализацию основных задач по проблеме: «Концепция развития топливно-энергетического комплекса Рес-

публики Таджикистан на период 2003-2015 годы», утвержденной Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 3 августа 2002 года, №318, а также и «Стратегия Республики Таджикистан в области науки и технологий на 2011-2015 годы», утвержденной Постановлением Правительства Республики Таджикистан от 3 марта 2011 года, №114.

Цель работы. Разработка состава и технологии изготовления энергосберегающих строительных материалов на основе РВК из стеблей хлопчатника, с учетом процессов их структурообразования.

Задачи исследования:

- исследование основных физико-технических свойств стеблей хлопчатника рыхлой структуры;
- проведение рентгенофазового анализа условий твердения РВК;
- выполнение экспериментальных исследований по изучению свойств материалов на основе РВК из гуза-паи;
- выявление основных механизмов процессов структурообразования энергосберегающих материалов на основе РВК из стеблей хлопчатника с модифицированными добавками;
- технико-экономическое обоснование применения энергосберегающих материалов на основе РВК из гуза-паи в качестве теплоизоляции наружных стен малоэтажных зданий.

Научная новизна:

- впервые предложены новый состав и технология энергосберегающих материалов на основе РВК из стеблей хлопчатника и местного вяжущего с модифицированными добавками и введением щелочного экстракта стеблей хлопчатника (ЩЭСХ);
- выявлен механизм структурообразования материалов на основе РВК из гуза-паи путем исследования процессов их гидратации;
- определены весовые закономерности процессов структурообразования строительных материалов на основе РВК из гуза-паи с учетом особенностей их строения;

- по результатам комплексной оценки экспериментально-теоретических исследований обоснована для условий Таджикистан целесообразность применения стеновых панелей с теплоизоляцией - материалов на основе РВК из гуза-паи вместо однослойных керамзитобетонных панелей.

Достоверность результатов работы обусловлена и подтверждена использованием современных методов физико-технических и физико-химических исследований и экспериментально-статистического моделирования, проведением необходимых объемов экспериментальных исследований, а также сопоставлением их с подобными результатами, полученными другими авторами.

Значение для науки и практики. Результаты работы являются новым этапом в развитии теории и совершенствования технологии производства и применения в строительстве энергосберегающих материалов на основе РВК.

Практическая ценность работы:

- разработаны состав и технология производства энергосберегающих материалов на основе РВК из гуза-паи, с учетом различных факторов производства;

- пополнен банк данных физико-технических свойств энергосберегающих материалов на основе РВК из гуза-паи с рекомендациями по их применению в строительстве;

- обоснована эффективность применения панелей с теплоизоляцией из арболитовых материалов на основе РВК из стеблей хлопчатника и минерального вяжущего.

Основные результаты диссертационной работы апробированы и внедрены в производство на предприятиях Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан (ООО «Самт-2» (ЖБК-2)), а также и в проектных организациях ТаджикНИИ проблем архитектуры и градостроительства.

Экономический эффект от применения энергосберегающих арболитовых материалов на 1 м^2 стены по сравнению с керамзитобетонными панелями составляет 3,61 у.е.

Научные положения и результаты, выносимые на защиту:

- результаты комплексных исследований физико-технических свойств гуза-паи и других растительных отходов в виде органически рыхлых и органически связанных материалов;
- особенности структурообразования энергосберегающих арболитовых материалов на основе РВК из гуза-паи и их оптимальные составы;
- результаты исследований по рентгенофазовому анализу процесса кристаллизации арболита в зависимости от срока его гидратации и твердения, как в воде, так и в присутствии водорастворимых веществ;
- технология производства конструкционно-теплоизоляционного энергосберегающего материала на основе РВК из гуза-паи для стеновых панелей;
- технико-экономическое обоснование использования наружных стеновых панелей с теплоизоляцией на основе РВК из стеблей хлопчатника для малоэтажного жилищного строительства в условиях Таджикистана.

Личный вклад соискателя. Непосредственное участие автора в научно-исследовательских и экспериментальных работах по данной проблеме позволило предложить промышленности работоспособную технологию получения нового энергосберегающего материала на основе РВК из местного растительного заполнителя и минерального вяжущего для применения в качестве теплоизоляции наружных стеновых панелей малоэтажных зданий в Республике Таджикистан. Результаты исследований внедрены в производство при личном участии автора.

Апробация работы.

Результаты диссертации, докладывались и обсуждались на: I-ой Международной научно-практической конференции (НПК) «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке» (г.Худжанд, 2007г.); II Республиканской НПК «Из недр земли до горных вершин» (г.Чкаловск, 2008г.); Республиканской НПК «Строительное образование на современном этапе». (г.Душанбе, 2009 г.); Республиканской НПК «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии» (г.Душанбе, 2009г.); 15-

Internationale Baustofftagung (International Conference on Building Materials) (Weimar, 2009); Республиканской НПК «Прогрессивные методы производства» (г.Душанбе, 2009г.); Республиканской НПК «Горные, геологические и экологические аспекты развития горнорудной промышленности в XXI веке» (г.Душанбе, 2010г.); Республиканской НПК «Наука и строительное образование на современном этапе» (г.Душанбе, 2011г.); Республиканской НПК «Современные проблемы химии, химической технологии и металлургии» (г.Душанбе, 2011г.); Республиканской НПК «Наука и энергетическое образование на современном этапе» (г.Курган-тюбе, 2011, 2012гг.); Международной НПК «Инновации в области строительства и образования: становление, проблемы и перспективы» (г.Бишкек: КГУСТА, 2012г.); Международной НПК «Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов» (г.Йошкар-Ола, 2013г.); Международной НПК «Современные тенденции в архитектуре, строительстве и образовании в Республике Таджикистан» (г.Душанбе, 2014г.); Международной НПК «Строительное образование и наука Кыргызстана: перспективы интеграции, инновации и партнерства» (г.Бишкек: КГУСТА, 2014 г.); III Международной межвузовской НПК - Кон-курса научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (г.Бишкек, 2015г.).

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 15 научных статей, 4 из которых напечатаны в изданиях, рекомендованных ВАК Кыргызской Республики и 3 входящих в базу данных РИНЦ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка использованной литературы из 111 наименований и 2 приложений. Общий объем диссертационной работы состоит из 145 страниц текста. Основной текст диссертации изложен на 139 страницах, включая 12 рисунков и 35 таблицы.

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ТАДЖИКИСТАНА

1.1. Строительные материалы, используемые для наружных стен зданий в Республике Таджикистан

Комплекс природно-климатических факторов с учетом инженерно-геологических и социально-экономических условий в региональном масштабе, влияют на архитектурно-планировочной и конструктивной решении зданий и сооружений. При этом основную роль играют ограждающие конструкции зданий и сооружений, которые отвечают предъявляемым требованиям прочности, жесткости, устойчивости, а также и экономичности в контексте рационального использования местного сырья с учетом параметров местной среды.

Учитывая аграрно-промышленную структуру Таджикистана, остановимся на ее биоклиматическом районировании, предложенном в научной литературе [86]: 1) низинно-равнинный, очень жаркий; 2) предгорный (предгорно-адырный), умеренно жаркий; 3) низкогорный, теплый; 4) среднегорный, прохладный; 5) высокогорный, холодный; 6) нивальный, скалы, осыпи, ледники, которые для жизни не пригодны.

Как следует из приведенной классификации, 1-, 2-, и 3-ий биоклиматические районы пригодны для выращивания культуры хлопчатника, и именно в этих районах можно наладить основное производство строительных материалов, изделий и конструкций на основе РВК из гуза-паи.

Что касается влияния климата, то оно должно рассматриваться в контексте совокупного воздействия основных метеорологических факторов на состояние ограждающих конструкций зданий и сооружений. Этими вопросами занимается строительная климатология.

При анализе научной литературы можно прийти к заключению о том, что в них, в основном:

- предложены методы определения теплового режима микроклимата зданий и сооружений (В.И. Ильинский, Б.Ф. Васильев, В.Н. Богословский, А.М. Шкловер, Ф.В. Ушков, К.Ф. Фокин, В.П. Титов, Э.Л. Дешко, А.Н. Могилат, Ю.А. Табунщиков, и др. [8, 13, 60, 85, 88, 95, 99, 106 и др.]);

- обоснованы научно-методические основы типологии жилища по природно-климатическим признакам (К.К. Шевцов, В.К. Лицкевич, Я. Ржеганек и др.) [53, 73, 105 и др.];

- проведена оптимизация объемно-планировочных и архитектурно-конструктивных параметров, обеспечивающих условия оптимального микроклимата в помещениях различного назначения (А.В. Ершов, Н.В. Оболенский, Е.А. Солдатов и др.) [8, 31, 80 и др.].

В Таджикистане более 70% населения живут в сельской местности [21] и поэтому необходимость в строительстве малоэтажных зданий с использованием местного сырья приобретает наибольшую актуальность.

Исходя из вышеизложенного, следует отметить, что для каждой климатической зоны Таджикистана следует учесть их специфические особенности, касательно улучшения микроклимата помещений. Этого можно достичь путем применения энергоэффективных материалов, изделий и конструкций с достаточно высокими теплозащитными свойствами, которые должны одновременно отвечать и эксплуатационным, и экономическим требованиям в контексте эффективного использования строительных материалов на основе местного сырья, а также отходов и вторичных ресурсов продуктов производства.

Особенности сельского строительства заключаются в рассредоточенности и удаленности объектов по отношению их производственной базы. При этом доминирующее положение занимают проблемы снижения затрат непосредственно на строительной площадке.

Самыми распространенными видами сырья в сельском строительстве являются глины и суглинки. Кроме них также широко используются известь, гипс, растительные отходы и другие местные материалы.

Нужно отметить недостаточное изучение свойств строительных материалов на основе сельхозотходов, особенно гуза-паи. Анализ научной литературы указывает на то, что из растительных отходов можно получать достаточно приемлемые для эксплуатации строительные материалы [63]. Это означает, что в теплотехническом отношении для теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов из РВК следует исследовать механизмы их структурообразования, а также прочностные и теплофизические свойства.

Природный камень является также наиболее распространенным материалом в Республике Таджикистан [86]. Но его применение ограничено и его использование наблюдается преимущественно в Горно-Бадахшанской Автономной Области (ГБАО). Причиной этого является то, что природный камень очень теплопроводный материал ($c = 0,75-0,94$ кДж/(кг·К)), он массивен и его использование приводит к повышению сейсмического риска.

Традиционно, в Центральной Азии, а также и в Таджикистане из глиняной смеси возводят глинобитные дома, где после высыхания на 7-е сутки в естественных условиях их прочность составляет 3-6 МПа. Известно, что при соблюдении традиционного стиля строительства, в контексте придания конструкциям сейсмостойкости, глинобитные дома могут выдержать землетрясение силой до 7 баллов. Также история свидетельствует о сохранении древних мечетей и других построек [86].

Нередко встречается и применение камыша в наружных стенах зданий в климатических условиях Таджикистана. Однако уменьшение запасов камыша не дает возможность развития данного направления.

Применение кирпича-сырца является распространенным случаем в строительстве малоэтажных зданий. При строительстве с использованием кирпича-сырца применимы те же конструктивные мероприятия, обеспечивающие сейсмостойкость этих зданий, что и при применении жженого кирпича.

Также известно применение различных видов мелкоштучных камней из самана, изготовленных в блочном виде из сырцово-глины и соломы. Их иногда применяют совмещенно с кирпичной кладкой.

При оценке технико-экономического обоснования строительства малоэтажных зданий в сельской местности приняты следующие относительные коэффициенты затраты труда (на строительной площадке), при возведении [69]: кирпичного дома – 1,0; монолитного дома – 1,37; каркасного дома – 0,97; крупноблочного дома – 0,70; крупнопанельного дома – 0,56. Это свидетельствует о развитии крупнопанельного домостроения. При этом в основном используются однослойные панели, преимущественно на основе легкого бетона.

В перспективе намечается использование многослойных панелей с теплоизоляцией из материалов с использованием дешевых отходов сельскохозяйственного производства. Эти панели имеют преимущества перед однослойными по теплозащитным качествам. Однако следует провести тщательное исследование данного обстоятельства.

Приводим анализ некоторых исследований по термическому состоянию стен, проведенных в различные времена. Так, согласно исследованиям 1952 года Б.Ф. Васильева в г. Бухаре, а также проведенное в 1960 году А.В. Ершовым в Ташкенте [31], в 1965 году А.А. Амилохияевым в сельских районах Кыргызии [2] и в 1959 году О.К. Котляр в Хиве [43], значение температуры народного жилища юга находится в пределах $+26...+29^{\circ}\text{C}$ при изменении значения наружной температуры в пределах $+35...+40^{\circ}\text{C}$.

М. Денбай [98] проводил исследования летнего режима жилого дома в г. Хартуме Судана. Стены дома выполнены из глины. Исследованиям установлено, что значение температуры поверхности потолка, имеющего естественный цвет, достигает $+35^{\circ}\text{C}$. Когда крышу окрасили белым цветом, то значение температуры поверхности потолка доходило до $+25^{\circ}\text{C}$. При этом значение температуры наружной поверхности крыши достигало $+63^{\circ}\text{C}$.

Проведенные В.А. Туруловым [90] натурные исследования температурного режима в традиционном малоэтажном и современном многоэтажном жилом доме, привели к выводам, использование которых пригодно для массового строительства, где требуется повышение теплозащитного качества ограждающих конструкций жилых зданий в современных условиях.

В Узбекистане в колхозе «Политотдел» был построен экспериментальный одноэтажный многоквартирный 4-комнатный жилой дом. Стены дома выполнены из монолитного тяжелого бетона, в качестве теплоизоляции применялся арболит. Трехслойная стена общей толщиной 300 мм. Толщина внутренней и наружной железобетонных слоев, соответственно, составила 120 и 80 мм. Теплоизоляция выполнена в виде бесцементного арболита из шлакощелочного вяжущего и костры кенафа; плитки с плотностью $\gamma_0 = 450$ кг/м³ (разработка ТашАСИ и НПО «Узагропромстрой» [47]). Однако исследование температурно-влажностного режима конструкций стен вышеуказанного экспериментального дома не проводилась и тепловая задача условия комфортности теплового режима его помещений не ставилась. Таким образом, при правильном подходе к решению проблемы и научного обосновании данного решения, данное решение пригодно и для условий Таджикистана.

Из вышеприведенного можно заключить, что при строительстве современного малоэтажного дома следует учесть такие факторы, как национальные особенности, традиции, при рациональном использовании местного сырья и отходов в получении строительных материалов. Крайне мало изучены физико-химические и теплотехнические свойства стен с теплоизоляцией на основе отходов производства. Данное обстоятельство указывает на проведение экспериментальных исследований, усовершенствование существующих методик теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий и сооружений.

1.2. Местные сырьевые минеральные ресурсы для производства композиционных строительных материалов

Современное производство как никогда зависит от минерально-сырьевого потенциала, которое определяет территориальную организацию активных производительных сил, а также ее перераспределение и специфику его специализации. В связи с этим, проблемы эффективности строительных материалов приобретают особую актуальность. Но, если коснуться вопросов использования данного потенциала, то они необратимо приводят к истощению природных ресурсов, что имеет негативное влияние на экологическое состояние окружающей природной среды.

Что касается развития отрасли промышленности строительных материалов, то оно тесно связано с привлечением эффективных природных ресурсов в народнохозяйственном обороте в контексте экономического освоения природных богатств, что потребует достоверной оценки состояния природных ресурсов, в т.ч. и минеральных.

В Таджикистане имеются крупные запасы различного сырья, необходимых для вовлечения в производство строительных материалов. На сегодняшний день разведено 123 месторождения сырья для производства строительных материалов, из которых 119 имеют утвержденные запасы [61, С.28]. Доминирующее положение занимают месторождения сырья для производства таких важных вяжущих веществ, таких, как цемент, известь, гипс, стеновые материалы, легкие заполнители, а также и нерудные строительные материалы. В дефицитном положении находятся месторождения для производства теплоизоляционных, керамических, силикатных и т.п. материалов и изделий.

В сельскохозяйственном строительстве наиболее используемыми являются глины и суглинки, которые в территориальном распределении имеют отличительные специфические особенности в части их гранулометрического состава. Анализ гранулометрического состава лёссовидного суглинка месторождения г. Душанбе приводится в табл. 1.1 [10].

Таблица 1.1 – Анализ гранулометрического состава лёссовидных суглинков (месторождения г.Душанбе)

Месторождение	Фракции, мм				
	Песчаные			Пыль	Глинистые
	1,0-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,01-0,005	По Робин - зону 0,005
Душанбинское	0,50-0,93	0,80-2,65	2,80-3,95	44,30-61,30	16,80-18,10

С целью использования природных ресурсов можно установить, что глины и суглинки могут быть использованы в качестве сырья для производства пористых заполнителей. Проведенные лабораторные керамико-технологические испытания указывают на то, что в целях производства керамзита можно использовать 11 месторождений глин и в целях производства аглопорита, всего 7 месторождений лёссовидных суглинков [61]. Оставшиеся 29 месторождений глин и 14 месторождений суглинков могут служить сырьем для производства кирпича-сырца, глинобита, глиносамана и т.п.

Большое количество предприятий строительных материалов, изделий и конструкций находятся, в основном, в Гиссарской и Северной зонах Таджикистана. Здесь также и сосредоточены основные базы для сельского строительства. Следует отметить, что размещение промышленности стройматериалов центральной части Республики Таджикистан приводит к снижению эффективности строительства, из-за увеличения транспортных расходов. Их следует разместить по территориальному признаку.

Основной фактор развития промышленности строительных материалов является повышение качества цементного вяжущего. Следует отметить, что если увеличится активность цемента на одну марку, то это приводит к росту производства цемента на 15-20% [61]. Здесь немаловажную роль играет и выбор сырьевой базы, так как для производства 1 тонны клинкера необходима переработка 1,6 тонны исходного природного сырья, в связи с чем цементные заводы размещают у источников сырьевой базы.

Достаточно крупные запасы цементного сырья вывели в доминирующее положение Республики Таджикистан в Центральной Азии. Среди разведанных три месторождения цемента в Таджикистане, наиболее крупным является Харангонское, которое расположено на территории Гиссарской зоны строительства (с утвержденными запасами по категории А+В+С₁ - 157,0 млн. т.). Это месторождение, помимо достаточной мощности и благоприятных горно-геологических условий разработки, обладают достаточно богатым физико-химическим составом – СаО - 51,49%, MgO - 1,66%, Fe₂O₃ - 0,24%, SiO₂ - 0,59%, SO₃ - 0,14% и т.д. На базе Харангонского и базе Варзобского месторождения суглинков, с утвержденным запасом категории А+В+С₁ - 26,3 млн. т, в данное время функционирует Душанбинский цемзавод с обеспечением запасов карбонатного сырья в течение около 100 лет.

Разведаны Курган-Тюбинское и Табакчинское месторождения известняков, расположенные в Вахшской зоне, а также и Курган-Тюбинское месторождение суглинков разведано для производства цемента.

Месторасположение Пусхурского месторождения известняков находится 14 км северо-восточнее города Явана, имеющее по категориям А+В+С₁ около 87,7 млн. т, а по категории С₂ – 108 млн. и следующего химического состава – СаО - 54,25%, MgO - 0,73%, SiO₂ - 1,15%, К₂O₃ - 0,43% и т.д., которое отвечает требуемым показателям производства качественного цемента.

Появляется возможность повышения производительности цемента с учетом применения нефелинового шлама, продукта производства глинозема месторождения Турпи Гармской зоны Таджикистана. При этом эксплуатационные затраты при производстве цемента из нефелинового шлама, на 10-15% ниже, чем затраты на производство такого же цемента на основе известняков и глин [61].

Следует отметить, что для решения данной проблемы целенаправленные программы отсутствуют, так как технико-экономическое обоснование использования сырьевых ресурсов в Таджикистане не проведено. Для дости-

жения поставленной цели по решению насущных проблем, касательно оценки наличия и состояния минерально-сырьевой базы строительства требуется проведение обширного мониторинга.

1.3. Обзор состояния вопроса применения растительных отходов для получения материалов на основе растительно-вяжущей композиции (РВК)

Проблемы истощения сырьевых ресурсов приводят к изысканию возможности разработки материалов, изделий и конструкций на основе отходов производства и вторичных ресурсов с минимальными издержками их получения. Если придерживаться укрупненной классификации, то к отходам производства можно отнести отходы растительного сырья, к которым и относятся сельскохозяйственные отходы. К этим отходам можно отнести солому, стебли кукурузы, гуза-паи, стебли и корзинки подсолнечника, стебли табака, также и обрезанные ветви фруктовых деревьев, виноградная лоза и т.п. [45].

Например, в США на одного человека, в среднем в год, накапливаются следующие полезные отходы, тонн, от: пшеницы – 1,3, ячменя – 1,8, ржи – 1,8 и льна – 0,8 [15]. Сельскохозяйственные отходы могут быть дополнительным сырьем к производству строительных материалов, изделий и конструкций. Их применение приведет к снижению себестоимости разрабатываемых материалов, а также и значительной экономии общественного труда, вследствие чего и экономии топливно-энергетических ресурсов, а также и капитальных вложений. Таким образом, проблема рационального использования сельскохозяйственных отходов для изготовления строительных материалов является актуальной, преимущественно для стран, имеющих аграрную направленность. Следует отметить, что применение растительных отходов в производстве строительных материалов имеет преимущество по направлению снижения веса и повышения теплозащитных качеств этих материалов.

Растительные отходы служат базой для изготовления распространенного вида строительных материалов, таких как древесностружечные и древесноволокнистые плиты (ДСП, ДВП). Они выпускаются строительными предприятиями и заводами в относительно больших объемах и номенклатуре.

Оригинальный способ изготовления ДСП многопустотной структуры разработан в Белорусском технологическом университете. Они были разработаны с целью повышения теплозвукоизоляционных свойств конструкций деревянных полов в малоэтажных зданиях. Это также приводит и к снижению себестоимости разработанной конструкции. В качестве примера можно привести тот факт, что при сравнении величины термического сопротивления идентичными являются конструкции панелей наружных стен зданий с использованием разработанной многопустотной ДСП, толщиной 120 мм, где каналы заполнены полистирольным пенопластом с кирпичной кладкой толщиной в три кирпича – $(750+20=770)$ мм). При этом трудозатраты на изготовление предложенной конструкции на 30% ниже, а величина себестоимости в 1,5 раза меньше, чем аналогичные характеристики стен панельно-щитового дома. Исследования показали, что вертикальные каналы диаметром 100 мм могут быть заполненными керамзитовой смесью и перлитовым песком [63].

Что касается цементно-стружечных плит – ЦСП, то они нашли наибольшее применение в сельском строительстве. Промышленные выпуски панелей ЦСП имеют размеры 3,6x1,2 м, толщиной 8-40 мм. С учетом улучшенных физико-технических качеств ЦСП - объемная масса – 1100–1200 кг/м³, а прочность – 15 МПа, они могут быть применены для изготовления легких и утепленных наружных стеновых панелей, что приводится в работе [70]. Также следует отметить и тот факт, что из разработанных ЦСП изготавливают каркасы для наружных стеновых панелей, которые имеют достаточно приемлемую био- и морозостойкость, а также хорошо гвоздятся и

подвергаются обработке. При этом они проявляют достаточную устойчивость к ударным нагрузкам, а по огнестойкости относятся к категории трудносгораемых.

Таким образом, вместе с ЦСП в строительстве малоэтажных зданий применяются фибролитовые плиты, которые были изготовлены методом механического прессования древесных стружек под определенной температуре. При этом деревянные стружки пропитаны хлористым кальцием и они смешаны с цементным тестом. Формование происходит под давлением, равным 0,05 МПа. А в последующем, в технологическом цикле предусмотрены процессы пропаривания и сушки [70]. Они нашли применение в качестве самонесущей стеновой панели и как наполнитель в деревянном каркасе, а также для теплоизоляции перекрытий чердачного типа.

Способ получения плитного материала на основе одревесневших остатков однолетних растений без использования добавок из связующих, разработан в Уральской лесотехнической академии и в Хабаровском техническом университете. Разработанная технология включает в себя прессование под давлением 2,5÷5 МПа и температуры 170°С с учетом влажности сырья [70].

Следует отметить особенности костры кенафа при ее использовании в строительстве. Разработанные плиты из костры кенафа имеют достаточно приемлемые свойства и могут быть использованы в качестве конструкционного, тепло- и звукоизоляционного материала. Ранее мы упоминали об использовании теплоизоляционно-конструкционных материалов из костры кенафа в трехслойных стеновых панелях наружных по разработке ТашАСИ [65-67].

В качестве тепло- и звукоизоляционных материалов конструкций стен, междуэтажных перекрытий, покрытий, чердачные крыши, дверей, полов и т.п. можно применять и пенькостровые плиты [32].

В Кыргызском университете строительства, транспорта и архитектуры (КГУСТА) имени Н. Исанова проводятся исследования по разработке строительных материалов с использованием растительных отходов [49-52]. В дан-

ном университете представителями научной школы известного ученого доктора технических наук, профессора В.М. Курдюмовой разработана технология изготовления теплоизоляционно-конструкционной плиты (ПТ-К) с использованием смеси отходов растительного сырья органического происхождения по безотходной технологии. В качестве компонентов использованы, как древесные стружки, так и другие растительные материалы. Композиционный материал подвергался армированием стеблями хлопчатника. В качестве связующего были использованы смолы КФ-Ж, КФ-МТ. Введены в качестве добавок также и специальные гидрофобные вещества. Данное новшество было успешно внедрено в Джалалабадским ДОЗ Агропромстроя Кыргызстана.

Вопросами использования растительных отходов в строительстве успешно занимались и в странах Европы. Например на Международной выставке «Стройэкономия - 84», который проходил в 1984 году в г. Москве был представлен строительный материал стратил, изготавливаемый английской фирмой. Он выпускался в виде легких, достаточно прочных, крупноформатных плит - от 1,2x2,0 до 4x0,05 м, используемых для наружных и внутренних стен, конструкций полов, перегородок различного назначения, а также и различных элементов и устройств технических и вспомогательных зданий и сооружений, таких как склады, гаражи и т.п. В качестве сырья для изготовления стратила использованы такие растительные отходы, как рисовая солома и шелуха, а также пшеничная, ячменная и ржаная соломы. Технологическая схема разработки плит включает в себя процесс пакетирования соломы на местах ее образования, транспортировка в производственный цех, роспуск кип и измельчение [70].

Исследования показали, что стратил можно отнести к трудносгораемым материалам. Достаточно приемлемые строительные и эксплуатационные свойства, такие как легкость, где 1 м² материала весит всего лишь 19 кг, прочность на изгиб и на сжатие, звукоизоляционные характеристики, низкая себестоимость, свидетельствуют о том, что данный материал можно исполь-

зовать и для наружных элементов зданий и сооружений. Учитывая определенные климатические условия, рекомендуется также его применение совместно с другими материалами при строительстве малоэтажных сельских зданий.

Анализ научной литературы указывает на тот факт, что в странах с теплым климатом, особенно в странах Азии, после урожая накапливается достаточно большое количество растительных отходов, таких как рис и хлопок. Это дало возможность для разработки технологии изготовления материалов, особенно плитных из рисовой шелухи с использованием портланд-цемента в качестве связующего. Также предложена технология изготовления плиты из хлопковых отходов с использованием фенолформальдегидной смолы в качестве связующего [70].

Растительные отходы могут быть применены также и при производстве легких бетонов. В этом контексте можно отметить материал арболит, который изготавливается из отходов растительного сырья и минеральных вяжущих. Они являются эффективными теплоизоляционными и конструкционными материалами. Их применение на сегодняшний день ограничено только на малоэтажном строительстве.

Более 30 организаций в СНГ занимаются проблемой производства и эксплуатации арболитовых материалов и конструкций [66]. Предложены разработанные типовые проекты малоэтажных зданий и сооружений, где в качестве несущих и самонесущих стен, а также и перекрытий использованы арболитовые материалы. Они могут возводиться как монолитными, так и сборными. Также применяется единая номенклатура изделий для основных конструкций зданий, особенно для наружных и внутренних стен и перегородок. Что касается толщины наружных стен, то в зависимости от климатических условий местоположения строительства они могут иметь толщину 200; 240 и 280 мм, когда внутренние стены имеют толщину 200 мм. Следует отметить, что размеры изделий выбирается кратно рекомендуемым модулям –

шагу 3,6 м и должны увязаться с высотой этажа, которая составляет от пола до потолка – 2,5 м [70].

Проведенные исследования в НИИЖБе показали возможность использования синтетических смол в качестве связующего. При этом указывается, что синтетические смолы используются с кислыми катализаторами, которые твердеют без нагрева. Данные материалы получили название полимерного арболита [72]. Они имеют особую эффективность в сельском строительстве, с учетом сложности и дороговизны доставки строительных материалов.

Арболит нашел свое широкое применение в США и многих странах Западной Европы при строительстве малоэтажных зданий в различных климатических условиях [70]. Такое же широкое применение в производстве плитных материалов, растворов и бетонов, а также кирпичей, легких заполнителей, линолеума и т.п. наблюдается в странах СНГ [70, 108].

В Срене-Азиатских республиках ежегодно наблюдается скопление огромного количества стеблей хлопчатника (гуза-паи) после сбора хлопка-сырца. Несмотря на то, что в большинстве случаев основная часть гуза-паи используется как топливо местным населением, оставшаяся часть не находит достаточно эффективного применения и становится проблемой для дальнейшей обработки этих земель.

В табл. 1.2 приведены показатели валового сбора сельхозкультур для всех категорий хозяйств в Таджикистане, которые соответствуют Программе социально-экономического развития Республики Таджикистан (на период до 2015 года).

Согласно статистическим данным в Таджикистане, только в 2005 году остались необранными в хлопковых полях свыше 600 тыс. т стеблей хлопчатника, свыше 60% из которых населением традиционно используются в качестве топлива. Остаются неиспользованными около 240 тыс.т гуза-паи. Следует отметить, что комплексная переработка 1 т гуза-паи способна заменить 2,0...2,1 тыс. м³ ввозимой из России деловой древесины. Согласно

табл. 1.2, приведенные показатели имеют положительный градиент годового увеличения.

Таблица 1.2 – Показатели валового сбора сельхозкультур в Республике Таджикистан на период до 2015 г.

№ пп.	Показатели	Един. изм.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2015 г.
1.	Зерно	тыс.т	550,3	1001,2	1100,0	1200,0
2.	Хлопок-сырец	тыс.т	335,4	610,0	750,0	850,0
3.	Табак	тыс.т	7,20	2,00	2,50	3,00
4.	Герань	тонн.	33,0	350,0	1000,0	5000,0
5.	Картофель	тыс.т	303,2	501,3	527,0	573,0
6.	Овощи	тыс.т	354,4	605,7	620,6	650,0
7.	Бахчи	тыс.т	95,2	160,0	175,0	200,0
8.	Плоды и ягоды	тыс.т	166,0	170,0	195,0	270,0
9.	Виноград	тыс.т	110,7	101,0	126,0	152,0

Исследованиями доказано сходство стеблей хлопчатника с древесиной, как по строению, так и по химическому составу, что свидетельствует о возможности их переработки механическими и химическими способами. Из гуза-паи возможно получение арболитовых материалов, а при измельчении на мелкие фракции возможно получение ДСП. Из волокон гуза-паи получают такие материалы, как ДВП и различные виды картонов, а при использовании специальной технологии можно получить пластики без связующего, различные сорта бумаг и т.п.

Технологический процесс изготовления плитных материалов из растительного сырья следующий: гуза-паю измельчают на дробленке размером 30-60 мм; из измельченной гуза-паи приготавливают стружку; приготовленную стружку сушат до влажности 5-6% и в последующем предусматривают процесс смешивания с клеем. Далее формируются стружечный ковер на основе

полученной массы. В конце предусматривается прессование плиты при давлении 2-3 МПа с воздействием температуры 160-180°C [70].

Плиты, изготавливаемые из гуза-паи по технологии изготовления и эксплуатации идентичны плитам из древесины, в соответствии с действующим стандартом и другим нормативным документам.

В Республике Узбекистан, еще при Советской власти, в Узглавстрой-древпроме в г. Сергели собирались построить завод мощностью 40 тыс. м³ по выпуску плит ДСП из гуза-паи, с использованием импортного оборудования [70]. Но, только за короткое время, учитывая технологические трудности обработки гуза-паи [83], завод мог выпустить всего лишь ДСП марки II-I. Проводятся исследования по дальнейшему внедрению новой техники и технологии касательно создания рациональной технологии по изготовлению различных плит из стеблей хлопчатника.

В Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими - ТТУ (раньше - Таджикский политехнический институт - ТПИ) разработана технология получения плитных материалов - ДСП [104]. Экспериментальная партия была изготовлена в Душанбинском ДОКе (Деревообрабатывающем комбинате) на базе разработанной технологии. Проведенные испытания разработанных плит ДСП показали их соответствие нормативным требованиям и показателям. К достоинствам таких плит можно отнести относительно низкую плотность – на 13-15% без потери прочности, меньший расход смолы, а также и относительно малый износ режущего инструмента.

Была изготовлена экспериментальная серия ДСП из гуза-паи на Бишкекском (ранее Фрунзенском) деревообрабатывающем заводе №3. ДСП пригодны для изготовления щитов к опалубкам, элементов встроенных шкафов, запчастей к дверным полотнам, а также и чистого пола. Это привело к получению экономически выгодных изделий, так как снижены трудовые затраты при их изготовлении, и следовательно произошло сокращение накладных расходов [83].

В качестве нормативных документов можно назвать технологическую инструкцию по разработке однослойных плит из гуза-паи, согласно действующим техническим условиям по ТУ 1326708-81 «Плиты из гуза-паи для строительства».

Совместные исследования ученых Института органической химии АН Кыргызской Республики и Уральского лесотехнического института привели к созданию технологического процесса по производству плит ЛУДП. А также в этих исследованиях были проведено технико-экономическое обоснование касательно производства различных пластиков из гуза-паи [87].

В Республике Азербайджан проводится ряд исследований по рассматриваемой проблематике. Например, в НИИ стройматериалов и сооружений им. С.А. Дадашева проведено исследование по получению хлопко-стеблебетона [102], который является конкурентноспособным для альтернативных вариантов. Данный материал изготовили в нескольких вариантах, а в качестве связующего использовали строительный гипс и молотую негашеную известь. В качестве заполнителя были использованы стебли хлопчатника, а также и ракушечный песок. Данный материал имеет следующие характеристики: объемная масса - $\gamma = 780-1380 \text{ кг/м}^3$; прочность на сжатие $2\div 4 \text{ МПа}$ [102].

Авторы работы [83] в своих исследованиях при разработке теплоизоляционных плит использовали хлопковые отходы совместно с жидким стеклом. Отрицательным явлением при этом можно считать большое время прохождения химических процессов при структурообразовании этих материалов. Также отрицательным можно считать высокую себестоимость этих материалов, из-за дороговизны его компонента – жидкого стекла, а также сравнительно большой их разбухаемости.

1.4. Заключение по обзору анализа литератур

Обобщенный анализ обзора литературы дает основание заключить, что основным характеристикам касательно различных свойств растительных

материалов посвящен ряд исследований [11, 17-19, 34, 54, 55, 62, 76, 81, 93, 100, 102, 107, 109-111 и др.]. Проблемы использования гуза-пай при изготовлении различных строительных материалов анализируются также и в работах [4-6, 35, 36, 38-44, 46, 48, 56, 57, 74, 71, 77, 78, 82, 89-92, 94-97, 100-102 и др.]. Вопросами физико-технических и физико-химических основ структурообразования строительных материалов, касательно многокомпонентных систем, под влиянием эксплуатационных факторов, посвящены исследования ряда ученых СНГ и дальнего зарубежья [37, 39, 68, 72, 75, 101 и др.].

Анализ проведенных исследований привел к заключению, что накопленная гуза-пая после сбора хлопка-сырца с точки зрения агротехнической и экологической безопасности имеет возможность использования в качестве теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов из гуза-пай в органически рыхлом и органически-связанном виде, которые в дальнейшем могли бы быть использованы в наружных стенах малоэтажных зданий и сооружений.

В проведенных исследованиях, в основном, выявлены следующие особенности:

- предлагается решение, в основном, технических задач с целью разработки материалов на основе растительно-вяжущей композиций (РВК), где в качестве растительного заполнителя применены преимущественно отходы древесины и редко, дикорастущего растительного сырья;

- приводятся дискретные и порою несвязанные экспериментальные данные касательно физико-технических и физико-химических характеристик материалов из РВК, что затрудняет вопросы применения этих материалов в конструкциях наружных и внутренних стен малоэтажных зданий и сооружений;

- нет необходимых достоверных исследований по прочности композиционных теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов для несущих стен зданий, в зависимости от структуры теплоизоляции

с обеспечением заданной прочности, долговечности и других эксплуатационных характеристик.

Вышеприведенное указывает на проведение комплексного исследования физико-технических свойств и закономерностей структурообразования композиционных материалов с использованием гуза-паи для их применения в качестве теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов и изделий в ограждающих конструкциях зданий.

Таким образом, основные приоритеты, касательно развития производства, использования и применения строительных материалов во временных рамках меняются. Намечаются пути перехода от традиционных понятий совершенствования структуры и составов к модернизации технологии их производства. При этом, повышенное внимание уделяется самой структуре и процессу структурообразования бетонов. Исследования И.Н. Ахвердова, Ю.М. Баженова, Г.А. Батырбаева, Г.И. Горчакова, В.Г. Батракова, А.В. Волженского, З.М. Ларионовой, П.С. Красовского, В.Г. Микульского, А.Н. Ребиндера, О.П. Мчедлова-Петросяна, В.И. Соломатова, В.В. Стольников, В.М. Хрулева, И.К. Касимова, В.М. Курдюмовой, А.А. Абдыкалыкова, А.С. Мавлянова, А.Ш. Шарифова, Б.Т. Ассакунова, М.Т. Касымовой, З.В. Кобулиева, Д.Х. Саидова и многих других ученых-исследователей [6, 9, 10, 12, 16-18, 32, 34-42, 49-52, 57, 63, 64, 74, 81, 104 и др.] в этом направлении получают новое развитие.

Выводы по главе 1

1. Внедрение эффективных технологических решений в контексте улучшения качества сферы жизнедеятельности положительно, является одним из атрибутов развития экономического потенциала каждой страны. При этом в сфере строительных материалов и изделий, вопросы ресурсо- и энергосбережения, а также и снижения трудовых затрат с учетом рационального и эффективного использования местного сырья являются актуальными.

2. Путем сопоставления с проведенным исследованием, установлена электронно-микроскопическая картина стеблей хлопчатника и березы на морфологической структурной основе, на основе которой, в общем, выявлено сходство основных свойств измельченных стеблей хлопчатника и древесины. Однако, гуза-пая, как сложный растительный комплекс, имеет свои специфические свойства, которые должны быть учтены при использовании в производстве строительных материалов, изделий и конструкций.

3. Анализ литературных источников привел к заключению о том, что на данное время в недостаточном объеме проведены исследования касательно физико-химических и физико-технических свойств арболитовых материалов – материалов на основе вяжущего в виде минерального сырья, а также и растительного сырья на основе местного сырья Таджикистана. Также недостаточно изучены основные закономерности структурообразования арболитовых материалов, изделий и конструкций из местного минерального и растительного сырья. Все это определяет основную гипотезу исследования, которая направлена на решение проблемы повышения долговечности арболитовых материалов на основе местного сырья Таджикистана с учетом его резкоконтинентальных климатических условий.

4. Установлено, что рациональное использование местного сырья является эффективным способом снижения расходов при производстве материалов на основе растительно-вяжущей композиции (РВК). Таким образом, учитывая то обстоятельство, что 70% общей площади осваиваемых территорий Республики Таджикистан занимают лёссовые грунты и они, как дешевые и доступные вяжущие вещества, наряду с гуза-пайей могут служить в качестве необходимых компонентов местного назначения для производства арболитовых материалов.

5. На основе анализа существующего состояния проблемы использования местного сырья в производстве строительных материалов, изделий и конструкций, основным направлением исследований в диссертации опреде-

лено как теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение целесообразности разработки энергосберегающей технологии изготовления материалов на основе РВК из стеблей хлопчатника, путем исследований процессов их структурообразования.

6. Анализ научной литературы по направлению диссертационного исследования привел к следующему заключению, что в них:

- предлагаются решения, в основном, технических задач с целью разработки материала;

- приводятся дискретные и порою несвязанные экспериментальные данные касательно физико-технических и физико-химических характеристик материалов из РВК, что затрудняет вопросы применения этих материалов в конструкциях наружных и внутренних стен малоэтажных зданий и сооружений;

- отсутствуют необходимые достоверные исследования, характеризующие прочность композиционных теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов для несущих стен зданий, в зависимости от структуры теплоизоляции с обеспечением заданной прочности, долговечности и другие эксплуатационные характеристики.

Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Сырье и материалы

В диссертационной работе имеются следующие объекты исследования (рис. 2.1):

А). К сырьевым материалам относятся: вяжущее вещество – минеральное сырье: цемент, гипс и лессовидный суглинок; наполнитель органический: отходы переработки сельхозпроизводства); добавки: химические и минеральные.

Б). К основным материалам исследования относятся следующие:

- органически связанные композиционные материалы на основе РВК;
- материалы из растительно-цементной композиции - РЦК;
- материалы из растительно-гипсовой композиции - РГК;
- материалы из растительно-комбинировано-вяжущей композиции (РКВК).

В качестве материалов исследования также использованы и бетоны с использованием добавок на основе щелочного экстракта стеблей хлопчатника (ЩЭСХ).

В). К основным конструкциям исследования относятся стеновые панели с теплоизоляцией на основе материалов из РВК.

Согласно предложенной классификации Б.Н. Кауфмана [33], стебли хлопчатника относятся к категории органических материалов волокнистой структуры (рис. 2.2).

Как видно из рис. 2.2, органически рыхлые материалы включают в себя сельскохозяйственные отходы, отходы деревообработки, а также к ним относятся и дикорастущие растения.

К органически связанным материалам волокнистого строения относятся материалы, имеющие наполнители из растительного сырья и связующие

вещества - минеральные и органические. Таким образом, согласно классификации Б.Н. Кауфмана [33], исследуемые строительные материалы на основе гуза-паи можно отнести к органически связанным материалам, грубо-волокнутой структуры, которая показана пунктиром на рис. 2.2.

С целью определения основных характеристик объектов исследования, исходя из принципов логической последовательности, исследование начинаем с определения основных характеристик стеблей хлопчатника рыхлой структуры.

Обоснование выбора гуза-паи, в качестве объекта исследований, в диссертационной работе, объясняется тем, что она в Таджикистане является наиболее распространенными и основными нереализованными целлюлозосодержащими органическими отходами растительного сырья (см. п. 1.2 первой главы диссертации). Также в качестве обоснования выбора гуза-паи можно сказать, что она пригодна для сравнения с другими видами растительного сырья, а также и другими сельскохозяйственными отходами.

В качестве органически связанных, в объектах исследования, рассматриваем в общем, органически связанные материалы на основе растительно-вяжущей композиции (РВК), которые включают в себя три вида материалов:

- материалы на основе растительно-цементной композиции (РЦК);
- материалы на основе растительно-гипсовой композиции (РГК);
- материалы на основе растительно-комбинированно-вяжущей композиции (РКВК).

С целью повышения прочностных характеристик органически связанных материалов на основе РВК – особенно РЦК применяются различные виды добавок. Использование химических добавок приводит к ускорению процессов твердения, улучшению технологических процессов разработки смесей композиции. При использовании РВК в конструкциях повышения антикоррозийных свойств материалов, изделий и конструкций по отношению к армируемой стальной арматуре (табл. 2.1).

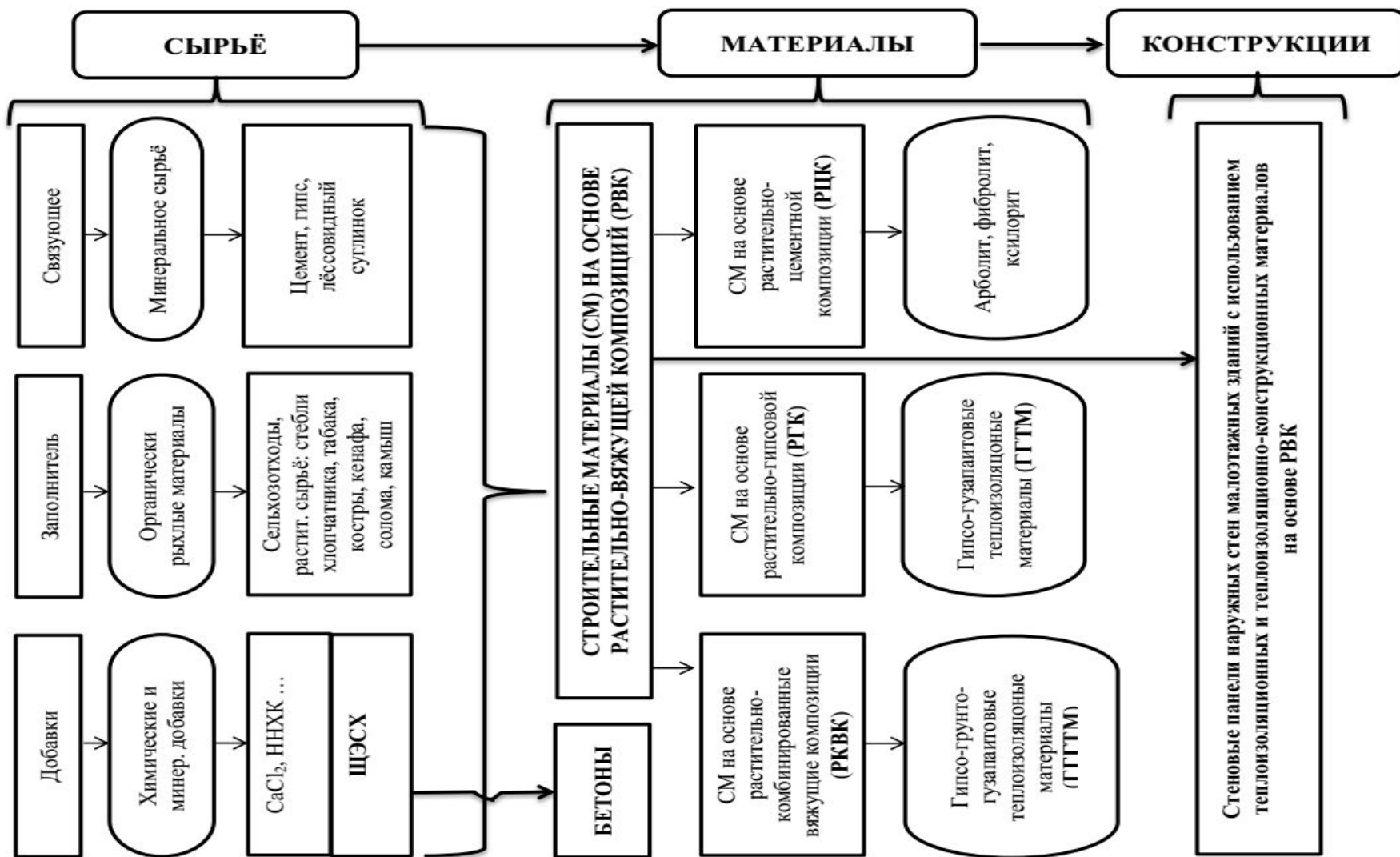


Рисунок 2.1 – Объекты исследования.



Рисунок 2.2 – Классификационная структура строительных материалов на основе отходов растительного сырья (классификации Б.Н. Кауфмана [24]).

Среди применяемых химических добавок (ХД), имеются и агрессивные по отношению к армируемой стальной арматуре, также на таких, как серноокислый алюминий и хлористый кальций.

Проведенные предварительные исследования указывают на то, что выбор количества ХД, впитываемого растительным сырьем – гуза-паей, в основном зависит от величины плотности самого раствора для замачивания.

Возможно и использование комплексных добавок. В этом случае количественное соотношение структурных компонентов ХД определяют исходя из основных характеристик материалов – составляющих компоненты арболитовой смеси. Этот подход требует корректировки в случае перехода на другие компоненты - сырьевые материалы.

2.2. Химический состав и химическая агрессивность компонентов РВК

Исследованиями доказано сходство стеблей хлопчатника с древесиной, как по химическому составу, так и по структурному строению. Это означает, что для определения основных характеристик гуза-паи рыхлой структуры можно воспользоваться общими характеристическими данными целлюлозо-содержащих органических систем для материалов растительного происхождения, самыми изученными из которых является древесина. Таким образом, становится возможным использование основных свойств древесины и древесных стружек и для дробленки гуза-паи [15]. Однако, гуза-пая имеет свои особенности и по строению и по химическому составу, которые определяют основные характеристики условия формирования структурообразования гуза-паи [5, 97]. В качестве сравнения приведем некоторые значения химико-минералогического состава избранных пород древесины и стеблей хлопчатника (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Некоторые значения химико-минералогического состава избранных пород древесины и стеблей хлопчатника

Составные части, %	Ель	Сосна	Осина	Бук	Стебли хлопчатника
Целлюлоза (определена по хлорному методу, без пентозанов)	58,52	55,58	54,04	47,80	38,71-49,11
Лигнин (определена по сернокислому методу)	28,11	26,51	20,11	22,37	30,05-32,01
Гемицеллюлоза	6,26	6,45	14,01	20,15	10,05-10,43
Пектиновые вещества	4,04	3,21	8,41	6,06	5,72-6,57
Экстрактивные вещества (растворимые в горячей воде)	1,93	2,34	2,29	2,43	2,82-12,03

Как свидетельствуют данные табл. 2.1, основную часть клетчатки составляют целлюлоза и лигнин, которые не оказывают отрицательного влияния на процесс твердения цементных вяжущих. Пектины и гемицеллюлоза гидратируются в щелочной среде и могут переходить в водорастворимые сахара.

В небольшом количестве - 0,1-0,5% от ее массы, содержатся в стеблях хлопчатника простейшие водорастворимые сахара. Малый размер молекул водорастворимого сахара дает возможность их вымывания под влиянием раствора «минерализатора», что в дальнейшем составляют «цементные яды» для цементного теста.

Танины – это экстрактивные вещества, которые вымываются из растительного сырья горячей водой или горячим раствором «минерализатора», вследствие чего не имеют влияния на процесс твердения вяжущего.

Следует отметить тот факт, что на процесс твердения цемента не влияет содержащиеся в стеблях хлопчатника смолистые вещества. Здесь речь идет об образовании мыльных растворов, которые образуются в результате взаимодействия смоляных кислот, выделяющихся из стеблей хлопчатника со щелочами состава цементного теста. В случае, когда смолистые вещества в гуза-пай имеются в значительном количестве, то величина прочности РЦК

несколько снижается. Это обстоятельство происходит из-за уменьшения величины смачива-емости частиц стеблей хлопчатника, а также и ослабления сцепления с цементным камнем.

Также замедлителем процесса твердения арболита является содержащиеся в гуза-пае легкогидролизуемые и экстрактивные вещества – «цементные яды». В связи с этим мы попытались нейтрализовать это вредное влияние. «Цемент-ные яды», состоят из углеводных групп HCOH и их взаимодействия с минера-лами цемента $3CaO \cdot SiO_2$ и $3CaO \cdot Al_2O_3$. Они играют роль изолятора частиц цемента от проникновения воды, вследствие чего происходит замедление про-цесса гидратации вяжущего вещества - цемента.

Что касается содержания полисахаридов, то они имеют различные отличительные значения в зависимости от видов растительного сырья. Как свидетельствуют данные табл. 2.2, наименьшее количество полисахаридов (18,2%) имеет рисовая лузга, а наибольшее количество полисахаридов находится в гуза-пае (26,3%) и в виноградной лозе (27,2%) [107].

Таблица 2.2 – Величины содержания полисахаридов в отходах растительного сырья

Вид растительного сырья	Количество полисахаридов, % от абсолютно сухого вещества	
	Легкогидро-лизуемых	Трудногидро-лизуемых
Подсолнечная лузга	21,4	27,1
Рисовая лузга	18,2	29,1
Хлопковая шелуха	20,6	41,4
Гуза-пая (стебли хлопчатника)	26,3	38,4
Костра кенафа	21,8	37,5
Виноградная лоза	27,2	30,9
Тростник	20,5	40,1

Для уменьшения негативного влияния таких факторов, как присутствие водорастворимых экстрактивных и легкогидролизуемых веществ на формирование прочности арболита, необходимо удалить эти вещества из растительного сырья при его взаимодействии с цементом, что приведет к ускорению твердения портланд-цемента. При этом также наблюдается и сокращение времени взаимодействия сахаров на формирования прочности – процесс твердения. В значительной степени при использовании способов «минерализации» растительного сырья, требуется многоступенчатая обработка растительного заполнителя раствором хлористого кальция, а также и жидким стеклом [64]).

Проведенные исследования показали, что использование применяемых способов «минерализации» растительного сырья в качестве заполнителя приведет к повышению скорости нарастания прочности только в начальный период (табл. 2.3) и этого недостаточно для получения достаточно прочного материала.

Таблица 2.3 – Величина прочности и расход компонентов в системе «Растительное сырьё – цементный камень»

Материал	Средняя плотность, кг/м ³	Прочность, МПа		Расход компонентов, кг на 1 м ³ арболита			
		При изгибе	При сжатии	Растительный заполнитель	Цемент	Химические добавки	Вода
Арболит марок М10 - М35 (ГОСТ 19222-84)	500-800	0,40-0,75	0,80 - 2,8	180-240	280-400	8	300-400
Дюризол	600-700	0,8-1,0	1,3-3,0	200-230	325-350	37	70-100
Велокс	550-600	1,0-1,8	-	366-414	200	16	150
Пилинобетон (в абсолютно сухом состоянии)	700	1,25	1,65	166	411	16,5	284

2.3. Методы физико-химических исследований

К физико-химическим методам исследований относятся петрографический метод, электронная микроскопия, рентгенографический (рентгенофазовый и рентгеноструктурный) анализ (РГА (РФА и РСА)), дифференциально-термический анализ (ДТА) и спектральный анализ (СА или СПА).

В исследованиях, в основном использовали цементы Душанбинского цементного завода. Показатели активности и минералогического состава данного цемента приводятся в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Показатели активности и минералогического состава цементов

Наименование цемента	Марка цемента, МПа	Минералогический состав, мас. %			
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ FA
Обычный Душанбинский	40,0	55,1	22,4	8,2	13,1
Сульфатостойкий Душанбинский	40,0	50,2	25,5	5,2	18,2
Низкоалюминатный	40,0	47,3	29,2	3,6	17,5
Среднеалюминатный	40,0	61,2	17,4	6,3	14,4
Высокоалюминатный	30,0	36,4	32,3	14,3	14,2
Ахангаранский	50,0	63,2	15,4	4,6	13,2

Для проведения исследований по коррозионностойкости цементного камня был использован цемент М400.

Использованы строительные материалы, в состав которых применялись также и заполнители горных пород, которые являются производственными продуктами Душанбинского завода нерудных материалов. При этом, основные размеры фракции песка составили 0,14-5,0 мм, а щебня 5-20 мм и 5-40 мм.

Результаты рентгенограммы обычного цемента Душанбинского цемзавода приведены на рис. 2.3. В результате рентгенограммы установлено, что выявленные линии относятся к следующим фазам: C_3S ($3CaO \cdot SiO_2$); C_2S ($2CaO \cdot SiO_2$); C_4AF ($4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot F_2O_3$). Также в исследуемом объекте выявлены линии этtringита слабой интенсивности ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot (32-34)H_2O$) ($d=3,474; 3,662; 5,608 \text{ \AA}$).

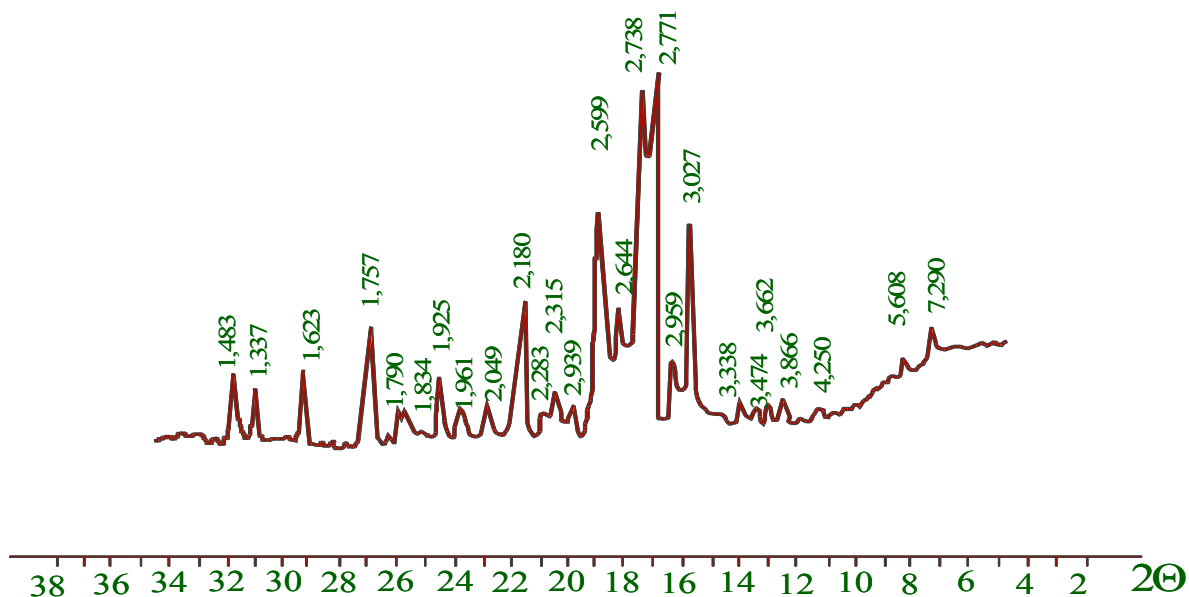


Рисунок 2.3 - Рентгенограммы обычного цемента Душанбинского цемзавода.

С целью модификации основных свойств цементосодержащих композиций, в развитие методики д.т.н., проф. Шарифова А. добавка - щелочной экстракт стеблей хлопчатника (ЩЭСХ).

Следует отметить тот факт, что величина расхода минеральной добавки в составе цемента находится в обратной пропорциональности от содержания цемента: если расходы минеральной добавки в составе цемента изменятся от 5 до 50%, то содержание цемента в составе раствора, соответственно, снижнется от 5 до 50%. Таким образом, при этом отношении цемент: песок изменяется, начиная от 1:3, с достаточно широким пределом варьирования их состава.

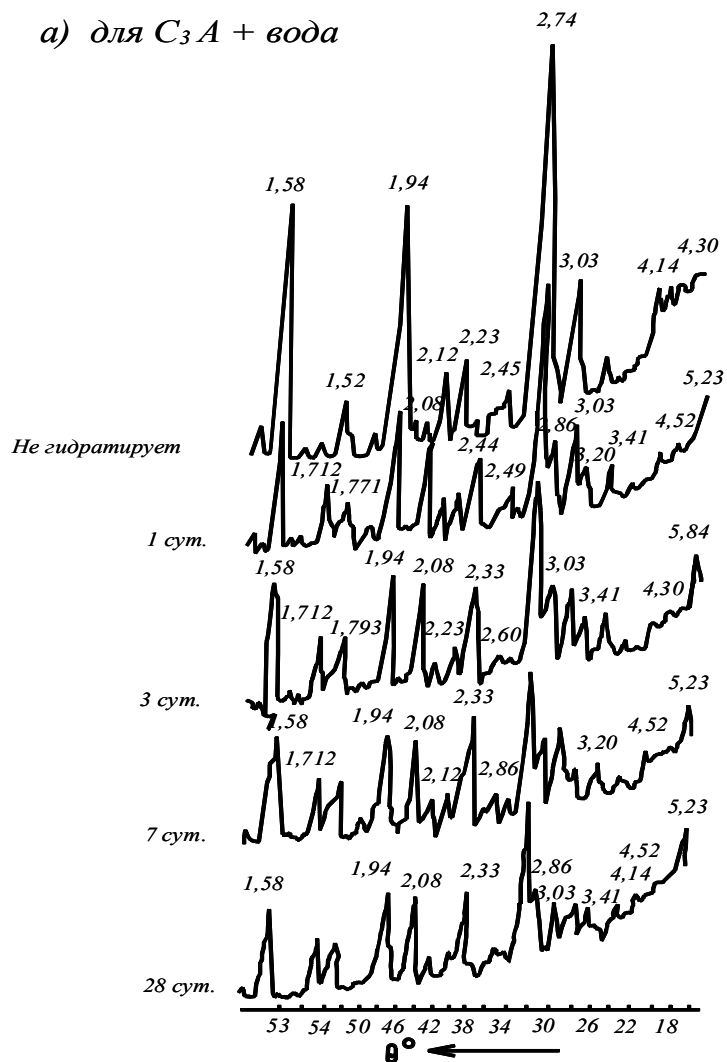
Исследования показали, что на процесс твердения арболита отрицательно влияют водорастворимые вещества растительного заполнителя. В связи с этим, без применения предварительной обработки трудно получить арболитовый материал высокой прочности свежезаготовленных стеблей хлопчатника. Улучшение показателя прочности арболита можно наблюдать при замачивании дробленки гуза-пай в течение 15 мин с последующим удалением водной вытяжки. Таким образом, предварительная обработка растительного заполнителя является обязательным атрибутом технологии изготовления арболитовых материалов, изделий и конструкций.

Результаты проведенного рентгеноструктурного анализа процесса гидратации C_3A , при ее твердении в течение 3 месяцев (рис. 2.4, а) показывает, при наличии водорастворимых веществ, на ряду негидратированного C_3A (4,30; 4,14; 3,03; 2,74; 2,23; 1,94; 1,58Å) и гидроалюмината состава C_3AH_6 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) (4,52; 3,41; 3,20; 2,86; 2,50; 2,08; 1,77; 1,70Å) имеется гидроалюминат C_3AH_8 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 4H_2O$) (3,62; 2,90; 2,60; 2,50; 2,10; 1,66Å) и вероятно C_3AH_n ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 0,5nH_2O$) (рис. 2.4, б)

Детерминированно-термический анализ (ДТА) для исследуемых образцов был проведен на пирометре Курнакова ПК-55, который имеет платино-платино-родиевую термопару. В качестве эталона была исследована прокаленная окись алюминия, так как в интересующем нас интервале температур он не имеет так называемые «фазовые превращения».

Запись на пирометре ПК-55 производилась с использованием электрической печи сопротивления, где можно получить необходимое значение температуры. При этом скорость нагрева достигала 8-10°C/мин, а точность измерения температуры - $\pm 5^\circ C$. Анализ термограммы гидроалюмината C_3AH_6 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) указывает на выявление эндоэффектов при 330°C и 510°C, что указывает на образование гидроалюминатов C_3AH_6 кубической модификации.

а) для C_3A + вода



б) для C_3A + экстракт водорастворимых веществ

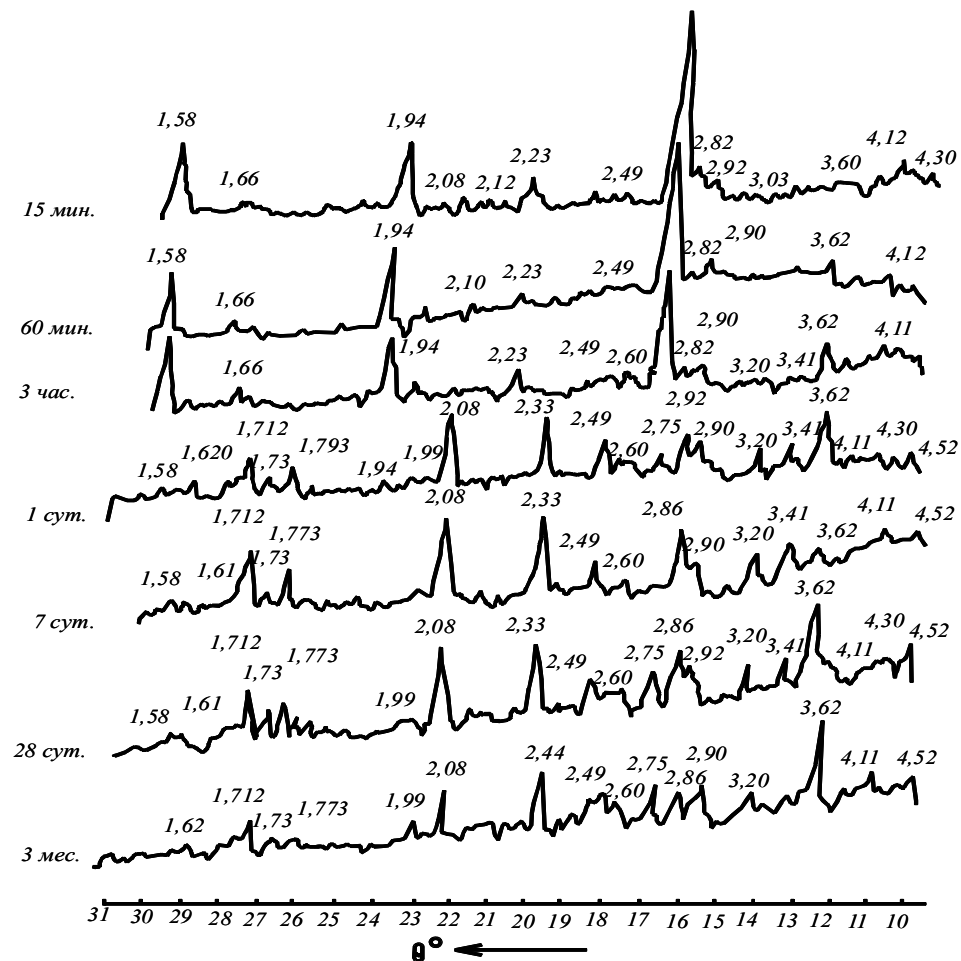


Рисунок 2.4 - Рентгенограммы компонента C_3A при различных сроках гидратации и твердения для: а) C_3A + воды; б) C_3A + экстракта водорастворимых веществ.

2.4. Методы определения строительно-технических свойств

Также согласно требованиям ГОСТ 310-81 определены основные строительно-технические свойства исследуемых цементов и цементных вяжущих. Особое значение при этом дано определению тепловыделения исследуемых цементов при их гидратации, которые были проведены измерением температуры реакционной смеси с использованием калориметрического метода. Таким образом, значение тепловыделения бетонов в процессе твердения определяли в соответствии с методикой, приведенной в ГОСТ 24316-80.

По диаметру расплывания конуса стандартных размеров, на лабораторном вибрирующем столике была определена подвижность растворной смеси. Также согласно требованиям ГОСТ 10181.1-81 определена удобоукладываемость бетонной смеси. Одновременно с проведенными исследованиями был изучен процесс влияния химических добавок на кинетику изменения водопотребности цементных вяжущих. Величину вязкости цементного теста определили согласно требованиям ГОСТ 10181.4-81, а для определения воздухововлечения бетонной смеси приняли методу, приведенной в ГОСТ 10181.3-81.

По методам испытания цементов, согласно ГОСТ 310.4-81 определена величина активности цементных вяжущих. Из смеси состава 1:3 (вяжущее; песок) при водо-вяжущем отношении $V/V = 0,4$ были изготовлены стандартные образцы размером 4x4x16 см. Они в течение 28 сут. подвергались твердению в нормальных условиях, при основных параметрах среды: температур $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$; влажности 100%, т.е. в воде. Прочность образцов на изгиб был испытан на приборе типа 2035.П0.5. Оставшиеся при этом половинки испытанных образцов подвергались испытаниям на прочности при сжатии, который был произведен на гидравлическом прессе типа П-10 и П-50.

Образцы размерами 15x15x15 см и 10x10x10 см, при твердении в соответствующих условиях испытаны на прочность на основании требований

ГОСТ 18105-86. Также и были испытаны и образцы подвергшие тепловлажной обработке (ТВО) при температурах $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$. Как правило, прочность образцов были испытаны после их подвержения тепловлажностной обработки (ТВО) на 1, 3, 7, 14, 28, 90, 180, 360 и 720-е сут. их твердения. Результаты лабораторных и промышленных испытаний свидетельствуют об эффективности влияния добавок.

Показатели деформативности были проведены на образцах размерами $10 \times 10 \times 40$ см после 28 суточного их твердения в нормальных условиях с использованием методики, приведенной в ГОСТ 24452-80. Согласно этого нормативного документа, к показателям деформативности относят: коэффициент призмной прочности - (K_n) ; модуль упругости - $(E, \text{МПа})$.

Что касается относительной пористости цементной композиции, которая характеризуется равномерным распределением пор по их объему, то она была определена с помощью метода ртутной пирометрии, подробное описание которого приведена в работе [89]. Величины пористости и водопоглощения испытуемого материала также оценили и согласно требованиям ГОСТ 12730-78.

С целью исследования свойства водонепроницаемости испытуемого цементного камня, состоящего из разновидностей бетонных смесей, из которых формовали образцы цилиндрического вида размером 150×150 мм, которые по времени - до 28 сут. были подвергнуты твердению в нормальных условиях. Произведена оценка свойства водонепроницаемости цементного камня по методу «мокрого пятна», согласно ГОСТ 12730.5-84. При этом, водонепроницаемость цементного камня при испытаниях определяется по величине давления воды, вызывающей появление капель воды на поверхности образца.

Теплопроводность образцов формой призмы размерами $250 \times 250 \times 50$ мм проведены на приборе «Бокка» - приборе для определения теплопроводности

испытываемых материалов. А также и для определения прочностных характеристик были испытаны изготовленные кубики размерами 150x150x150 мм.

Оценили свойства морозостойкости исследуемых образцов, методом «попеременного замораживания и оттаивания» воды в порах испытываемого цементного камня. Процесс замораживания происходит при значения температуры минус 18-22°C, а в процессе оттаивания вода имеет комнатной температуры образцами размером 100X100X100 мм на основании нормативных требований согласно ГОСТ 10060-87. Количества циклов испытания и потерь массы и прочности образцов и определяет морозостойкость цементного камня.

Оценка коррозионностойкости цементного камня произведена на образцах размером 40x40x160 мм и 100x100x100 мм строительного раствора, путем их погружения в агрессивные растворы разных составов. Перед испытанием образцы 28 сут. твердели в нормальных условиях. Длительность испытания составила 1 год, в течение которого были подвержены испытанию в нормальных условиях также и эквивалентные образцы.

Выбор агрессивных растворов по ионному составу и содержанию компонентов произведен на основании требований СНиП II-28-73*. Исходя из разнообразия принятых в исследованиях агрессивных растворов в зависимости от состава и количественного показателя, в соответствующих разделах диссертационной работы учитывается особенность их применения.

Также процесс влияния агрессивной среды на твердение и формирования прочности арболитовых материалов подвергнуто моделированию. В нем рассмотрены различные сценария влияния агрессивной среды на объекты исследования. При исследовании коррозионностойкости образцов, они были полностью погружены в исследуемые агрессивные растворы, создающие жесткие условия их влияния на цементный камень. Это дает возможность получить более достоверные результаты касательно влияния исследуемых добавок на коррозионностойкость композиций.

Следует отметить тот факт, что коррозионностойкость образцов определили, как по значениям изменения прочности образцов, твердевших в агрессивных средах, так и значением коэффициента стойкости. Известно, что коэффициент стойкости вычисляется как величина отношения прочностей образца, твердевшего в агрессивной среде, к образцу, твердевшего в нормальной среде. Исследованием также подвергалась и кинетика твердения цементного камня от времени влияния исследуемых агрессивных сред.

Также свойства коррозионностойкости исследуемых композиций оценивались согласно изучению изменения размеров и величины массы образцов, химического состава и фазового превращения в составах цементного камня, а также и величины концентрации агрессивных растворов. При периодической замене агрессивных растворов было анализировано содержание $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Величина содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$, выщелачивается из цементного теста в дистиллированную воду и повышает концентрацию отработанных растворов различных кислот. По значениям концентрации отработанных растворов различных кислот количественно оценивается и степень выщелачивания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в процессе структурообразования цементного камня и определяется количество компонентов цементной композиции, необходимое на нейтрализацию ионов агрессивных растворов. Также для достоверности изучения процесса влияния добавок на кинетику изменения проницаемости цементной композиции проводилась и оценивалась по величине коэффициента диффузии агрессивных ионов, проникающих вглубь исследуемых образцов.

Содержание растворившегося в дистиллированной воде гидроксида кальция - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ определили титрованием отработанной воды 0,1 н раствором кислоты HCl с учетом присутствия индикатора. Что касается содержания ионов H^+ в отработанных растворах кислот, то они определялись путем титрования 0,1 н раствором NaOH .

2.5. Статистическая достоверность полученных результатов

Методом математической статистики, разработанной для числа определений ($n > 5$), рассчитана точность проведенных нами опытов. Достоверность результатов и значимость различий сопоставимых результатов проверена с помощью критерия Z по функции Лапласа [14].

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

1. Определялась дисперсия случайной величины

$$G = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2.1)$$

где x_i - наблюдаемое значение случайной величины;

\bar{x} - математическое ожидание случайной величины;

n - количество проведенных экспериментов.

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

3. Определялась предельная погрешность математического ожидания

$$\varepsilon = t_{0,025; J} \cdot \frac{G}{\sqrt{n}}. \quad (2.2)$$

4. Определялась доверительный интервал

$$\left] \bar{x} - \varepsilon; \bar{x} + \varepsilon \right[. \quad (2.3)$$

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

$$Z_{набл} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{G_1^2}{n} + \frac{G_2^2}{n}}}. \quad (2.4)$$

По таблице функции Лапласа находится критическая точка по равенству

$$\Phi\left(Z_{кр} - \frac{\alpha}{2}\right) = (1 - \alpha). \quad (2.5)$$

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

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

$$m_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}, \quad (2.6)$$

где m_r - средняя ошибка коэффициента корреляции;

n - число наблюдений.

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

Достоверность опытных и вычисленных величин в виде результатов расчета приводятся в табл. 2.5.

Таблица 2.5 - Достоверность опытных и вычисленных величин

№ п/п	Независимые переменные величины ПСД, %	Средне-ариф- метическая величина теплопроводности в сухом состоянии λ_0 , Вт/(м·К)		$Z_{набл} = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{G_1^2}{n} + \frac{G_2^2}{n}}}$	$Z_{кр}$ по табл. 4, [14]	Результат проверки $Z_{набл} > Z_{кр}$
		X_1	X_2			
Гипсо-грунто-гуза-паитовый теплоизоляционный материал (ГГГТМ), плотность 250-400 кг/м ³						
1.	8	0,161	0,152	$Z_{набл} = 2,03$	1,96	Отличие значимо
2.	8	0,130	0,150	$Z_{набл} = 2,42$	1,96	Отличие значимо
3.	9	0,191	0,186	$Z_{набл} = 2,08$	1,96	Отличие значимо
4.	9	0,257	0,252	$Z_{набл} = 2,13$	1,96	Отличие значимо
5.	10	0,112	0,124	$Z_{набл} = 2,26$	1,96	Отличие значимо
6.	10	0,153	0,146	$Z_{набл} = 2,17$	1,96	Отличие значимо
7.	11	0,187	0,178	$Z_{набл} = 2,43$	1,96	Отличие значимо
8.	11	0,226	0,248	$Z_{набл} = 2,15$	1,96	Отличие значимо

2.6. Оборудование и приборы, используемые при исследовании

Производство имеет свою собственную специфику, а также и диктует свои условия. В нашем случае, в этих условиях число компонентов композиционного материала и вид добавок выбирается в зависимости от конкретных условий, к которым относятся качества применяемого растительного заполнителя, с учетом факторов специфического назначения в контексте соответствия к условиям эксплуатации материалов, изделий и конструкций.

В общем, технология арболита не отличается от технологического процесса изготовления обычного бетона на пористых заполнителях, в основном сохраняя идентичные операции. Но следует учесть особенности органического целлюлозосодержащего растительного заполнителя в технологическом процессе изготовления материалов на основе РВК из местного растительного сырья [1, 21-28].

В производственных условиях, при реализации технологического процесса изготовления материалов, изделий и конструкций на основе РВК следует провести следующие операции:

- дробление и подготовка растительного заполнителя по гранулометрическому составу;
- обработка растительного заполнителя;
- дозировка компонентов материалов на основе РВК - арболита;
- процесс приготовления арболитовой смеси;
- операция укладки арболитовой смеси в формы и их уплотнение;
- процесс термообработки отформованных материалов и изделий;
- процесс вызревания при определенных положительных температурах;
- процесс транспортировки готовой продукции на склад.

В технологическом процессе производства изделий из арболита используются следующие оборудования и приборы:

1 - рубительная машина:

- дисковая рубительная машина МРНП-30 с наклонной подачей сырья и выбросом щепи вверх;
- дисковая рубительная машина МРГ-20Н с горизонтальной подачей сырья и выбросом щепи вниз;
- барабанная рубильная машина ДУ-2;
- дробильная машина марки ТТ91ОР финской фирмы «Перусюхтума»;
- различные машины и механизмы: рубительные, дробильные и соломорезки; молотковые дробилки марки ДМ-1 и ДМ-2 в комплекте с автомати-

ческим стеблеизмельчителем, саломорезка РСС-6, универсальная дробилка кормов ДКУ-М и ДКУ-2,0-1 «Украинка»;

2 - циклон;

3 - бункер щепы;

4 - барабанный дозатор;

5 - молотковая дробилка;

6 - бункер дробленки;

7 – виброгрохот, вибрационные и гирационные сортировки СЩ-0,2; СЩ-1; СЩ-60; СЩ-120; ВГО-1 и др.;

8 - сетчатый контейнер для отсева растительной дробленки;

9 - кран-балка для передвижения малогабаритных грузов;

10 - дозатор химических реактивов и растворов;

11 - емкость для химических реактивов и растворов;

12 - центробежный насос типа НЦ-107;

13 - перфорированная труба, диаметрами $d=100$ мм и более;

14 - шиберный затвор;

15 - шнековый конвейер;

16 - бункер (для песка, а также и минеральных добавок);

17 - бункер для цемента;

18 – автовесы, прикрепленные к демонстративному стенду;

19 – смеситель, где приготавливают раствор для фактурного слоя;

20 – смеситель, где приготавливают смеси материалов на основе РВК;

21 - раздатчик;

22 - ровнитель;

23 - металлическая форма в виде фермы;

24 - цепной конвейер, производительностью более 5000 кг/час;

25 - формовочный пост на 4 партии продукции;

26 - захват;

27 – накопитель материалов, изделий и конструкций;

28 - камера термообработки, при различной терморегуляции.

Также можно использовать другую, более упрощенную технологическую процесс, который приводится в п. 3.5 диссертации. В этом случае используются следующие оборудования и приборы:

- 1 – ленточный транспортер, производительность 5-10 т/час;
- 2 – молотковая дробилка с объемом 5 м³;
- 3 – вибросито, регулируемое;
- 4 – приемник;
- 5 – ковшовая мешалка, объемом 3-5 м³;
- 6 – бак с водой, объемом более 5 л;
- 7 – транспортёр;
- 8 – элеватор;
- 9 – расходные бункеры;
- 10 – дозаторы;
- 11 – бак с дозаторами для различных видов добавок;
- 12 – смеситель для приготовления композиционной массы;
- 13 – укладчик для нанесения фактурного слоя арболита;
- 14 – укладчик массы материалов на основе РВК;
- 15 – рольганг;
- 16 – формы-оснастки;
- 17 – пресс для формируемого материала, изделий и конструкций;
- 18 – участок выдержки готовой продукции;
- 19 – пост распалубивания и вырезания готовой продукции.

Для подготовки различных фракций измельченных стеблей хлопчатника на сегодняшний день отсутствует специальное дробильно-сортировальное оборудование. В связи с этим, при изготовлении измельченной гуза-паи нами подобраны дробильные машины и саморезки, по своим характеристикам пригодные для сельскохозяйственного производства. Например, в качестве эксперимента использованы: соломорезки марки РСС-6; стеблеизмельчитель,

изготовленный по разработанным Ташкентским НИИ стромпроекта конструкциям; кормовой дробилки ДМ-1 и ДКУ-М. Анализом исследований, проведенным на базе технико-экономического обоснования по части выбора эффективных оборудований для измельчения гуза-паи (сухой и влажной) указал на кормодробилку ДКУ-2,0-1 «Украинка». Конструкция данной дробилки была усовершенствована - выходные решета с относительно мелкими отверстиями (4-8 мм), были заменены на решета с относительно большими диаметрами отверстий (15-30 мм).

Выводы по главе 2

1. В процессе проведения исследований в основном использованы ГОСТовские методы.

2. Результаты проведенного рентгеноструктурного анализа процесса гидратации C_3A , при ее твердении в течение 3 месяцев показывает, при наличии водорастворимых веществ, на ряду негидратированного C_3A (4,30; 4,14; 3,03; 2,74; 2,23; 1,94; 1,58Å) и гидроалюмината состава C_3AH_6 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) (4,52; 3,41; 3,20; 2,86; 2,50; 2,08; 1,77; 1,70Å) имеется гидроалюминат C_3AH_8 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 4H_2O$) (3,62; 2,90; 2,60; 2,50; 2,10; 1,66Å) и вероятно C_3AH_n ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 0,5nH_2O$). Анализ термограммы (ДТА) гидроалюмината C_3AH_6 ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) указывает на выявление эндоэффектов при 330°C и 510°C, что указывает на образование гидроалюминатов C_3AH_6 кубической модификации.

Глава 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНО-ВЯЖУЩЕЙ КОМПОЗИЦИЙ

3.1. Планирование эксперимента

В данном контексте рассмотрим исследование теплопроводности гипсо-грунто-гуза-паитового теплоизоляционного материала (ГГГТМ).

Проведенные исследования, касающиеся теплопроводности материалов органического происхождения, указывают на то, что величина коэффициента теплопроводности органических связанных материалов волокнистого строения зависит от нижеследующих основных факторов:

- вид вяжущего вещества;
- разновидность органического заполнителя в виде растительного сырья;
- основные характеристики пористой структуры, к которым относятся величины размера волокон, а также и величины размера между ними воздушной прослойки.

Также к числу факторов, влияющие на теплопроводность исследуемых материалов можно назвать и известные факторы, которые влияют величину «предельного значения коэффициентов теплопроводности материалов», к которым можно отнести условию изготовления смеси, характера обработки образцов и т.п.

Представляется актуальным установить на основе проведенных экспериментальных исследований характер влияния параметров состава самого материала на коэффициент его теплопроводности. При этом следует учесть тот факт, чтобы предел изменения параметров состава материала должен быть идентичен основным параметрам реального теплоизоляционного и теплоизоляционно-конструкционного материала.

В связи с этим, учитывая такую постановку задачи, при варьировании основных параметров состава, проведены экспериментальные исследования теплопроводности ГГГТМ.

Вязущими веществами для ГГГТМ являлись - лессовидный суглинок месторождения г. Душанбе с учетом его гранулометрического состава (см. табл. 1.1 главы 1), а также и строительный гипс марки Г-4, который выпускается Душанбинским заводом строительных материалов.

В качестве заполнителя использованы стебли хлопчатника. Биостойкость стеблей хлопчатника обеспечена использованием хлорида кальция, согласно ГОСТ 450-77.

Согласно ГОСТ 7076-78, были проведены исследования теплопроводности на различных образцов из ГГГТМ с формой призмы размерами 250x250x50 мм, на приборе для определения теплопроводности испытуемых материалов – приборе «Бокка». А также и для определения прочностных характеристик были испытаны изготовленные кубики размерами 150x150x150 мм. Следует отметить, что все исследуемые образцы с определенным составом были изготовлены одновременно. Теплопроводность исследуемых образцов определялась на третий день после их распалубки и последующего их высушивания до постоянного (т.е. сухого) веса при температуре 60°C. А в дальнейшем испытания прочности образцов проводились после хранения в естественных условиях.

Далее статистической обработке подвергались результаты испытаний образцы материалов ГГГТМ по величине теплопроводности. Также в последующем использован математико-статистический метод планирования эксперимента с целью установления зависимости теплопроводности от величины соотношения вязущих и заполнителя в структурном составе ГГГТМ [34].

Нижеследующие величины были приняты как независимые входные переменные показатели - варьируемых факторов состава исследуемого материала:

- величина, равная соотношению массы гипса к массе лёссовидного суглинка - Z_1 ;

- величина, равная соотношению массы (веса) дробленки гуза-паи к суммарному массе (весу) гипса и грунта (лёссовидного суглинка) - Z_2 ;

- величина водо-вяжущего отношения - Z_3 .

Коэффициент теплопроводности ГГГТМ в сухом состоянии (λ_0) - Y является входным параметром.

Проведенные предварительные эксперименты определили диапазоны варьирования, так называемых «входных параметров», которые оказывают наибольшее и существенное влияние на теплопроводность ГГГТМ – на «входные параметры». А после установления диапазона варьирования факторов, определялись их численные значения, что относится к «основному уровню» и «шаг варьирования» (табл. 3.1).

Исходя из того, что изменения теплопроводности ГГГТМ происходит в значительном диапазоне, для реализации была принята трехуровневый нелинейный план для $k=3$ (табл. 3.2).

Таблица 3.1 – Величины диапазона «варьируемых факторов»

№ пп.	Варьируемые факторы	Основной уровень	Шаг варьирования	Нижний уровень	Верхний уровень	Обозначение
1.	$(G_{гп}/G_{гр})$	1,08	0,78	0,30	1,86	Z_1
2.	$G_{др}/(G_{гп}+G_{гр})$	0,30	0,12	0,18	0,42	Z_2
3.	$V/(G_{гп}+G_{гр})$	0,60	0,10	0,50	0,70	Z_3

$G_{гр}$, $G_{гп}$, $G_{др}$ и V - масса грунта, гипса, дробленки в кг и объема воды в л.

Таблица 3.2 – Трёхуровневый, трехфакторный план проведения эксперимента: $\kappa=3$ ($N=N_1+N_d+n_0$)

№№ п.п.	Матрица планирования, (X_i)			Квадраты переменных, (X_i^2)			Взаимодействие $(X_i X_j)$			Коэфф. теплопроводности ГГТМ в сухом состоянии, λ_0 , Вт/(м·К)
	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	$X_1 X_2$	$X_1 X_3$	$X_2 X_3$	
N_1	1	+	+	+	+	+	+	+	+	0,161
	2	-	+	+	+	+	+	-	-	0,130
	3	+	-	+	+	+	+	-	+	0,191
	4	-	-	+	+	+	+	+	-	0,257
	5	+	+	-	+	+	+	+	-	0,112
	6	-	+	-	+	+	+	-	+	0,153
	7	+	-	-	+	+	+	-	-	0,187
	8	-	-	-	+	+	+	+	+	0,226
N_d	9	+	0	0	+	0	0	0	0	0,168
	10	-	0	0	+	0	0	0	0	0,219
	11	0	+	0	0	+	0	0	0	0,141
	12	0	-	0	0	+	0	0	0	0,223
	13	0	0	+	0	0	+	0	0	0,188
	14	0	0	-	0	0	+	0	0	0,170
n_0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0,181
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0,175
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0,184
Σ										3,066

Основными предпосылками для решения типичной задачи регрессионного анализа являются:

1. Выходной параметр Y как результат наблюдения является независимой нормально распределенной случайной величины.
2. Величина дисперсии Y с учетом многократного повторного наблюдения в любой точке $/X_i/$ будет идентичным дисперсии в другой точке $/X_j/$.
3. Ошибки измерения при определении Y во многом превышает ошибку измерения независимых переменных X_1 , X_2 и X_3 .

При соблюдении вышеуказанных условий, уравнение регрессии выходного параметра теплопроводности материала описывается следующим образом [14]:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 \quad (3.1)$$

Что касается коэффициентов уравнения (4.8.1), то они определяются по нижеследующей последовательности.

Расчет состава ГГГТМ производится с использованием варьируемых факторов и с учетом интервалов их изменения. С целью выполнения расчета, для каждого опыта составим специальную таблицу для определения натуральных значений переменных, исходя из кодовой записи, принятой при составлении плана проведения эксперимента (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Определение натуральных значений переменных в каждом отдельном опыте

№ Опыта	План эксперимента			Натуральные значения переменных		
	X_1	X_2	X_3	Z_1	Z_2	Z_3
1.	+1	+1	+1	1,86	0,42	0,70
2.	-1	+1	+1	0,30	0,42	0,70
3.	+1	-1	+1	1,86	0,20	0,70
4.	-1	-1	+1	0,30	0,20	0,70
5.	+1	+1	-1	1,86	0,42	0,50
6.	-1	+1	-1	0,30	0,42	0,50
7.	+1	-1	-1	1,86	0,20	0,50
8.	-1	-1	-1	0,30	0,20	0,50
9.	+1	0	0	1,86	0,30	0,60
10.	-1	0	0	0,30	0,30	0,60
11.	0	+1	0	1,08	0,42	0,60
12.	0	-1	0	1,08	0,20	0,60
13.	0	0	+1	1,08	0,30	0,70
14.	0	0	-1	1,08	0,30	0,50
15.	0	0	0	1,08	0,30	0,60
16.	0	0	0	1,08	0,30	0,60
17.	0	0	0	1,08	0,30	0,60

На основании выбранного плана экспериментов, при проведении опытных замесов, результаты опыта в нулевой точке, где все факторы находятся на основном уровне. Следует отметить, что именно в основном уровне результаты равномерно распределены между всеми другими опытами с учетом их дублирования через каждые 3-5 состава замесов. Таким образом, принимался реализации трехуровневого нелинейного плана в следующем порядке опытов: 1, 2, 3, 4, 5, 15, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 11, 12, 13, 14, 17.

После этого, в таблицу заносятся результаты определения коэффициентов теплопроводности материала ГГГТМ (табл. 3.4).

Используя планы второго порядка, с учетом числа факторов, где в нашем случае $k = 3$, по нижеследующим формулам производится расчет коэффициентов уравнения теплопроводности (3.1):

$$b_0 = 0,1831[0Y] - 0,0704 \sum_1^k [i iy] \quad (3.2)$$

$$b_i = 0,1[iy] \quad (3.3)$$

$$b_0 = 0,0704[0Y] + 0,5[i iy] - 0,1266 \sum_1^k [i iy] \quad (3.4)$$

$$b_{ij} = 0,125 [ijy], \quad (3.5)$$

где $[0Y] = \sum_1^N Y_u$; $[i iy] = \sum_1^N x_{iu}^2 y_u$; $i \neq j$; $[iy] = \sum_1^N x_{iu} y_u$; $[i iy] = \sum_1^N x_{iu} x_{ju} y_u$;

N - общее число опытов, предусмотренных в плане проведения экспериментов, с учетом нулевых точек.

$$[0Y] = \sum_1^N Y_u = 0,66; [1Y] = \sum_1^N X_{1u} Y_u = -0,166; [2Y] = \sum_1^N X_{2u} Y_u = -0,387;$$

$$[3Y] = \sum_1^N X_{3u} Y_u = 0,079; [11Y] = \sum_1^N X_{1u}^2 Y_u = 1,804; [22Y] = \sum_1^N X_{2u}^2 Y_u = 1,781;$$

$$[33Y] = \sum_1^N X_{3u}^2 Y_u = 1,775; \sum [i iy] = [11y] + [22y] + [33y] = 5,360;$$

$$[12Y] = \sum_1^N X_{1u} X_{2u} Y_u = 0,095; [13Y] = \sum_1^N X_{1u} X_{3u} Y_u = 0,045;$$

$$[23Y] = \sum_1^N X_{2u} X_{3u} Y_u = 0,009;$$

Вначале производится вычисление суммы по данным табл. 3.4.

Далее, подставим полученные промежуточные значения сумм в формулах (3.2)...(3.5) и получаем: $b_0 \approx 0,184$; $b_1 \approx -0,017$; $b_2 \approx -0,039$; $b_3 \approx 0,008$; $b_{11} \approx 0,006$; $b_{22} \approx 0,005$; $b_{33} \approx -0,008$; $b_{12} \approx 0,012$; $b_{13} \approx 0,006$; $b_{23} \approx -0,001$.

В последующем производится статистическая проверка значимости полученных коэффициентов и определяется пригодность полученного уравнения для описания исследуемой зависимости, в соответствии с работой [14].

Таким образом, по результатам опытов в основной (нулевой) точке можно определить следующее:

- среднеарифметическое значение, в нулевой точке, параметра Y_0

$$\bar{Y}_0 = \sum_1^{n_0} \frac{Y_{0u}}{n_0} = \frac{(0,181 + 0,175 + 0,184)}{3} = 0,180;$$

- значение дисперсии в нулевой точке $S_0^2 = S_{\bar{Y}}^2$

$$\begin{aligned} S_0^2 = S_{\bar{Y}}^2 &= \sum_1^{n_0} \frac{(\bar{Y}_0 - Y_{0u})^2}{(n_0 - 1)} = \\ &= \frac{(0,180 - 0,181)^2 + (0,180 - 0,175)^2 + (0,180 - 0,184)^2}{(3 - 1)} = \\ &= 21 \cdot 10^{-6}, \end{aligned}$$

$$S_0 = S_{\bar{Y}} = \sqrt{21 \cdot 10^{-6}} = 4,583 \cdot 10^{-3}.$$

Таблица 3.4 - Результаты проведенных на основе плана опытов по определению коэффициента теплопроводности материала ГГТМ планируемых составов

№ опыта	У _и	Ŷ _p	Δ	Δ ²	λ _о , с (X _i)			Квадрат переменных λ _о , с (X _i ²)			Взаимодействия переменных λ _о , с (X _i X _j)		
	λ _о , Вт/(м·К)	λ _о , Вт/(м·К)	У _и - Ŷ _p	(У _и - Ŷ _p) ²	X ₁ Y _и	X ₂ Y _и	X ₃ Y _и	X ₁ ² Y _и	X ₂ ² Y _и	X ₃ ² Y _и	X ₁ X ₂ Y _и	X ₁ X ₃ Y _и	X ₂ X ₃ Y _и
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,161	0,152	0,009	81•10 ⁻⁶	0,161	0,161	0,161	0,161	0,161	0,161	0,161	0,161	0,161
2	0,130	0,150	0,020	400•10 ⁻⁶	-0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	-0,130	-0,130	0,130
3	0,191	0,186	0,005	25•10 ⁻⁶	0,191	-0,191	0,191	0,191	0,191	0,191	-0,191	0,191	-0,191
4	0,257	0,252	0,005	25•10 ⁻⁶	-0,257	-0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	-0,257	-0,257
5	0,112	0,124	0,012	144•10 ⁻⁶	0,112	0,112	-0,112	0,112	0,112	0,112	0,112	-0,112	-0,112
6	0,153	0,146	0,007	49•10 ⁻⁶	-0,153	-0,153	-0,153	0,153	0,153	0,153	-0,153	0,153	-0,153
7	0,187	0,178	0,009	81•10 ⁻⁶	0,187	-0,187	-0,187	0,187	0,187	0,187	-0,187	-0,187	0,187
8	0,226	0,248	0,022	484•10 ⁻⁶	-0,226	-0,226	-0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226	0,226
9	0,168	0,173	0,005	25•10 ⁻⁶	0,168	-	-	0,168	-	-	-	-	-
10	0,219	0,207	0,012	144•10 ⁻⁶	-0,219	-	-	0,219	-	-	-	-	-
11	0,141	0,145	-0,004	16•10 ⁻⁶	-	0,141	-	-	0,141	-	-	-	-
12	0,223	0,223	-	-	-	0,223	-	-	0,223	-	-	-	-
13	0,188	0,184	0,004	16•10 ⁻⁶	-	-	0,188	-	-	0,188	-	-	-
14	0,170	0,168	0,002	4•10 ⁻⁶	-	-	0,170	-	-	0,170	-	-	-
15	0,181	0,184	0,003	9•10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	0,175	0,184	0,009	81x10 ⁻⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	0,184	0,184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ = 3,066	3,088	ΣΔ ² =1,584•10 ⁻³		Σ = -0,166	-0,387	0,079	1,804	1,781	1,775	0,095	0,045	-0,009

Вычисляются ошибки при определении коэффициентов уравнения по нижеприведенным формулам (при $k = 3$), приведенным в [34]:

$$S^2\{b_0\} = 0,1831 S_{\bar{y}}^2; \quad S\{b_0\} = 0,4279 S_{\bar{y}}; \quad (3.6)$$

$$S^2\{b_i\} = 0,1 S_{\bar{y}}^2; \quad S\{b_i\} = 0,3162 S_{\bar{y}}; \quad (3.7)$$

$$S^2\{b_{ii}\} = 0,3732 S_{\bar{y}}^2; \quad S\{b_{ii}\} = 0,6109 S_{\bar{y}}; \quad (3.8)$$

$$S^2\{b_{ij}\} = 0,125 S_{\bar{y}}^2; \quad S\{b_{ij}\} = 0,3536 S_{\bar{y}}. \quad (3.9)$$

Таким образом, получаем:

$$S\{b_0\} = 0,4279 \cdot 4,583 \cdot 10^{-3} = 1,961 \cdot 10^{-3}; \quad S\{b_i\} = 0,3162 \cdot 4,583 \cdot 10^{-3} = 1,449 \cdot 10^{-3};$$

$$S\{b_{ii}\} = 0,6109 \cdot 4,583 \cdot 10^{-3} = 1,800 \cdot 10^{-3}; \quad S\{b_{ij}\} = 0,3536 \cdot 4,583 \cdot 10^{-3} = 1,621 \cdot 10^{-3}.$$

Определяем расчетное значение критерия Стьюдента:

$$t_p = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}} \quad (3.10)$$

и сравнивая t_p с t_T по табл. 3.5 при числе степеней свободы $f = N - 1 = 16$, можно установить значимости коэффициентов уравнения:

$$\text{для } b_0 = [0,184] / 1,961 \cdot 10^{-3} = 93,830 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_1 = [-0,017] / 1,449 \cdot 10^{-3} = 11,732 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_2 = [-0,039] / 1,449 \cdot 10^{-3} = 26,915 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_3 = [0,008] / 1,449 \cdot 10^{-3} = 5,521 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_{11} = [0,006] / 2,800 \cdot 10^{-3} = 2,143 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_{22} = [0,005] / 2,800 \cdot 10^{-3} = 1,786 < t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_{33} = [0,008] / 2,800 \cdot 10^{-3} = 2,857 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_{12} = [0,012] / 1,621 \cdot 10^{-3} = 7,403 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_{13} = [0,006] / 1,621 \cdot 10^{-3} = 3,701 > t_T = 2,12;$$

$$\text{для } b_{23} = [0,001] / 1,621 \cdot 10^{-3} = 0,617 < t_T = 2,12.$$

Из сравнения можно определить, что коэффициентами b_{22} и b_{23} можно пренебречь, т.к. они являются незначимыми.

Таблица 3.5 - Значения критерия Фишера

Число степеней свободы $f_{\bar{y}} = n_0 - 1$	Значения F – критерия при f_{ad}								
	1	2	3	4	5	6	12	24	∞
2	18,5	19,2	19,2	19,3	19,3	19,3	19,4	19,5	19,5
3	10,1	9,6	9,3	9,1	9,0	8,9	8,7	8,6	8,5
4	7,7	6,9	6,6	6,4	6,3	6,2	5,9	5,8	5,6
5	6,6	5,8	5,4	5,2	5,1	5,0	4,7	4,5	4,4
6	6,0	5,1	4,8	4,5	4,4	4,3	4,0	3,8	3,7
7	5,6	4,7	4,4	4,1	4,0	3,9	3,6	3,4	3,2
8	5,3	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	3,3	3,1	2,9
10	5,0	4,1	3,7	3,5	3,3	3,2	2,9	2,7	2,5

Таким образом, на основании проведенного эксперимента и расчетов, уравнение теплопроводности ГГГТМ описывается следующим образом:

$$Y = \lambda_0 = 0,183 - 0,017X_1 - 0,004X_2 + 0,008X_3 + 0,006X_1^2 - 0,008X_3^2 + 0,012X_1X_2 + 0,006X_1X_3 \dots\dots\dots(3.11)$$

Теперь следует провести проверку пригодности выведенного, уточненного уравнения. Для этого следует вычислить дисперсию адекватности, т. е. остаточную дисперсию, по формуле:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_1^{N_1} (Y_u - \hat{Y}_u)^2}{N - m}, \quad (3.12)$$

где Y_u – величина исследуемого свойства теплопроводности материала ГГГТМ в u -м опыте;

\hat{Y}_u – значение Y_u , вычисленное с использованием уточненного уравнения;

m – число определенных значимых коэффициентов с учетом b_0 .

При вычислении значения дисперсии адекватности S_{ad}^2 вспомогательные данные вводятся в табл. 3.6.

В последующем определяется дисперсия адекватности по следующей формуле:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum \Delta^2}{f_{ad}} = \frac{1,584 \cdot 10^{-3}}{9} = 176 \cdot 10^{-6}$$

В нашем случае $N=17$; $n_0=3$, $m=8$; $f=N-m=17-8=9$; $f_y=n_0-1=3-1=2$.

Учитывая тот факт, что $S_{ad}^2 > S_{\bar{y}}^2$, определяем расчетное значение коэффициента Фишера F_p ,

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_{\bar{y}}^2} = \frac{176 \cdot 10^{-6}}{21 \cdot 10^{-6}} = 8,381$$

Данное значение сравнивается с F_T – для степеней свободы, при которых были определены

$$S_{ad}^2 \text{ и } S_{\bar{y}}^2, \text{ т.е. } f_{ad} = N - m; f_{\bar{y}} = n_0 - 1.$$

Согласно табл. 3.6 определяем:

При $f_{ad} = 9$ и $f_{\bar{y}} = 2$ по интерполяцию находим - $F_T = 19,35$.

Таким образом, определим, что: $F_p = 8,31 < F_T = 19,35$.

Таблица 3.6 - Значения критерии Стьюдента

Число степеней свободы $f_{\bar{y}} = n_0 - 1$	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Значения критерии Стьюдента t_T	4,3	3,18	2,78	2,57	2,45	2,31	2,23	2,18	2,15	2,12

Это свидетельствует о том, что приведенную уточненную уравнению теплопроводности материала ГГТМ (3.11) можно считать пригодной для

выражения искомой зависимости в намеченных пределах изменения основных факторов.

Теперь, в уточненное уравнение (3.11) поставив натуральные значения факторов:

$$X_1 = (Z_1 - Z_1^0) / \Delta Z_1 = (Z_1 - 1,10) / 0,8;$$

$$X_2 = (Z_2 - Z_2^0) / \Delta Z_2 = (Z_2 - 0,32) / 0,12;$$

$$X_3 = (Z_3 - Z_3^0) / \Delta Z_3 = (Z_3 - 0,50) / 0,10$$

и проведя алгебраические преобразования, окончательно получим:

$$\begin{aligned} \lambda_0 = & 0,081 - 0,126Z_1 - 0,462Z_2 + 0,960Z_3 + 0,009Z_1^2 - \\ & - 0,798Z_3^2 + 0,124Z_1Z_2 + 0,076Z_1Z_3 \end{aligned} \quad (3.13)$$

Уравнение (3.13) является регрессионное уравнение определения величины коэффициента теплопроводности материала ГГТМ в сухом состоянии при различных расчетных соотношениях его компонентов.

3.2. Влияние заполнителей из растительных отходов на структурообразование арболитовых композиций

К композиционным строительным материалам на основе растительно-вяжущей композиции (РВК) относятся такие, как арболит, фибролит, стружко-бетон, скопобетон, опилкобетон, цементно-стружечные плиты, королит, кси-лолит, в структуре которых применяются целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения, в виде низкосортной и некондиционной древесины, тонкомера, неделовую горбыль срезок, торцов, станочных стружек, щепов, лесорамных опилок, одубины; отходов сельхозпроизводства – костров льна, коноплей, кенаф, джут, гузапай, рисовая солома, камыш; различные отходы целлюлозно-бумажного производства – ЦБП в виде скоп и т.п.

Целлюлозосодержащие отходы растительного происхождения обладают своими собственными, в также и общими специфическими свойствами, которые при формировании оказывают существенное влияние, как на процессы структурообразования, Так и на структурно-механические и эксплуатационно-строительные свойства исследуемых композитов. Минеральными вяжущими в структуре РЦК являются портландцемент, шлакощелочное вяжущее и т.п.

В теории и практики касательно разработки РЦК и в общем РВК остаются множество нерешенных вопросов, поэтому для решения некоторых обобщенных задач можно заимствовать из основных положений теории структурообразования и производства бетона на минеральных заполнителях [7, 33, 57, 58, 59, 64, 75, 84]. Но, несмотря на общность свойств органических целлюлозосодержащих растительных заполнителей, следует учесть существенного различия их свойств от свойства пористых минеральных заполнителей. Этот учет необходим для разработки композитов регулируемой прочности с соответствующими физико-механическими и физико-химическими свойствами.

Заполнители из растительного сырья имеют такие положительные свойства, как недефицитность, малая плотность, достаточно высокая смачиваемость и легкость в обработки. Они также имеют и отрицательные свойства, которые затрудняют получение материала повышенной прочности в системе «цементный камень - растительный заполнитель», которые должны учитываться в технологии производства композиционных материалов на основе растительно-вяжущих композиций.

3.3. Оптимизация состава исследуемого РВК и подбор состава арболита

Как было определено, уравнение (3.13) является регрессионным уравнением определения коэффициента теплопроводности ГГГТМ (гипсо-грунто-

гуза-паитового теплоизоляционного материала в абсолютно сухом состоянии, в зависимости от расчетных соотношений структурообразующих его компонентов.

Данное уравнение можно решить численно. Для этого создаем программу расчета. Все вычисления выполнены на программируемом микрокалькуляторе FX-1500P с использованием языка программирования - «Бейсик».

*Программное представление к численному решению
регрессионного уравнения теплопроводности ГГТМ*

```
420: FOR X1=3 TO 10 STEP 2
421: X=X1/10
422: LPRINT "X="; X
425: FOR Y1=20 TO 44 STEP 3
426: Y=Y1/100
427: LPRINT "Y="; Y
430: FOR Z1=50 TO 70 STEP 5
431: Z=Z1/100
435: L1=0.081 - 0.126*X - 0.462*Y+0.960*Z
440: L2= 0.009*X*X - 0.798*Z*Z + 0.124*X*Y + 0.076*X*Z
450: L=L1+L2
455: LPRINT Z, L
460: NEXT Z1
465: NEXT Y1
470: NEXT X1
475: END
```

На рис. 3.1 приведем графическое представление решения уравнения теплопроводности ГГТМ численным методом.

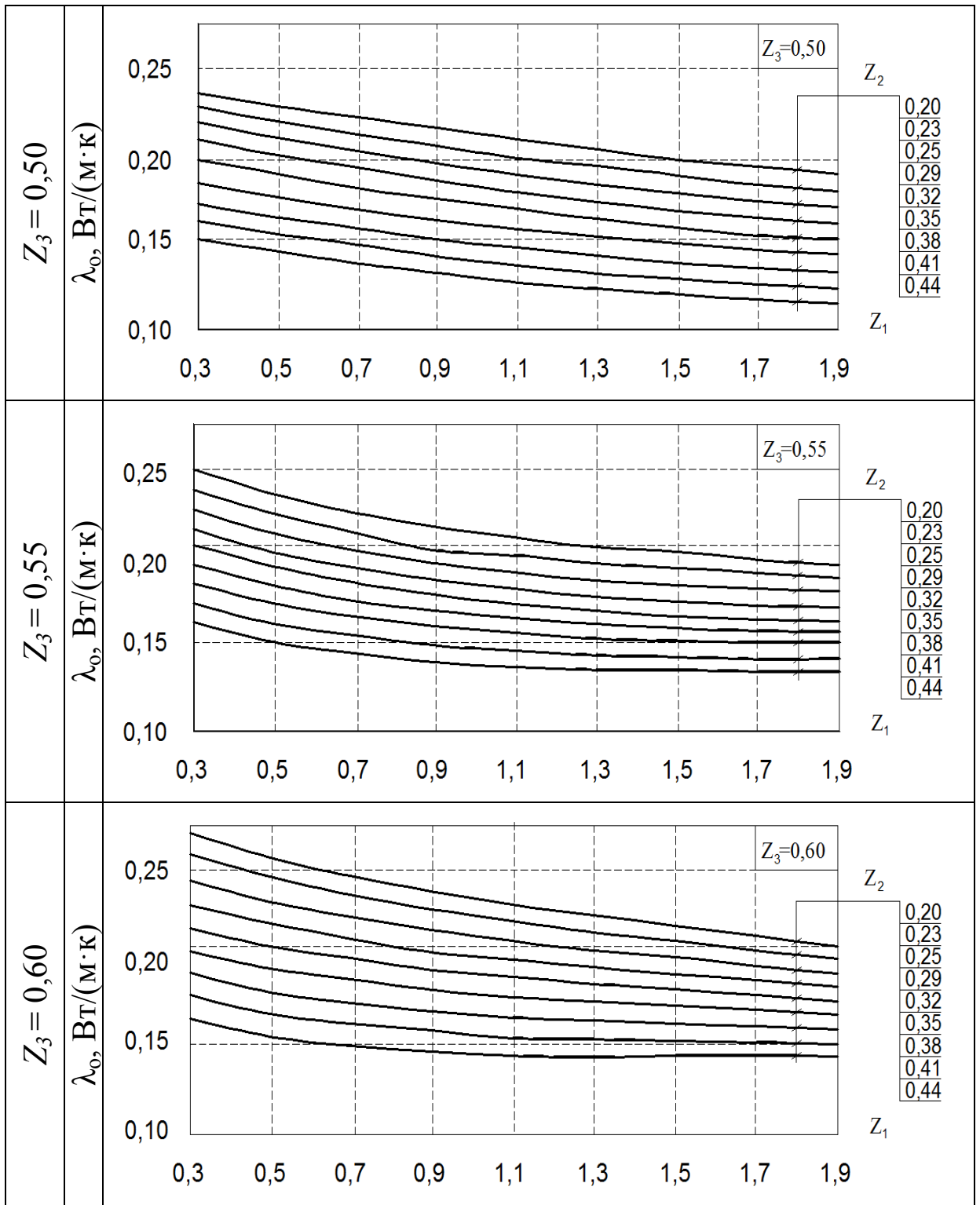


Рисунок 3.1а - График численного решения регрессионного уравнения теплопроводности ГГГТМ.

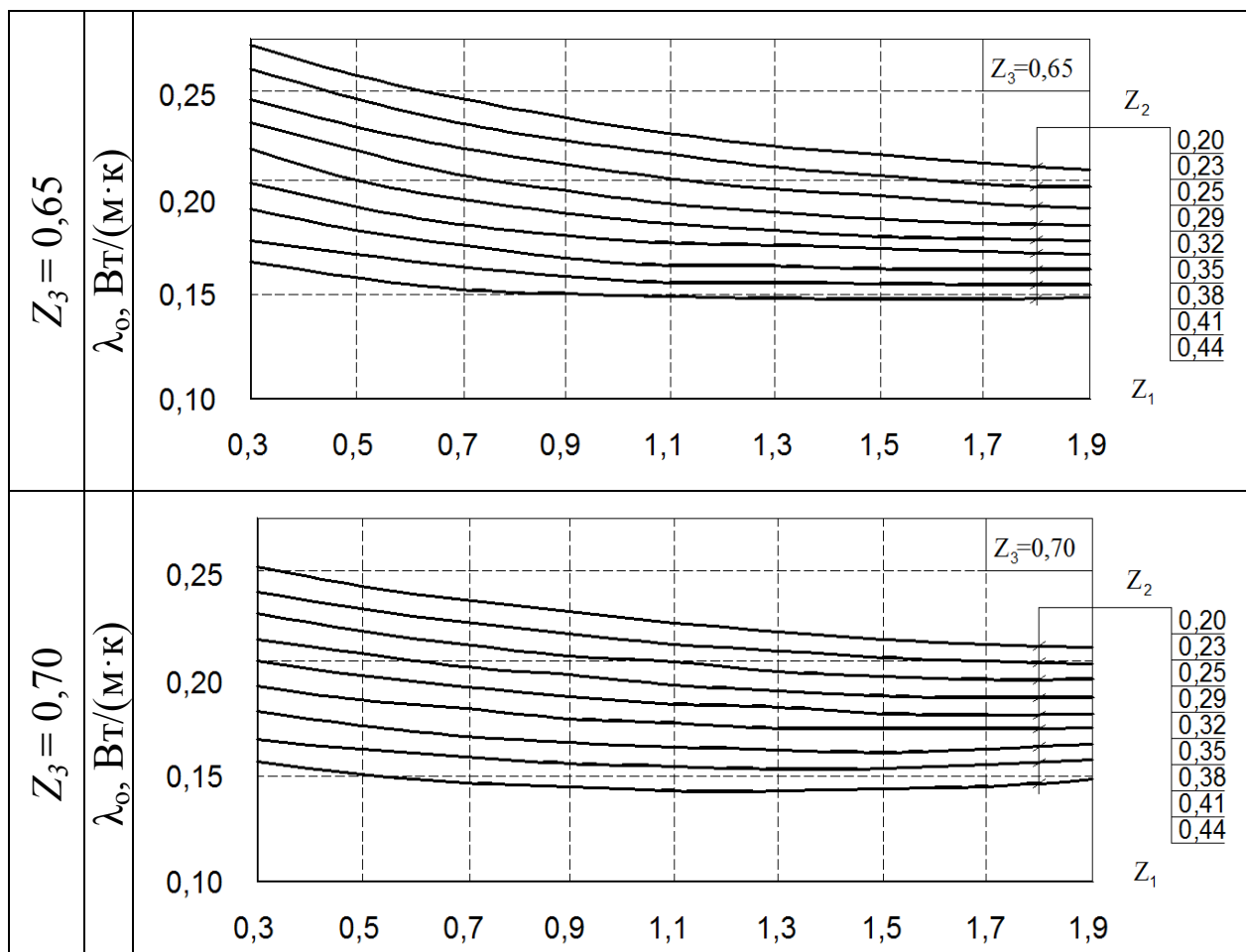


Рисунок 3.1б - График численного решения регрессионного уравнения теплопроводности ГГГТМ.

Используя представленные на рис. 3.1 (а, б) графики численного решения регрессионного уравнения теплопроводности ГГГТМ можно прогнозировать теплофизические свойства разработанного материала ГГГТМ в зависимости от соотношений его структурообразующих компонентов.

На основании проведенных исследований в табл. 3.7 предлагаем несколько оптимальных составов разработанного материала ГГГТМ.

На основании проведенных исследований и используя формулу Б.Н. Кауфмана [33], определяем коэффициент теплопроводности ГГГТМ λ_w , Вт/(м·°С) в зависимости от его средней плотности (γ_0), а также и равновесной влажности (W), применимой в пределах $(350 \pm 50) < \gamma_0 < (650 \pm 50)$ кг/м³, $W \leq 16\%$:

$$\lambda_w = 0,0285 \exp (0,00336 \gamma_o) + (0,00096 + 0,00001 \gamma_o) W. \quad (3.14)$$

Расчеты показывают, что в указанных пределах плотности и влажности, коэффициент теплопроводности ГГГТМ имеет значение 0,08-0,42 Вт/(м·°С).

Таблица 3.7 – Оптимальный состав материалов ГГГТМ

Номера составов	Свойства материала в сухом состоянии		Компоненты расхода материалов на 1 м ³ смеси				
	Средняя плотность γ_o , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_o , Вт/(м·К)	Гипс строительный, кг	Лессовидный суглинок, кг	Дробленка гуза-пай фракции до 30 мм, кг (м ³).	Вода, л	10%-й раствор CaCl ₂ , л
1.	430	0,122	173	91	116 (0,64)	132	10
2.	470	0,136	190	100	110 (0,61)	145	10
3.	500	0,153	145	161	116 (0,64)	153	10
4.	550	0,181	195	150	100 (0,56)	190	10
5.	600	0,212	159	226	100 (0,56)	212	10
6.	650	0,248	104	346	90 (0,50)	225	10

Теперь перейдем к подбору состава арболита. Согласно [20], ограждающие конструкции из арболита отнесли ко II степени долговечности. Используя классификацию, предложенную ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, арболит по биостойкости можно отнести к V группе. Используя данные и методику справочника [44, 63], производим подбор состава арболита с использованием гуза-пай.

С целью подбора состава нужного нам арболита необходимо привести некоторые необходимые для расчета таблицы (табл. 3.8, 3.9, 3.10).

Таблица 3.8 - Средняя плотность арболита по ГОСТ 19222–84

Арболит	Класс по прочности на сжатие	Марка по прочности на сжатие	Средняя плотность арболита, кг/м ³ , на			
			Измельченной древесине	Костре льна или дробленых стеблей хлопчатника	Костре конопли	Дробленой рисовой соломе
Теплоизоля- ционный	B0,35	M5	400-500	400-500	400-500	500
	B0,75	M10	400-500	400-500	400-500	-
	B1	M15	500	500	500	-
Конструк- ционный	B1,5	-	500-650	550-650	550-650	600-700
	B2	M25	500-700	600-700	600-700	-
	B2,5	M35	600-750	700-800	-	-
	B3,5	M50	700-850	-	-	-

Таблица 3.9 – Значение теплопроводности арболита

Вид Заполнителя	Теплопроводность арболита, Вт/(м·К) при средней плотности, кг/м ³									
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850
Дробленка Древесины	0,08	0,09	0,095	0,105	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
Дробленка гуза-пай и рисовой со- ломы, костры льна и коноп- ли	0,07	0,075	0,08	0,095	0,105	0,11	0,12	-	-	-

Таблица 3.10 - Расход компонентов на изготовление 1 м³ арболита

Состав арболита	Класс арболита			
	B 0,35 (M5)	B 0,75 (M10)	B 1 (M15)	B 2 (M25)
Портландцемент М400, кг	260	290	320	360
Дробленки гуза-пай (в сухом виде), кг	200	210	220	230
Вода при сухом органи- ческом заполнителе, л	400	460	480	510

Расчетно-экспериментальным методом, используя данные табл. 3.10 определяем: $\text{ЦхЗхВ} = 320 \times 220 \times 480$.

Учитывая влажность растительного заполнителя, находим:

$$\text{З} = 220 + 0,12 \times 220 = 220 + 26,4 = 246,4 \text{ кг/м}^3$$

При этом, расход хлорида кальция по ГОСТ 450-77 составляет 11 кг/м^3 .

В исследованиях используется хлорид кальция 10% концентрации. В 1 л такого раствора, плотность которого составляет $1,084 \text{ кг/м}^3$, содержится $0,108 \text{ кг}$ соли. Тогда требуемое количество 10% хлористого кальция можно определить следующим образом: $11 : 0,108 = 101,85 \text{ л}$.

Тогда в этом количестве раствора соли, воды составляет

$$1,084 \times 101,85 - 11 = 99,41 \text{ л.}$$

В нашем случае, при использовании 100% концентрации хлорида кальция, его значение составляет $101,85 - 99,41 = 2,44 \text{ кг}$.

Если учесть собственную влажность гуза-паи по весу $\text{Ц} = 12\%$, то в 1 м^3 – смеси содержания воды за счет собственной влажности гуза-паи будет: $220 \times 0,01 \times 12 = 26,4 \text{ л}$.

Таким образом, с учетом собственной воды гуза-паи, необходимое количество воды для изготовления 1 м^3 разрабатываемой арболитовой смеси составит: $480 - 26,4 = 453,6 \text{ л}$.

Учитывая расход компонентов арболита, определим его среднюю плотность в сухом состоянии:

$$\gamma_0 = 1,15\text{Ц} + \text{Д}_{\text{сух}} + \text{Х}_{\text{д}} = 1,15 \times 320 + 220 + 11 = 599 \text{ кг/м}^3, \quad (3.15)$$

здесь Ц , $\text{Д}_{\text{сух}}$, $\text{Х}_{\text{д}}$ – соответственно значения расхода цементного вяжущего, измельченных гуза-паи и химической добавки; $1,15$ – коэффициент, учитывающий количество химически-связанной воды в цементе на 1 м^3 арболита, кг.

Тогда, при определенном расходе компонентов смеси, значения плотности массы арболита составляет: $\gamma_o = 320+220+480+11 = 1031 \text{ кг/м}^3$.

Теперь определим оптимальный состав проектируемого арболита класса В1 (марки М15). Для этого предварительно проведем еще два эксперимента. При этом расход цемента составил 15% от расчетного, а расход воды 5%. Опытные образцы подвергались естественному хранению, при параметрах среды - температуры $t_n = 18-20^\circ\text{C}$ и влажность $w_n = 60-80\%$). После 28 сут. хранения они подвергались испытанию и в результате определялась оптимальный состав арболита класса В1 (марки М15) со следующими показателями расхода материалов на 1 м^3 :

- портландцемент марки М400 – 320 кг;
- измельченная гуза-пая фракции не менее 30 мм – 220 кг;
- вода – 480 л;
- добавка в виде 100%-ного хлористого кальция – 2,4 кг.

Тогда в результате использования расчетно-экспериментального метода нами определены следующие характеристики проектируемой арболитовой смеси:

- значение средней плотности арболита во влажном состоянии

$$\gamma_{\text{вл}} = 320 + 220 + 480 + 2,4 = 1022,4 \text{ кг/м}^3$$

- значение средней плотности арболита в сухом состоянии, согласно формуле (3.15)

$$\gamma_o = 1,15 \times 320 + 220 + 2,4 = 590,4 \text{ кг/м}^3.$$

С целью повышения долговечности арболита и повышения его биостойкости они подвергаются антисептированию. Предлагается антисептировать арболит [45], следующими способами: раствором пентахлорфенолята натрия; растворов сернокислого алюминия; раствором хлористого кальция; замачиванием арболита в водной эмульсии нафтената меди в течение 3-7 су-

ток. Следует отметить тот факт, что антисептирование приводит к повышению прочности арболита свыше 20% [39].

3.4. Кинетика формирования прочности арболита в зависимости от свойств растительного компонента

Кинетика изменения влажности и химического состава стеблей хлопчатника, вылежанного в течение года приведена в табл. 3.11. По результатам табл. 3.11 при вылеживании гуза-паи, в ней наблюдается уменьшение водорастворимых веществ.

Исследованиями доказано, что водорастворимые вещества гуза-паи отрицательно влияют на процесс твердения арболита, как композиционного материала из портландцемента и стеблей хлопчатника.

Таблица 3.11 – Кинетика сезонного изменения влажности и химического состава гуза-паи, %,

Время изъятия пробы, мес.	Влажность	Химический состав, %					
		Легко-гидролизуемые вещества	Трудно-гидролизуемые вещества	Растворимые в воде продукты	Лигнин	Зольность	Другие
Ноябрь	65,11	15,72	31,91	12,04	30,01	6,58	3,96
Март	24,13	17,03	34,32	9,94	31,25	6,43	1,24
Июль	9,28	17,13	34,82	2,85	32,43	3,04	9,92

В связи с этим, при изготовлении РЦК из свежезаготовленных стеблей хлопчатника без учета предварительной их обработки процесс их структурообразования затрудняется. Выявлено, что дробленки гуза-паи, замоченной течение 15 мин в воде, после удаления водной вытяжки, приводят к улучшению показателя прочности арболитовых материалов. Но и данная операция не дает должного эффекта, направленного на нейтрализацию действия водорастворимых компонентов свежееуложенных стеблей хлопчатника.

Материалы на основе РВК, выдержанной в течение 6-ти месяцев и более, повышают прочность бетона в 2 раза. Таким образом, можно заключить, что замачивание гуза-паи повышает прочность РЦК дополнительно на 10-30%. Это свидетельствует о правильности вывода касательно необходимости предварительной обработки стеблей хлопчатника с целью удаления водорастворимых веществ для повышения прочности материалов на основе РВК.

Основные агрегаты, оборудования и инструменты, необходимые для заготовки гуза-паи выпускались заводами сельхозмашин – процессы корчевания, укладки в валок и подбора из валков с последующим прессованием в виде тюков, а также процессы их погрузки и т.п. Совершенствованием и внедрением технологических процессов разработки арболита на основе стеблей хлопчатника занимались ранее в Таджикколхозпроекте Минсельстроя Таджикистана. При этом измельчение гуза-паи на разных фракциях произведено в цехе по изготовлению арболита Вахдатского хлопкозавода Таджикистана.

Практика показывает, что для подготовки различной фракции измельченных стеблей хлопчатника на сегодняшний день отсутствует специальное дробильно-сортировальное оборудование. В связи с этим, как это приведено в п. 2.6 глава 2 диссертации, при изготовлении измельченной гуза-паи нами подобраны дробильные машины и саморезки, по своей характеристике пригодные для сельскохозяйственного производства. Например, в качестве эксперимента использованы: соломорезки марки РСС-6; стеблеизмельчитель, изготовленный по разработанным Ташкентским НИИСтромпроектом конструкций; кормовой дробилки ДМ-1 и ДКУ-М. Анализом исследований технико-экономического обоснования касательно выбора эффективного оборудования для измельчения как сухой, так и влажной гуза-паи выбрана кормодробилка ДКУ-2,0-1 марки «Украинка». Существующая конструкция выбранной дробилки подвергалась усовершенствованию. В них выходные

решета с относительно мелкими отверстиями, т.е. с 4-8 мм были заменены на решета с относительно большими диаметрами отверстий, т.е. на 15-30 мм.

Исследования кинетики формирования прочности арболита на основе гуза-пай в зависимости от размера частиц растительного заполнителя - гуза-пай показывает, что увеличение размеров частиц заполнителя из гуза-пай обратно пропорционально повышению средней плотности и прочностным характеристикам арболита. В связи с этим, в дальнейших исследованиях были использованы стебли хлопчатника фракций до 30 мм.

Таким образом, по данным табл. 3.12 следует подбирать расходы основных компонентов арболита – цемента, измельченной гуза-пай в сухом состоянии, химические добавки, в нашем случае - технический хлорид кальция $CaCl_2$ и воды. В качестве вяжущего вещество используется портландцемент М400.

Таблица 3.12 – Значения расходов компонентов в расчете на 1 м³ арболитовой смеси из гуза-пай

№ п/п	Арболит класса (марки)	Расход основных компонентов, кг на 1 м ³ арболитовой смеси из гуза-пай			
		Заполнитель (гуза-пая)	Цемент	Химические Добавки	Вода
1.	B0,35 (M5)	197-203 (200)	257-263 (260)	7,7-8,3 (8)	397-403 (400)
2.	B0,75 (M10)	207-213 (210)	287-293 (290)	8,7-9,3 (9)	457-463 (460)
3.	B1 (M15)	217-223 (220)	317-323 (320)	9,7-10,3 (10)	477-483 (480)
4.	B2 (M25)	227-233 (230)	357-363 (360)	10,7-11,3 (11)	507-513 (510)

Вышеизложенное дает основание заключить, что при предварительной обработке растительного материала, с целью удаления от них легкогидролизуемые и водорастворимые вещества, улучшается качества арболитового материала, изготовленного на их основе. Также исследованиями выявлено,

что величины размеров измельченной гуза-паи находятся в обратной пропорциональности от таких величин, как средняя плотность и прочность арболитовых материалов и изделий на основе РВК из гуза-паи.

3.5. Особенности адгезии растительного заполнителя с цементным вяжущим при твердении арболита

Исследованиями доказано, что структура арболита, как и другие РВК крупнопористая с межзерновым пространством. В них 80-90% объема занимают растительные заполнители, а всего лишь 10-20% объема занимает цементный камень или твердое тело из других вяжущих веществ [49]. При этом объем твердого тела, создаваемый твердением вяжущих веществ является недостаточным, чтобы заполнить имеющиеся пустоты между частицами целлюлозосодержащего заполнителя растительного происхождения. Таким образом, предварительные исследования показали, что для получения арболитовых материалов, с использованием растительного заполнителя, марки 5-35 по ГОСТ 19222-84 расход цемента составляет 260-400 кг на 1 м³. При этом происходит процесс недоиспользования прочности компонентов арболитового материала по причине ослабления его структуры как конгломерата, состоящего из высокопрочных компонентов, что инициируется нарушением сцепления между этими компонентами.

Теоретические основы структурообразования арболитовых материалов, как композиционная структура, где тонкие пленки твердого тела, создаваемые вяжущими веществами образуют непрерывный каркас, с достаточной для практики достоверностью согласуются с основными принципами и общих положений касательно существующей теории искусственных композиционных строительных материалов В.И. Соломатова, а также и с основными результатами проведенных исследований И.А. Рыбьева, Б.Г. Скрамтаева, В.Н. Юнга, Ю.Б. Корниловича, Н.А. Попова, И.А. Иванова [44, 49, 56, 57, 96

и др.], которые в качестве основополагающего фактора упрочнения структуры бетона считают улучшение адгезию растительного заполнителя с прослойками твердого тела, создаваемого вяжущими веществами, в данном случае цементного камня. Это послужило основанием дальнейшего изучения процессов формирования прочности арболита и прогнозные оценки его долговечности.

Следует отметить, что адгезия гуза-пай с твердым телом, создаваемым вяжущим материалом, имеет особое значение для формирования структурной прочности арболитовых материалов, а также и для деформационного состояния, вызванного влажностным состоянием растительного заполнителя с учетом того, что эти влажностные деформации в процессе сушки арболитовых материалов определенным образом влияют на формирование структурной прочности композиционной системы, состоящей из растительного заполнителя и цементного камня.

Результаты проведенных исследований по теории адгезии указывают на то, что в настоящее время отсутствует общепризнанная теория адгезии, что объясняется трудностью объяснения самой природы адгезионных процессов, в нашем случае, такой сложной композиционной системой, имеющее место взаимодействие его сложных по составу компонентов, таких портландцемент и целлюлозосодержащий растительный заполнитель. Трудность заключается еще в том, что на данном этапе отсутствует единая методика испытаний адгезии материалов на основе РВК.

С целью общего подхода к решению предстоящей проблемы, в начале сделаем попытку рассмотреть примеры исследования, касательно древесины - самого распространенного целлюлозосодержащего заполнителя растительного происхождения. Самые первые исследования по адгезии древесины с цементным камнем проводились на базе изучения способов применения деревобетона в строительстве. Известно, что деревобетон – это композиционный материал, представляющий собой конструктивное соединение двух

материалов, которые имеют различные структурно-механические свойства. В научной литературе известны исследования касательно влияния различных факторов на адгезию древесины с цементным бетоном, цементно-песчаным раствором, и в общем, с цементным камнем, которые приводятся в работах [56, 57].

Исследованиями адгезии цементного камня с древесиной посвящены работы известных ученых М.А. Криенко, И.А. Криенко, М.А. Киения, Г.Д. Цис-крели, В.П. Петров, И.М. Пушкин и др. [56, 57, 65-68 и др.]. Анализ проведенных исследований привели к заключению, что адгезия цементного камня с древесиной, цементно-песчаным раствором и, в общем, с бетоном зависит от множества факторов, к которым относятся: величина водоцементного отношения (В/Ц) смеси; условия хранения конструкций на основе арболита; влажностное состояние конструкции из арболита; формы шероховатости и деревянных стержней - брусков. При соблюдении принятых условий испытаний, величина адгезии колебалась в пределах 0,05-1,25 МПа. Но, из-за несовершенства методики исследований, нельзя судить о достоверности этих данных.

Исследования Г.А. Евсеева [30] показали, что на адгезию древесины с цементным камнем имеют значительное влияние водорастворимые сахара, содержащиеся в составе самой древесины. К аналогичному выводу привели и исследования Л.М. Шмидта [56]. Согласно этим исследованиям, значение адгезии цементного камня с древесиной составляет 0,26-0,30 МПа. Однако, следует отметить, что основные результаты этих двух исследований значительно различаются друг от друга. На наш взгляд, трудность сопоставления результатов этих исследований заключаются в:

- различии использованных методик исследования;
- применении разных пород древесины, имеющие различные свойства;
- различии видов и качество обработки используемых древесин.

Таким образом, необходимо разработать методические основы формирования и изготовления материалов на основе РВК из гуза-паи, учитывающая специфическую особенность растительного заполнителя.

Выводы по главе 3

1. Экспериментальными исследованиями на основе математико-статистического метода планирования эксперимента предложено регрессионное уравнение определения коэффициента теплопроводности ГГГТМ (гипсо-грунто-гуза-паитового теплоизоляционного материала) в сухом состоянии, при различных соотношениях его составляющих компонентов в пределах принятых ограничений.

2. Предложено численное решение уравнения определения коэффициента теплопроводности арболитового материала - ГГГТМ в сухом состоянии, как функция, зависящая от расчетного соотношения компонентов арболита. Все вычисления выполнены на программируемом микрокалькуляторе FX-1500P на языке «Бейсик», а также предложены их определения графическим методом в виде номограмм. Это дает возможность прогнозировать теплозащитное свойство арболитового материала - ГГГТМ и способствует определению ее оптимального состава.

3. Установлено, что в достаточной для практики дозволенности, можно заимствовать основные положения теории формирования и эксплуатации бетонов на пористых заполнителях в теории и практики производства материалов на основе РВК. Однако следует отметить, что у заполнителей из растительных отходов по сравнению с заполнителями из пористых минеральных заполнителей имеются и множество существенных различий, которых нужно учесть при получении композитов достаточно высокой прочности.

4. Выявлено, что заполнители из растительного сырья имеют такие положительные свойства, как недефицитность, малая плотность, достаточно хорошая смачиваемость в воде и легкость в обработке. Они также имеют и

отрицательные свойства, которые затрудняют получение материала повышенной прочности в системе «цементный камень - растительный наполнитель», которые должны учитываться в технологии производства композиционных материалов на основе растительно-вяжущих композиций.

5. Определено качественное улучшение арболитовых материалов с использованием гуза-паи путем предварительной обработки дробленки гуза-паи с целью удаления из ее состава легкогидролизуемых и водорастворимых веществ. Экспериментальными исследованиями также выявлена обратная пропорциональность между показателями размера частиц дробленой гуза-паи со средней плотностью, а также и прочность арболита на их основе.

Глава 4. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРБОЛИТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГУЗА-ПАИ

4.1. Физико-технические свойства гуза-пай рыхлой структуры

Исследованиями доказано, что механические характеристики самых распространенных в Таджикистане целлюлозосодержащих отходов растительного происхождения - камыша, виноградной лозы, лубяных растений, рисовой соломы, рисовой и подсолнечной лузги, обладают общими закономерностями, которые широко и в достаточном объеме представлены в исследованиях ученых и специалистов.

Согласно анализу, приведенному в п. 1.3 главы 1, среди отходов растительного сырья и сельхозпроизводства, самым распространенным являются гуза-пая. В связи с этим, в дальнейших исследованиях в качестве объекта исследования выступают стебли хлопчатника, на котором будут исследованы и общие закономерности касательно данных исследований других распространенных в Таджикистане видам отходов растительного происхождения.

Значения насыпной плотности некоторых видов отхода сельхозпроизводства и дикорастущих однолетних растений в абсолютно сухом состоянии, приведены в табл. 4.1 [47]. Известно, что значение насыпной плотности растительного сырья зависит от таких факторов, как плотность растительных тканей, из которых они сформированы, разновидности форм и размеров структурообразующих частиц, условий разрастания и т.п. Следует отметить, что гуза-пая на переработку подает в виде связок и кип, а также и в измельченном виде, где спрессованные кипы гуза-пай размерами 45x36x(80-100) см весят около 40 кг.

Таблица 4.1 – Насыпная плотность некоторых видов отходов сельхозпроизводства и дикорастущих однолетних растений

Сырье	Насыпная плотность, кг/м ³	Сырье	Насыпная плотность, кг/м ³
Подсолнечная Лузга	100-104	Гуза-пая (сечка)	112-125
Натуральная Сплющенная	130-140	Хлопковая шелуха	190-195
Тростник (сечка)	96-99	Рисовая лузга	114-116

Значения фракционного состава стеблей хлопчатника, которые используются в производстве материалов на основе РВК, приводятся в табл. 4.2 [39].

Таблица 4.2 - Фракционный состав стеблей хлопчатника, измельченных в различном оборудовании

Наименование оборудования	% остаток на ситах с размерами ячеек, мм								
	10	7	5	3	2	1	0,5	0,25	Менее 0,25
Молотковые дробилки ДМ-1	27,2	12,9	19,0	21,9	9,0	7,0	1,0	1,2	0,8
ДМ-2 (без сита)	62,9	22,7	9,3	3,6	0,6	0,6	0,3	-	-
Дробилки для грубых растительных кормов									
ДКУ-М	10,0	8,0	15,3	2,0	15,3	18,4	1,8	5,0	2,6
ДКУ-М (без решета)	29,2	16,2	15,7	13,6	14,4	6,0	1,7	2,0	1,2
Соломо-силосорезки									
РСС-6	48,9	18,0	14,7	12,0	2,7	2,0	0,8	0,6	0,3
РСС-6 (реконструированная)	37,1	32,8	12,8	11,4	2,7	1,8	1,2	0,1	0,1
Стеблейизмельчитель	21,6	33,1	23,8	15,9	3,3	1,8	0,2	0,1	0,2

Из приведенных в табл. 4.2 данных можно прийти к заключению о том, что для производства оптимальных фракций стеблей хлопчатника эффективным можно считать дробилку кормовую типа ДКУ-М, предназначенная для измельчения наиболее грубых кормов растительного происхождения в полевых условиях. Для повышения эффективности работы данной машины следует снять у них решета, с целью дальнейшего регулирования степени измельчения гуза-паи.

Гуза-пая рыхлой структуры имеет свои особенности и требует проведения исследований ее физико-химических и физико-технических свойств. Проведенные Х.У. Усмоновым и К.Х. Разыковым электронно-микроскопического исследования, показали сходство гуза-паи и березы [93, 94], что позволяет использовать общие закономерности структурообразования свойств древесины и для измельченной гуза-паи [32]. Но у хлопчатника свое специфическое свойство.

Согласно проведенными исследованиям Института химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан касательно изменения влажности, хранившихся стеблей хлопчатника в течение одного года [43, 47] (см. рис. 4.1). График указывает на то, что наибольшая влажность образцов наблюдается в зимний период, а на летний период влажность достигает наименьшего показателя.

С мая месяца наблюдается резкое снижение влажности, а в последующем она примет постоянное значение – от 16% до 9% и естественно с наступлением осени влажность гуза-паи имеет стремление к увеличению. Как видно из графика рис. 4.1, средне-годовая влажность пакетированной гуза-паи, хранившийся в воздушно-сухих и воздушно-комнатных условиях, в среднем, соответственно составляет 10-12% и 8-10%.

Анализ проведенных исследований работ [34-39, 49-52, 84] приводит к заключению, что в лабораторных условиях насыпная плотность измельченной гуза-паи различных фракций - 0,5-1,0 мм имеет значение 196-224 кг/м³ с

учетом 10% влажности. Среднее значение насыпной плотности абсолютно сухой гуза-паи фракции 1-5 мм составляет 170 кг/м^3 , а для различной абсолютно-сухой производственной фракции это значение составляет $102-114 \text{ кг/м}^3$, а при увеличении влажности на 20-24,5%, данное значение составляет $139-143 \text{ кг/м}^3$.

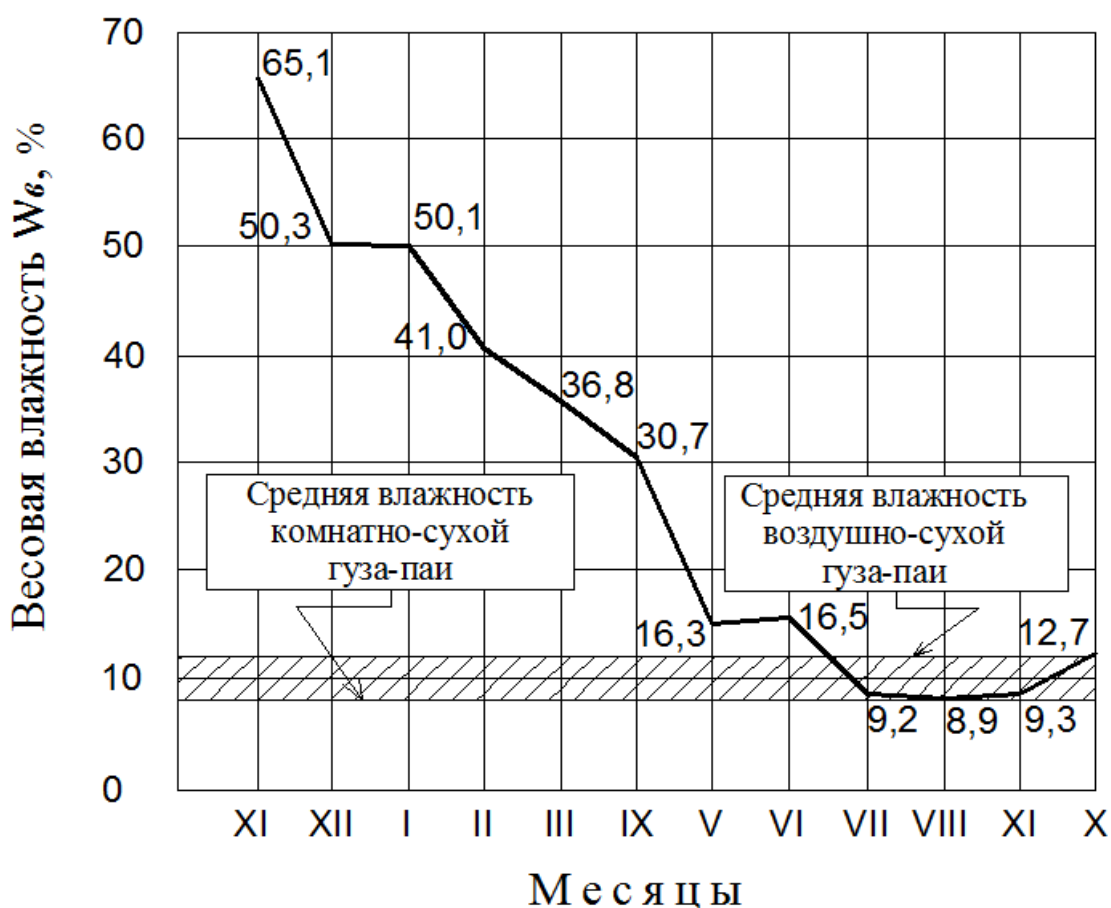


Рисунок 4.1 – Динамика изменения влажности хранившейся на воздухе гуза-паи в течение одного года.

Для определения насыпного веса гуза-паю измельчали на машине по измельчению грубых кормов растительного происхождения ИГК-30Б на Орджоникидзеабадском хлопзаводе Таджикистана. Результаты взвешиваний и определения насыпного веса, при 12%-ной влажности измельченной гуза-паи приводим в табл. 4.3.

Данные табл. 4.3 достаточно хорошо согласуются с данными других исследователей [36, 51, 87], что дает возможность с достаточной для науки и практики точности и достоверности использовать эти данные в наших дальнейших научно-практических исследованиях.

Таблица 4.3 - Насыпная плотность различных фракций гуза-паи при 12%-ной влажности

Материал и свойства	Гуза-пая фракции (фр.) 30 мм	Гуза-пая фр. 10мм	Гуза-пая фракции 30 мм +коробки +остав. хлопков	Гуза-пая фр. 1,25 мм	Гуза-пая фр. 0,63 мм	Коробочки от ворохоочистителя	Гуза-пая фр. 2,5 мм	Гуза-пая фр.10–20 мм
Насыпная плотность, кг/м ³	180	200	140	290	382	116	232	166

Водопоглощение образцов определено согласно ГОСТ 17177.6-81. Образцы дробленки гуза-паи длиной 10-30 мм и диаметром 4, 6, 8, 10 и 14 мм по 10 шт. сначала доведены до постоянного веса сухого состояния, а в последующем они погружены полностью в воду с помощью специального противосплывного приспособления. Водопоглощение образцов различного диаметра определялась по формуле:

$$W = \left[\frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \right] \cdot 100\%, \quad (4.1)$$

Здесь m_2 – масса водонасыщенного исследуемого материала, г;

m_1 – масса сухого исследуемого материала, г.

Средние значения водопоглощения образцов гуза-паи различных фракций в зависимости от их диаметров, после погружения образцов в течение 24 часа в воду с температурой 20°C, составило (табл. 4.4):

Таблица 4.4 – Среднее значение водопоглощения образцов гуза-паи различного диаметра

№ пп.	Образцы гуза-паи длиной 30 мм и различных диаметров	Значение водопоглощения, W_p , %	Среднее значение водопоглощения, $W_{p,ср}$, %
1.	d = 4 мм	60,0	66,5
2.	d = 6 мм	72,7	
3.	d = 8 мм	65,9	
4.	d = 10 мм	71,2	
5.	d = 14 мм	62,5	
6.	d = 4 мм	60,1	

Полученные экспериментальные данные водопоглощения различных фракции измельченной гуза-паи указывают на необходимость повышения ее биостойкости при эксплуатации.

4.2. Физико-технические свойства материалов связанной структуры из РВК на основе гуза-паи

Арболитовые материалы на основе стеблей хлопчатника, в основном обладают неправильной или хаотической волокнистой структуры. Волокна в этих исследуемых материалах с достаточно большой вероятности расположены параллельно направлению плоской стороне плиты, а некоторая часть

располагаются хаотично. У материала ксилолита ярко выраженная дисперсная волокнистая структура, которая скрепляется органическими вяжущими и это есть смешанное, т.е. не чисто волокнистое структурное строение. В связи с этим, становится явным, что исследования по определению физико-технических, в т.ч. механических свойств материалов на основе РВК должны быть проведены на основании исследования свойств их составляющих компонентов. Таким образом, необходим выбор эффективных методов экспериментальных исследований, обусловленных основными задачами экспериментального исследования.

Определение плотности исследуемых опытных образцов производили путем измерения штангенциркулем их габаритных размеров, обеспечивающая точность $\pm 0,01$ мм, а также производили взвешивание с точностью $\pm 0,05$ грамма. В последующем, имея известную массу и объема опытного образца, определяли значение плотности материала по ГОСТ 17177.33-81.

Что касается прочностных характеристик арболитов из гипса, армированного гуза-паей – гипсо-гуза-паитового теплоизоляционного материала (ГГТМ), то их образцов размерами 40x40x160 мм изготовили и после твердения испытывали на изгиб с помощью прибора МИ-100, а в последствии оставшиеся половинки образцов исследовались на сжатие с помощью стандартных пластинок площадью 25 см^2 стандартным методом.

По поводу материала ГГТМ (гипсо-грунто-гузапаитового теплоизоляционного материала) можно сказать, что их прочностные характеристики были определены испытанием образцов кубиков размером 150x150x150мм после 28 суток хранения в естественных условиях.

Фибролитовый материал из измельченных стеблей хлопчатника имеет различные структурные компонентные составы, связующим веществом слу-

жит жидкое стекло. Они подвергались исследованиям касательно определения их механических характеристик, с целью определения возможности использования данного материала, как в виде теплоизоляционного, так и теплоизоляционно-конструкционного материала для наружных стен зданий и сооружений.

Гуза-паито-стружечная плита - ГСП изготовлена из связующего из фенолформальдегидной смолы – ФФС и дробленки стеблей хлопчатника фракций до 5 мм, где а качестве отвердителя принят хлорид аммония. ГСП в сухом состоянии имеет среднюю объемную массу $\gamma_o = 910 \text{ кг/м}^3$. Таким же образом был изготовлен и испытан гипсо-гуза-паитовый теплоизоляционный материал (ГГТМ). А на основании предложенной в работе [102] технологии были изготовлены и испытаны образцы хлопкостеблебетона.

Исследования физико-технических свойств материалов на основе РВК показали, что основным распространенным и доступным материалом данной системы является арболит. Следует отметить, что ограждающие конструкции на основе арболита имеют III степень долговечности. Согласно нормативным документам, арболитовые материалы относятся к V группе по биостойкости [20]. Как теплоизоляционно-конструкционный материал, арболитовые материалы, имеющие среднюю плотность более 400 кг/м^3 , относятся к категории «трудно-сгораемых» и их можно принимать для изготовления материалов, изделий и конструкций сборных и монолитных элементов зданий и сооружений определенного назначения.

Результаты расчетного сопротивления арболитовых материалов на основе гуза-пай при их расчете касательно предельного состояния первой группы, как правило, рассчитывается путем деления нормативных сопротивлений арболитовых материалов и изделий на соответствующие значения коэффициентов их надежности (см. табл. 4.5).

Таблица 4.5 – Значения расчетных сопротивлений арболита из гуза-паи по предельным состояниям первой группы

Сопротивление	Обозначение	Класс арболита							
		B0,5	B0,75	B1	B1,5	B2	B2,5	B3	B3,5
Сжатие осевое (призменная прочность)	R_b	<u>0,30</u>	<u>0,45</u>	<u>0,60</u>	<u>0,90</u>	<u>1,20</u>	<u>1,50</u>	<u>1,80</u>	<u>2,10</u>
		3,06	4,6	6,1	9,18	12,2	15,3	18,3	21,4
Растяжение	R_{bt}	<u>0,10</u>	<u>0,12</u>	<u>0,16</u>	<u>0,23</u>	<u>0,32</u>	<u>0,39</u>	<u>0,44</u>	<u>0,56</u>
		0,89	1,33	1,72	2,41	3,15	3,84	4,35	5,73

Примечание. Над чертой указаны значения в МПа, под чертой – в кгс/см².

Согласно нормативным стандартным требованиям и технических условий, морозостойкость арболитовых материалов должно быть не менее F25.

Структурный состав и расходы компонентов арболитовых материалов, как вяжущего вещества, растительного заполнителя и воды зависят от множество факторов, такие как способа уплотнения смеси испытуемых материалов, в связи с чем расход компонентов арболита устанавливают опытным путем с учетом конкретных условий производства.

В связи с этим, для определения структурного состава арболитовых материалов на основе РВК основное внимание уделяется также и выбору основного вида и определению расходов химических добавок – ХД в виде минерализаторов. Согласно нормативным документам, рекомендуется три вида химических добавок - «минерализаторов», такие как хлорид кальция, жидкое стекло и комплексная добавка в составе которой входят серноокислый алюминий и известь – пушонки. Расход химической добавки - ХД и ее количе-

ственная оценка, необходимая для определения его оптимального значения с учетом основных требований ГОСТ 24211-80 приняты по табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Расход химической добавки (ХД), кг/м³, необходимое для изготовления арболита (в пересчете на сухое вещество) [100]

Вид химической добавки	Виды заполнителя	
	Древесная дробленка	Дробленки гуза-паи
Технический хлорид кальция	8	11
Жидкое стекло натриево	8	10
Комплексная добавка: сернокислый алюминий + известь-пушонки	20+25	22+27

Результаты исследования гигротехнических свойств материалов на основе РВК показали, что сорбционное увлажнение арболитового материала на основе РЦК зависит от его плотности, вида примененного растительного заполнителя и химической добавки в виде минерализатора.

Результаты сорбционного увлажнения арболита на основе стеблей хлопчатника при температуре 20°С приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты сорбционного увлажнения арболита на основе стеблей хлопчатника

Относительная влажность воздуха, %	20	40	60	80	90	100
Значение сорбционного увлажнения арболита, %	2,03	4,72	6,22	7,83	12,31	Более 28

При проведение исследования по сорбции и десорбции арболита на основе стеблей хлопчатника определена, что величина влажности при этом невелика и идентичен для условия, как с древесиной. В сравнительных оценках можно привести пример, что изменения влажности материала дюризола при

изменения относительной влажности воздуха на 35-90% изменяется на 4,5-10% [101].

Значения водопоглощения арболитовых материалов на основе стеблей хлопчатника составляют 35-80% по весу, а у арболита на основе камыше и костре конопли составляют и более 100%.

Проведенным исследованием установлено, что водопоглощение арболита различной плотности на костре конопли составляют 80-120% по весу. Рекомендуются различные методы повышения водостойкости арболитовых материалов на основе РВК, путем защиты его открытых поверхностей различными покрытиями и пленками.

4.3. Технологический процесс изготовления строительных материалов из РВК на основе гуза-пай

Определено, что материалы, изделия и конструкции из цементного бетона с использованием органических заполнителей – арболита, в связи с их эксплуатационными характеристиками нашли свое применение исключительно в несущих и самонесущих стенах и покрытиях малоэтажных зданий и сооружений. В нашем случае в качестве заполнителя используются гуза-пая в измельченном виде, которая в силу своей природы, структуры и химического состава имеет собственную специфику, отличающуюся от других целлюлозосодержащих растительных отходов, что следует учесть при изготовлении материалов, изделий и конструкций на их основе.

Технологический процесс изготовления арболитовых материалов на основе гуза-пай разработаны научной школой д.т.н., профессора Кобулиева З.В. в Таджикском техническом университете (ТТУ) имени академика М.С. Осими под руководством д.т.н., проф. Шарифова А. Разработанная технология внедрено в опытно-экспериментальном цехе хлопзавода Вахдатского района Таджикистана. Здесь изготовлены и провели испытания стеновых панелей из арболитовых материалов из гуза-пай размером 3x1,5x0,2 м. При этом предел прочности арболита на сжатие составляет 1,5 МПа. Также уста-

новлено, что в качестве одних из эффективных оборудований – измельчителей сухих и влажных гуза-паи может служить кормодробилка КДУ-2,0-1 «Украинка». Данное оборудование модернизировано - выходные решета с мелкими отверстиями диаметром 4-8 мм были заменены на такие же решета, но с изменением диаметром отверстий в большую сторону– 15-28 мм. Это позволяет получить заполнитель определенного размера, которая без отсева может быть использована при изготовлении арболита класса В2,0.

На рис. 4.2 приведен принципиальный технологический процесс изготовления арболитовых материалов, изделий и конструкций. Согласно приведенной технологической схеме из склада хранения гуза-пая подаются ленточным транспортером 1 на измельчение в молотковую дробилку 2 и в последующем на рассев в наклонное вибросито 3. Измельченная гуза-пая посредством бункера с питателем 4 (приемником) вводится в ковшовую мешалку 5, где принимается также и подаваемая вода из бака 6. Измельченная гуза-пая через 15 мин. выдержки водой передается на транспортер с сетчатой лентой 7, через которую стекает вода. Измельченная гуза-пая на вымачивание подается в сетчатый контейнер - в ванну с водой, а в последующем транспортируется тельфером в бункер 9, тогда в этом случае агрегаты 5, 7 и 8 можно пренебречь из технологического режима изготовления арболитовых изделий. После этого, масса подается в бункер 9 с помощью элеватора 8, а также, в последующем, через дозатор 11 масса подается в смеситель 12.

Что касается подачи цемента, то согласно приведенной технологической схеме он транспортом подается в расходный бункер 9. Далее цемент через дозатор 11, из расходного бункера передается в смеситель 12. В смеситель 12, из баков, которые оборудованы дозаторами 11, вводятся добавки минерализатора в виде водных растворов, измельченной гуза-пая, ускорителя твердения цемента и вода при необходимости. Изготовленная арболитовая масса попадает в укладчик 14 и в последующем в форму 16,

которая установлена на рольганге 15. Далее рольганг 15 подает в пресс 17 форму 16, с фиксацией заданной толщины изделия путем его уплотнения. В дальнейшем производится транспортировка формы 16 на участок выдержки 18, а потом готовая изделия передается на пост распалубивания 19. В конце технологического цикла готовую арболитовую изделия выдерживают до достижения необходимой (отпускной) прочности.

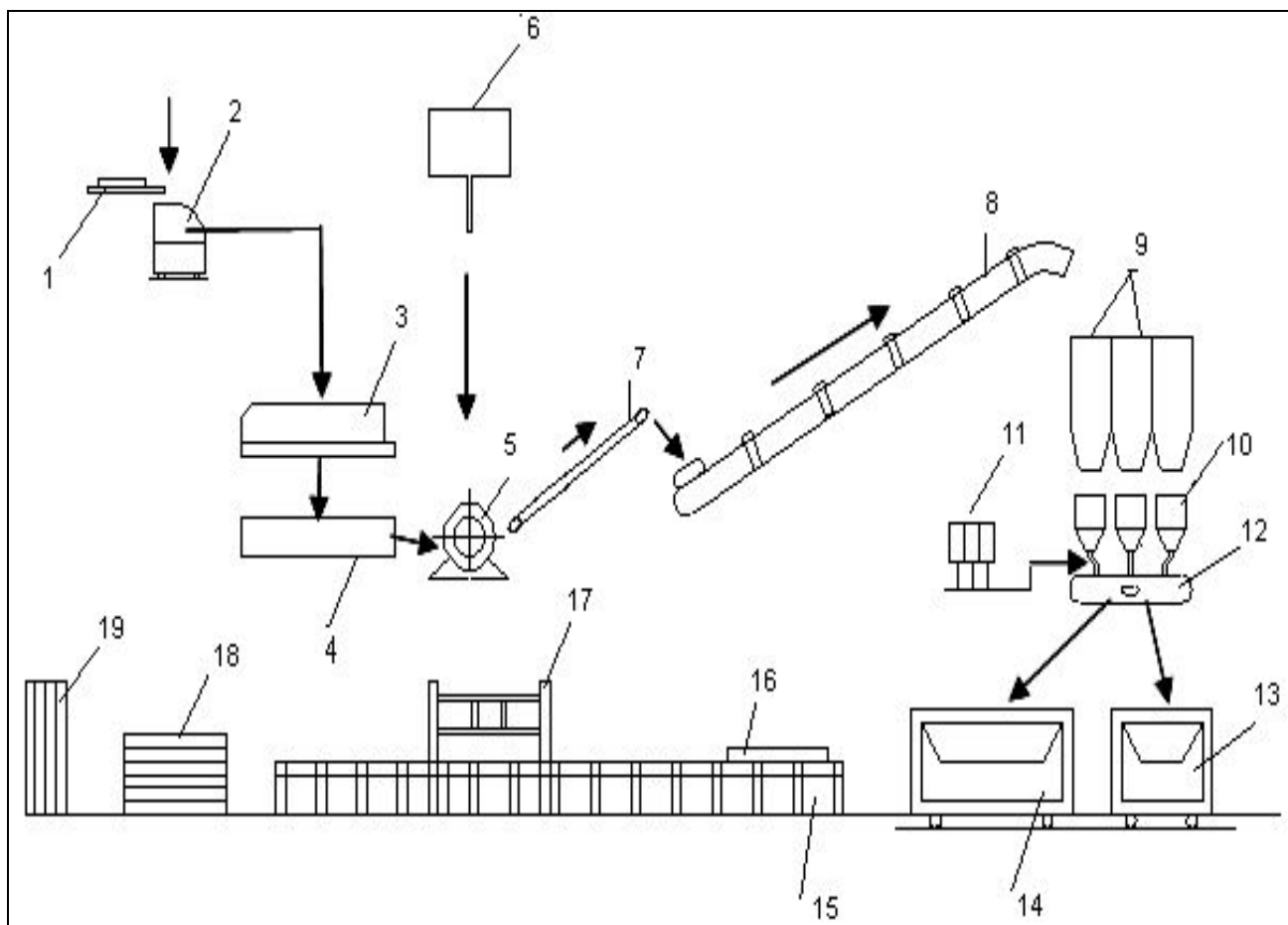


Рисунок 4.2 – Технологический процесс изготовления арболитовых изделий. 1 – транспортер ленточный; 2 – дробилка молотковая; 3 – вибросито; 4 – приемник; 5 – мешалка ковшовая; 6 – емкость бака с водой; 7 – транспортер; 8 – элеватор; 9 – бункера расходные; 10 – дозаторы с регистром автоизмерителя; 11 – бак с дозаторами для различных добавок; 12 – смеситель; 13 – укладчик декоративного фактурного слоя; 14 – укладчик влажной арболитовой массы; 15 – рольганг; 16 – оснастка (формы); 17 –

пресс; 18 – участок складирования готовой изделий; 19 – площадка распушки и вырезания.

При формировании готовых изделий и конструкций из арболитовых материалов, их можно офактуривать цементно-песчаным и цементно-известковым раствором. При этом данного раствора можно готовить в специальном отдельном смесителе, чтобы в последующем обеспечивать его беспрепятственное поступление в укладчик для нанесения фактурного слоя арболита.

При изготовлении арболитовых материалов и изделий, в основном, используется различное стандартное оборудование. В технологическом процессе также использованы нестандартное оборудование в виде прессы с усилием 500 тонны и конструкции металлических сборно-разборных форм. В случае необходимости, также возможно использование различных деревянных форм, покрытых металлической обивкой.

Растительный наполнитель в воде вымачивают для того, чтобы удалить водорастворимые вещества, замедляющие процесс твердения вяжущего вещества, в данном случае, цемента. Растительный наполнитель также и проходит процесс минерализации с помощью раствора химической добавки, которая в процессе адсорбируется на поверхности наполнителя. Это действие предотвращает отрицательное взаимодействие легкостворимых веществ наполнителя на цементное вяжущее. Различные добавки принимаются и с целью повышения динамики формирования прочности цементного вяжущего. Проведенными ранее исследованиями установлено, что в качестве эффективных добавок к изготовлению арболита на гуза-паи могут служить жидкое стекло и хлористый кальций [1, 3 и др.].

Компонентов арболита перемешивают до достижения однородности арболитовой смеси в течение 5-6 мин. При этом, удельное давление в про-

цессе формования составляет 0,85 МПа. Изготовленное арболитовое изделие распалубливают через сутки с момента изготовления и хранят в течение 11 сут., где изделия приобретает отпускную прочность, т.е. 70% марочной прочности. Процесс твердения сопровождается параметрами, относящимися к нормальным условиям: при $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ температуре и 60-80% относительной влажности воздуха.

Для дальнейших исследований на 1 м^3 арболита нами приняты следующий расход материалов (в кг): сухой гуза-паи – 200, портландцемента марки М400 – 357, жидкого стекла (в пересчете на безводное вещество) – 10, безводного хлористого кальция – 10,7, воды – 376.

Расчет себестоимости 1 м^3 арболитовых панелей для условий (хлопко-сеющих районов) Таджикистана (в зависимости от мощности предприятия 10–20 тыс. м^3 в год) составляет 18,5–19,3 у.е. В этом расчете временная оценка цены (франко-пристанционный склад завода) за 1 т стеблей принята 6 у.е. При этом, стоимость 1 м^2 стены толщиной 20 см каркасно-панельной системы из этого арболита составила около 7,5 у.е. Данная толщина, по теплозащитным свойствам стены, эквивалентна кирпичным стенам (13,2 у.е.), а также и стенам из ячеистобетонных блоков (10,1 у.е.). Здесь учитываются и затраты на строительство арболитового завода, мощность которого в год 25 тыс. м^3 . Затраты на этот завод составляют 970 тыс. у.е., а срок его окупаемости составляет 1,3 года. Для сравнения можно привести и тот факт, что для строительства заводов эквивалентной мощности значение капиталовложения составляют: для кирпичного завода - 1870 тыс. у.е.; для завода ячеистобетонных блоков – 1800 тыс. у.е.

В качестве нормативного документа можно отметить Республиканского Указания для изготовления и применения арболитовых изделий из гуза-паи, находящего на стадии утверждения Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан. При этом, действующ-

щие проекты для производства арболитовых изделий мощностью 10-50 тыс. м³ реконструируются и модернизируются с учетом использования различных видов растительного сырья, в том числе преимущественно гуза-паи.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что в хлопкосеющих республиках СНГ, преимущественно стран Центральной Азии, где наблюдается дефицит древесных отходов, появляются реальные шансы и благоприятные условия для организации производства строительных материалов и изделий с использованием гуза-паи.

Следует отметить и еще одну положительную сторону использования материалов на основе РВК в строительной практике Центрально-Азиатских Республик, к которой можно отнести сейсмостойкость и сейсмоустойчивость арболитовых материалов и конструкций. Пример этому можно отметить испытательный полигон Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Академии наук Республики Таджикистан в виде фрагмента малоэтажного жилого дома, состоявшегося из двух этажей, выстроенного из объемных железобетонных элементов со стеною заполнением из арболитовых теплоизоляционно-конструкционных материалов в поселке Ляура, вблизи г. Душанбе. Испытания проводились на 7-9 бальную сейсмическую нагрузку.

Результатами испытания установлено достаточно хорошие показатели упруго-пластического свойства применяемого арболита, без образования в них трещин. Также условия испытания были усложнены – арболитовые плиты размерами 1200x500x150 мм в добавок воздействия сейсмических нагрузок раз-гружены и работой железобетонных стоек. И в этом случае образования трещин в них не наблюдалась. Трещины обнаружены лишь на свободных стойках, в зоне их сопряжения с ригелями. Таким образом, разработанные арболитовые материалы, изделия и конструкций являются эффективными и пригодны для использования в сейсмостойком строительстве.

По разработанному технологическому процессу были проведены испытания изготовленных стеновых панелей размерами 3x1,5x0,2 м на измельченном гуза-паи на опытно-экспериментальном цехе Вахдатского района Таджикистана.

При формовании изготавливаемых и испытываемых панелей из смесей на основе измельченной гуза-паи произведено вибрирование, одновременно в сочетании с ее прессованием под давлением 0,32 МПа. Процесс прессования осуществлялся с помощью пневмокамер различной производительности с помощью компрессора ЗИФ-55. Процесс вибрирования и подачи воздуха под напором прекращается лишь после того, когда прочность арболитовой смеси достигается толщиной формируемого изделия 0,2 м с фиксацией замками поддона. Арболитовую панель распалубывали после 1 сут. твердения и в дальнейшем транспортировали на технологический участок последующего твердения до времени достижения арболитом нормальной прочности.

По результатам проведенных испытаний по определению физико-механических свойств арболитовых материалов на основе гуза-паи установлена возможность изготовления крупногабаритных конструкций на основе разработанных арболитовых материалов, которые удовлетворяют основным нормативным требованиям МРТУ 21-5-64.

Значение физико-механических характеристик арболитовых материалов с использованием измельченной гуза-паи различной фракции и класса (марки) – прочности, приведены в табл. 4.8.

Анализом испытания исследуемых образцов арболитовых материалов кубиками размеров 15x15x15 см, а также и призмами размеров 15x15x60 см установлено, что значение отношения призмной прочности ($R_{пр}$) к кубиковой прочности (R) для арболитовых материалов с использованием измельченных гуза-паи и рисовой лузги составляют, соответственно 0,64 и 0,74 (см. табл. 4.9). При этом значение начального модуля упругости испытываемых арболитовых материалов с использованием измельченной гуза-паи более,

чем в два раза превышает ее нормативное значение. Это значение для арболита с использованием рисовой лузги составляет 682 МПа.

Таблица 4.8 - Физико-механические характеристики арболитовых материалов

№ пп.	Дробленые стебли хлопчатника, мм	Физико-механические свойства арболитовых материалов и изделий				
		Предел прочности при сжатии, МПа	Марка по прочности	Объемная масса, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Мрз в Циклах
1.	3,0 – 10,0	2,89	25	600	0,114	Более F35
2.	1,2 – 10,0	2,56	25	600	0,103	Более F35
3.	Более 10	1,24	10	600	0,095	Более F35

Таблица 4.9 - Прочностные свойства арболита

№ пп.	Вид заполнителя	Класс (марка) арболита	Предел прочности арболита при сжатии R, МПа	Призменная прочность, R _{пр} , МПа	R _{пр} /R	Начальный модуль упругости, МПа
1.	Дробленые гуза-пай	B1 (M15)	1,51	0,96	0,64	402-408 (405)
2.	Рисовая лузга	B1 (M15)	1,62	1,20	0,74	579-685 (682)

Арболитовые материалы на основе гуза-пай и рисовой лузги выдерживают более 35 циклов замораживания и оттаивания. Это удовлетво-

рует показателями нормативных требований, предъявляемых ограждающим конструкциям зданий и сооружений.

4.4. Влияние влажности на прочность арболита на основе гуза-паи

Изменение прочности арболита определялось испытанием образцов с изменением влажности от 65% до 0% (сухое состояние). Для достоверности также испытывали образцы другого состава – другого вида добавки и способа обработки растительного заполнителя.

Проведенным исследованиям, проверкой проверялась гипотеза о том, что процесс снижения влажности арболитовых образцов от 27-30% до сухого состояния (0%) ниже точки насыщения волокон растительного заполнителя – гуза пай (в данном случае она составляет 80-85% по объему гуза-пай) отрицательно влияет на сохранение целостности структуры самой гуза-пай за счет количественного значения и изменения гигроскопической влаги в процессах набухания, усушки, а также и коробления.

Экспериментальными исследованиями подтверждены результаты ранее проведенных исследований [99, 109], касательно гипотезы о том, что при формировании прочности арболитовых материалов - его твердения и сушки имеет не монотонное повышение (см. табл. 4.10), что свидетельствует об идентичности теории твердения бетонов с использованием минераловатных заполнителей.

Величина объемной усушки растительного заполнителя арболита имеет значение от 15% до 20%, при изменении величины объемной усадка цементного вяжущего в пределах 0,9-1,2%.

По результатам проведенных исследований, минимальную прочность $R_{сж(w)}$ имеют арболитовые материалы, насыщенные водой в течение 2-х суток, имеющие влажности в пределах 60-75%. Данное обстоятельство объяс-

няется тем, что влага приводит к размягчению испытуемых образцов. Из приведенных значений коэффициента размягчения в табл. 4.11 следует, что это значение для составов испытуемых образцов без добавки составляет 0,55, а для образцов состава арболита с 2,2% добавками хлористого кальция CaCl_2 достигает 0,67.

Таблица 4.10 – Предел прочности арболита на основе гуза-паи при воздействии влажности

№ пп.	Весовая влажность, %	Прочность при сжатии, МПа при:	
		Смеси без добавок	Смеси с добавкой CaCl_2 , 2% от массы цемента
1.	0	1,00	2,15
2.	5	1,20	2,24
3.	10	1,35	2,56
4.	15	1,42	2,80
5.	16	1,50	-
6.	17	-	-
7.	18	1,55	2,85
8.	19	-	-
9.	20	1,40	2,72
10.	25	1,24	2,50
11.	30	1,05	2,22
12.	35	1,00	2,10
13.	40	0,80	1,88
14.	45	0,70	1,76
15.	50	0,65	1,70
16.	55	0,60	1,60
17.	60	0,58	1,50
18.	65	0,55	1,45

Таким образом, можно судить и о потере прочности, который в течение двухдневного водонасыщения составляет от 45 до 33%.

Анализ приведенных данных табл. 4.10 и 4.11 подтверждает идентичность характера изменения прочности испытуемых образцов арболита различного состава, имеющего разную влажность. При этом определено, что экстремальное значение прочности образцов соответствует 15-20%-ной влажности. Также выявлено, что наибольшим значением потери прочности абсолютно сухих арболитовых материалов $R_{сж(a.c)}$ по сравнению с образцами, имеющими экстремальную влажность - 16% обладают испытуемые образцы, у которых не были обработаны растительные заполнители с добавками хлористого кальция ($CaCl_2$). В этом случае потери соответственно составили 33 и 24%.

Таблица 4.11 – Механические свойства арболита в зависимости от состава арболитовой смеси

Вид Добавки	$R_{сж(16)}$	$R_{сж(w)}$	$R_{сж(a.c)}$	Коэффициент размягчения $K_p =$ $R_{сж(w)}/R_{сж(a.c)}$	Коэффициент стойкости при полной усадке $K_y^R = R_{сж(a.c)}/R_{сж(16)}$
Без добавки	1,51	0,56	1,00	0,56	0,66
С добавкой 2,2% $CaCl_2$	2,81	1,46	2,16	0,68	0,77

Следует отметить и другой критерий - структурную прочность, которая определяется не только коэффициентом размягчения (K_p), а также и так называемым «коэффициентом сохранения прочности» при полной усадке. Для образцов арболитовых материалов различных составов установлено следующее: от $K_y^R=0,67$ (для образцов арболита без добавок) до $K_y^R=0,76$ (для образцов арболита с добавкой хлористого кальция $CaCl_2$) (см. табл. 4.8):

$$K_y^R = R_{сж(a.c)}/R_{сж(16)} , \quad (4.2)$$

В формуле (4.2) приняты следующие обозначения:

$R_{сж(a.c)}$ – предел прочности арболита из гуза-пай при сжатии в абсолютно сухом состоянии, МПа;

$R_{сж(16)}$ – предел прочности арболита из гуза-пай, при сжатии, при 16%-ной влажности - усредненной влажности, соответствующей максимальной прочности, МПа.

Пределы изменения величины прочности арболитовых материалов на основе гуза-пай после сушки с последующим процессе увлажнения приводятся в табл. 4.12.

Таблица 4.12 - Прочность арболита из гуза-пай при сушке с последующем увлажнением

№ пп.	Относительная влажность, %	Значения прочности при сжатии, МПа	
		При Усушке	При последовательном увлажнении
1.	0	1,60	1,60
2.	5	1,90	1,75
3.	10	2,50	2,35
4.	15	2,60	2,55
5.	16	2,70	2,60
6.	20	2,58	2,40

Данные табл. 4.12 указывают на то, что при значение влажности ($W = 16\%$) (т.е. в точке оптимальной влажности) наблюдаем явление «гистерезиса» и величина «гистерезиса прочности» составляет – $\Delta R = 0,17$ МПа.

Максимальную приведенную прочность образцов арболита на основе гуза-пай, при влажности образцов $W = 5-25\%$) - $R_{сж(16)}$ можно определить по формуле, приведенной в работе [14]:

$$R_{сж(16)} = R_{сж(w)} [1 \pm \alpha (W - 16)], \quad (4.3)$$

Здесь $R_{сж(w)}$, МПа – значение предела прочности арболита при сжатии, имеющей влажности W , %;

α – значение эмпирического поправочного коэффициента на влажность ($\alpha_1 = 0,03$ – для случая смеси без добавок; $\alpha_2 = 0,02$ – для различных составов арболитовой смеси на основе рекомендации нормативного документа СН 549-82). Данный поправочный коэффициент принимает знак (+) для случая с $W > 16$, а также и знак (-) в случае, когда $W < 16$);

W – влажность испытываемых образцов, % (16 – это значение усредненной влажности, которое соответствует максимальному значению прочности арболита на основе гуза-паи.

4.5. Физико-технические свойства материалов на основе РВК при использовании добавок растительного происхождения

Проведенные исследования дают основание заключить, что добавки ЩЭСХ (щелочного экстракта стеблей хлопчатника) оказывая пластифицирующее влияние воздействует на реологические свойства цементсодержащих смесей, где использованы нижеследующие цементы, которые в целом приводит к снижению нормальной густоты цементного теста (рис. 4.3):

- обычный среднеалюминатный цемент М400 Душанбинского цементзавода без добавки;
- среднеалюминатный цемент М400 Душанбинского цементзавода с добавкой 13-18% отходов металлургического шлака Таджикского Алюминиевого Комбината (ТАЛКО);
- сульфатостойкий цемент М400 Душанбинского цементного завода.

Использование ЩЭСХ помимо снижения нормальной густоты теста из вяжущего вещества (цемента), также приводит к ускорению скорости схва-

тивания цементного теста. Также использование ЩЭСХ в незначительных дозах приводит к резкому снижению сроков схватывания.

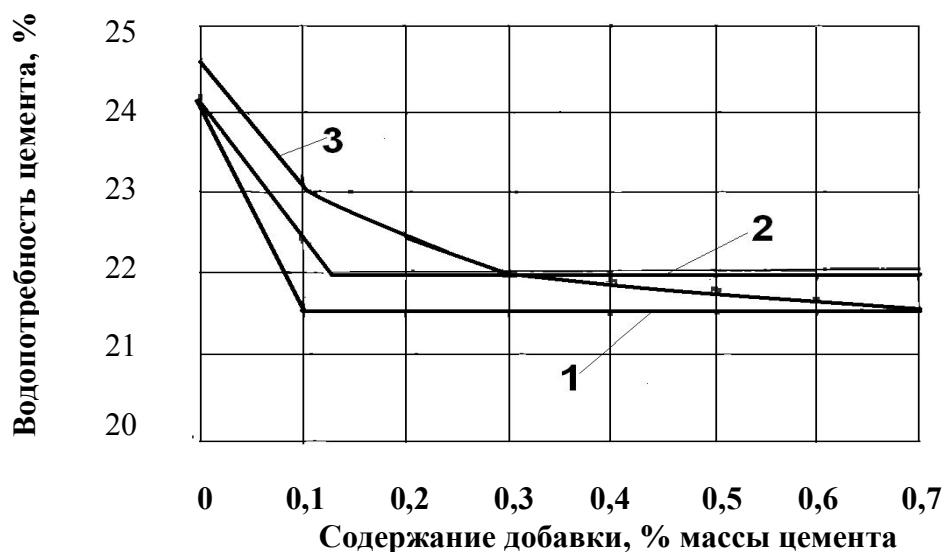


Рисунок 4.3 - Нормальная плотность цементного камня, в зависимости от содержания ЩЭСХ при использовании обычного среднеалюминатного (1), среднеалюминатного с добавкой шлака (2), а также и сульфатостойкого (3) цемента.

К примеру, портландцемент марки М400 без добавки соответственно с началом и концом схватывания 2 часа 40 мин. и 4 часа 50 мин. при использовании добавок ЩЭСХ от 0,01% до 0,07% твердеет в течение времени от 1 часа 15 мин до 2 часа 55 мин. Далее, при изменении дозировки добавки от 0,1% до 0,9% происходит процесс стабилизации, при которой начало и конец твердения составляют соответственно от 50 мин. до 1 часа 50 мин. Такая же картина наблюдается в процессе схватывания с портландцементом с минеральной добавкой из шлака.

В том случае, когда в цементсодержащей системе добавляют ЩЭСХ в долевых значениях 0,2-0,6% к вяжущему - сульфатостойкого цемента, то время твердения сохраняет некоторую стабилизацию при предельном значении начала и конца схватывания соответственно на 45-50 мин. и (1 часа 30

мин. - 2 часа 10 мин.). Для сравнения можно привести данные, что если используется исходный цемент без добавки ЩЭСХ, то предельное значение время схватывания составляет, соответственно, от 2 часов 50 мин. до 4 часов 30 мин.

Влияние содержания ЩЭСХ на вязкости и удельной электропроводности цементного вяжущего при водо-цементном отношении В/Ц=0,4 показано на рис. 4.4. Из анализа графика на рис. 4.4 следует, что содержание доли ЩЭСХ на 0,1% от массы цементного вяжущего, приводит к снижению вязкости теста и увеличению его удельной электропроводности. Далее при увеличении расхода ЩЭСХ наблюдалось незначительное увеличение вязкости, а также и снижение удельной электропроводности.

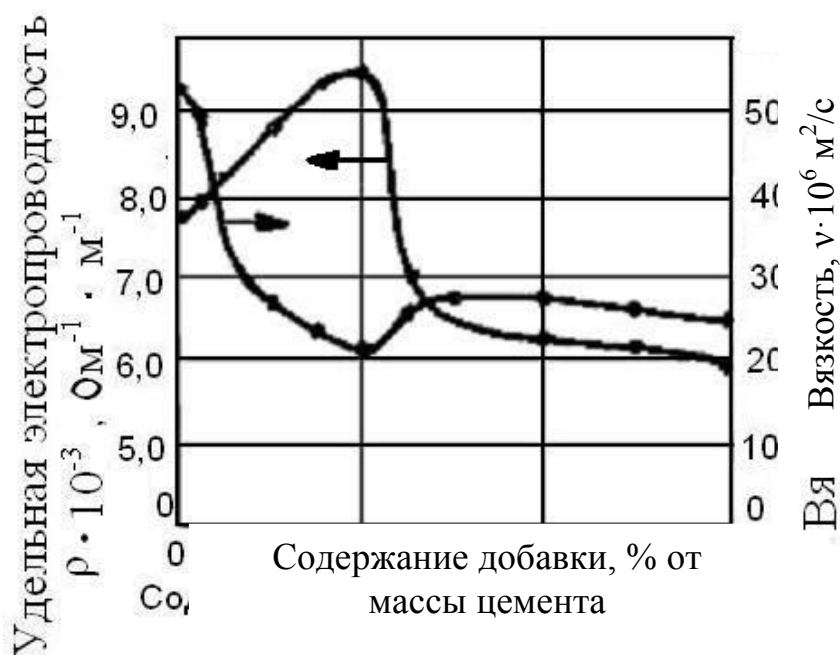


Рисунок 4.4 – Влияние содержания добавки ЩЭСХ на удельной электропроводности и вязкости цементного теста при В/Ц=0,4.

Проведенными исследованиями твердения образцов в нормальных и естественных условиях доказана эффективность добавки ЩЭСХ как структуроустойчивой и упрочняющей добавки, так как при повышении водоудер-

живающей способности цементсодержащей смеси ускоряется скорость гидратации цементного вяжущего в начальные сроки схватывания,

Анализ проведенных исследований по испытанию добавки ЩЭСХ в сос-таве бетона со связующим из обычного среднеалюминатного цемента М400 Душанбинского цемзавода при определенном соотношении компонентов смеси - Ц:П:Щ = 1:1,7:3,45 и водо-цементного отношения В/Ц = 0,45. При этом количество введенной добавки в бетонной смеси вместе с водой содержанием 0,05-0,50% от массы цементного вяжущего [130]. Характеристика условий приготовления добавки и свойства бетона приведены в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Характеристика условий приготовления добавки и свойства бетона

Характеристика условий приготовления добавки			Расход добавки от массы цемента, %	Подвижность бетонной смеси, см	Прочность бетона на сжатие (на 28 сут.), МПа	
Массовое соотношение гуза-паи и окиси натрия	Концентрация едкого натрия, %	Продолжительность обработки, мин.			нормальное твердение	естественное твердение
-	-	-	-	1	34,2	28,7
1:0,20	0,5	60	0,05	1	49,2	42,7
1:0,25	0,5	60	0,20	1	47,5	41,3
1:0,35	1,0	50	0,275	2	46,5	41,2
1:0,40	1,0	45	0,10	1	52,9	45,9
1:0,50	1,0	40	0,50	1	44,9	40,7

Результаты проведенных исследований прочности бетонной смеси состава 1:1,79:3,3 при водо-цементном отношении В/Ц=0,5 и количеством среднеалюминатного цемента Ц = 368 кг/м³ в зависимости от добавки

ЩЭСХ, твержденного в нормальных условиях в разных временных рамках приведены в рис. 4.5.

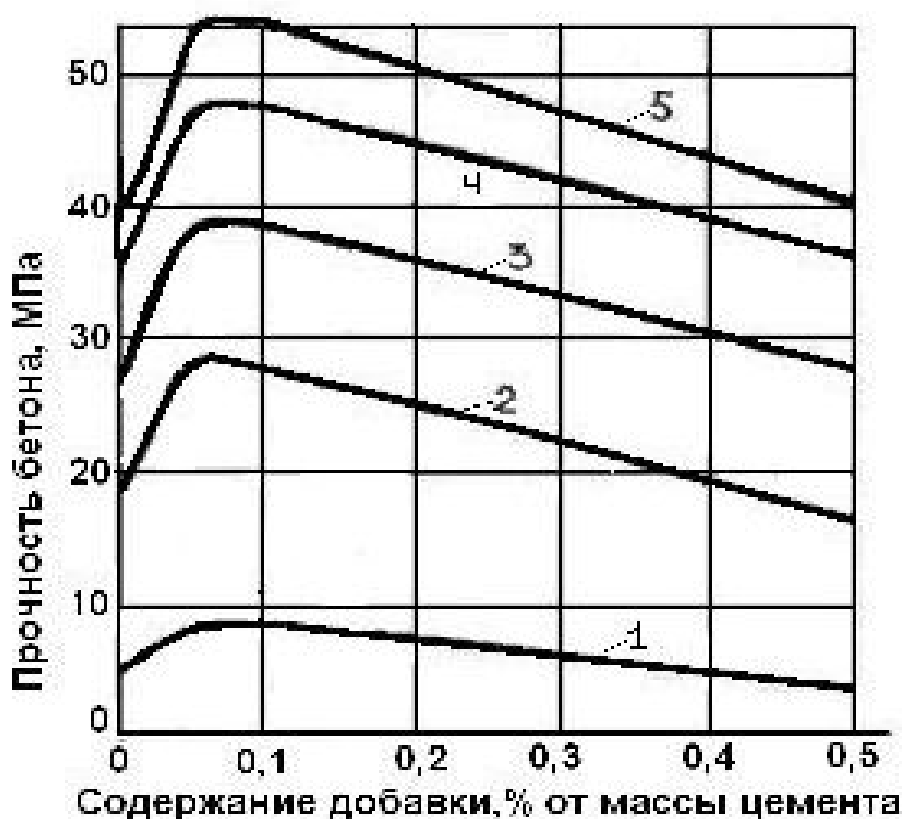


Рисунок 4.5 – Влияние содержания ЩЭСХ на прочности бетонной смеси. Состав 1:1,79:3,3, Ц=368 кг/м³ и В/Ц=0,45 и при твердении в нормальных условиях через: 1 – 1 сут.; 2 – 3 сут.; 3 – 7 сут.; 4 – 24 сут.; 5 – 28 сут.

Согласно результатам экспериментального исследования касательно зависимости свойств бетонной смеси с параметрами состава 1:1,79:3,3 и водо-цементного отношения - В/Ц = 0,5, а также и количественного содержания ЩЭСХ в цементном вяжущем с добавкой, составляющей 13-18% шлака, приведенного на рис. 4.6 установлено, что при этом наблюдается незначительное увеличение подвижности и соответственно снижение жесткости бетонной смеси примерно в 2-3 раза.

Малое количественное содержание добавки ЩЭСХ, по отношению с большими ее дозами, положительно влияет на упрочнение и вследствие этого на твердение цементного камня. Следует уточнить, что процесс твердения

образцов в естественных условиях формирования прочности происходит быстрее, вследствие чего ЩЭСХ улучшает водоудерживающую способность гуга-паи в структуре цементного камня. Это объясняется испарением воды затворения из структуры бетона на открытый воздух.

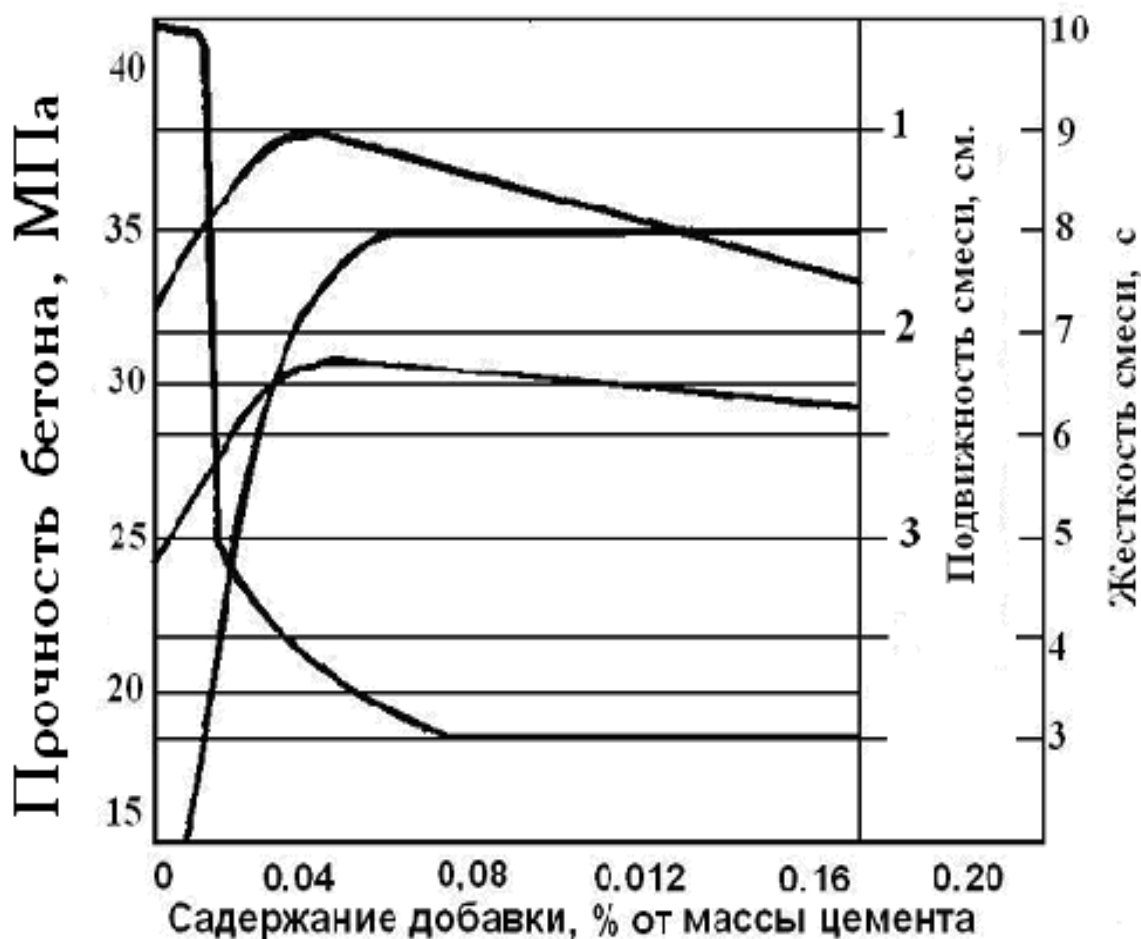


Рисунок 4.6 – Параметрические характеристики смеси при составе 1:1,79:3,3 и В/Ц = 0,5 в зависимости от содержания ЩЭСХ в цементном вяжущ 13-18% добавки шлака: 1 - прочность через 28 сут. при нормальном твердении; 2 – то же в условиях естественного твердения; 3 – подвижность бетонной смеси; 4 - жесткость бетонной смеси.

Таким образом, важное место в проведенных исследованиях занимает изучение процесса влияния химических модификаторов на основные свойства цементной композиции, при ее различных составах.

В случае использования минеральных добавок, рассмотрим основной состав гидротехнического бетона 1:1,51:2,57 (цемент:песок:щебень) при водо-цементном отношении $V/C = 0,4$. При этом удельный расход исследуемого цемента составил $C = 475 \text{ кг/м}^3$. Если внести а состав вяжущего 30% минеральной добавки, то состав бетона примет вид - 1:0,43:0,16:3,67 (цемент: минеральная добавка:песок:щебень). При таком расположении компонентов водо-цементное отношение имеет значение $V/C = 0,57$, а удельный расход исследуемого цемента составляет $C = 333 \text{ кг/м}^3$.

4.6. Коррозионностойкость материалов на основе РВК

С целью оценки коррозионностойкости материалов на основе РВК были выделены следующие разновидности агрессивной среды, такие, как дистиллированная вода и раствор 0,25 моль/л H_2SO_4 .

Влияние вышеприведенных агрессивных сред на свойства коррозионностойкости цементного камня с определенного количества и содержания добавкой ЩЭСХ определили с помощью хранения испытываемых образцов, которые были изготовлены из бетонной смеси компонентного состава 1:1,51:2,57 при водо-цементном отношении $V/C = 0,4$ и количество обычного среднеалюминатного цемента М400 Душанбинского цемзавода $C = 475 \text{ кг/м}^3$ в течение 6-ти мес яцев (180 сут.).

Следует отметить тот факт, что по степени воздействия на цементный камень, применяемые для испытания среды относятся к «сильноагрессивным средам». Отнесение к этой категории определялась и по количеству ионов содержащего в исследуемом растворе, а также и по значению напора интенсивности воздействия данных ионов на единицу поверхности испытываемых образцов.

К примеру, при нахождении испытываемых образцов в течение 6 месяцев (180 сут.) в агрессивной среде раствора 0,25 моль/л H_2SO_4 , при периодиче-

ском смене используемого агрессивного раствора на свежий, путем чередования через каждые 20 дней, величина концентрации кислоты имеет тенденцию возрастания до значения 2,25 моль/л. Следует уточнить, что при соблюдении данного режима испытаний, за время испытания, при удельном расходе на образец раствора в количестве 1,7 л, на этот образец воздействует 3,825 моль/л H_2SO_4 . В течение 6-ти месячного срока (за 180 сут.) цементный камень принимает воздействие 187,4 г-экв H_2SO_4 , т.е. на 1 г цементного компонента испытываемой бетонной смеси приходится расходование 0,395 г-экв кислоты.

Следует отметить, что в процессе замены отработанного раствора агрессивной среды на свежий, наблюдается циклическое воздействие среды на цементный камень. В начальной стадии это воздействие в виде влияния агрессивного количества ионов на отдельные компоненты цементного камня ощущается весомо. А по мере процесса нейтрализации кислоты, которая является продуктом взаимодействия со щелочными соединениями, данное влияние снижается. При нахождении бетона в среде отработанного раствора, он может быть защищенным от процесса коррозии.

Зависимость основных характеристик бетонной смеси - прочности и коэффициента стойкости образцов в вышеприведенных агрессивных средах в зависимости от различных соотношений содержания добавки из ЩЭСХ в цементном вяжущем приведены на рис. 4.7.

Результаты исследования, приведенные на рис. 4.7 указывают на то, что при формировании прочности исследуемых материалов в агрессивных средах, создаваемых дистиллированной водой и раствором H_2SO_4 наблюдается возрастание их прочности в тех составах, где в качестве добавки были использованы ЩЭСХ. Безусловно, они имеют преимущество перед образцами без использования добавок. Установлено, что коэффициент стойкости бе-

тона находится в прямой пропорциональности от увеличения расхода добавки в составе цемента.

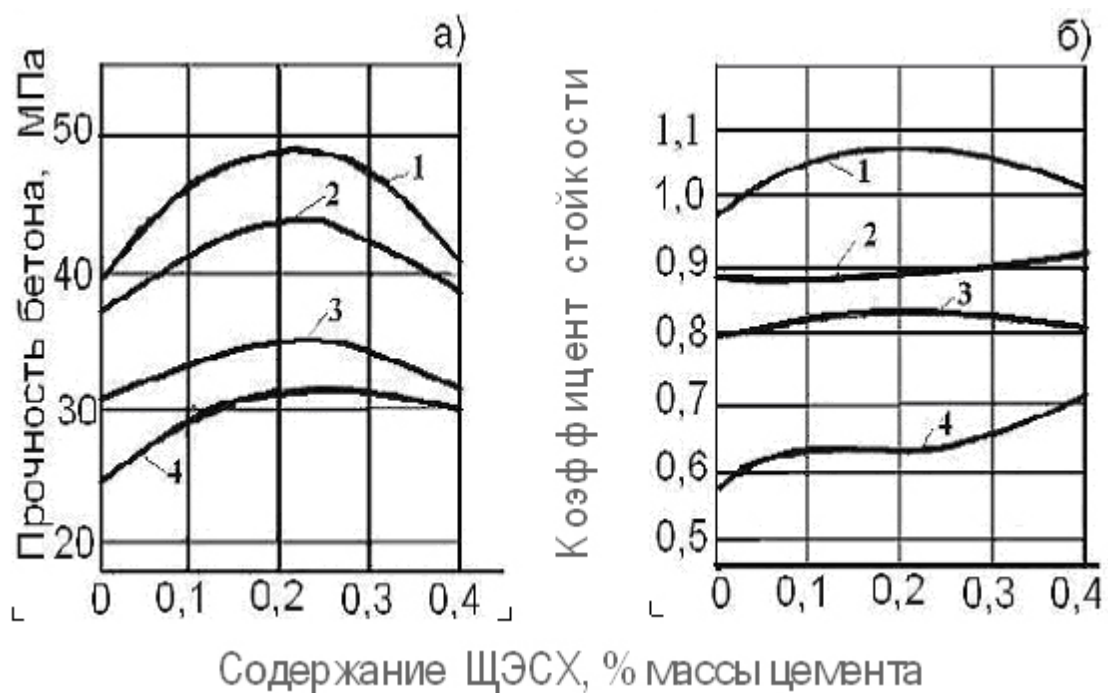


Рисунок 4.7 – Зависимость влияния добавки из ЩЭСХ на характеристик бетонной смеси на среднеалюминатном цементе: прочности (а) и коэффициент стойкости (б) образцов. Состав 1:1,51:2,57, Ц = 475 кг/м³ и В/Ц = 0,4; условия твердения: в дистиллированной воде (1, 2) и растворе 0,25 моль/л H₂SO₄ (3, 4) во временных рамках - 30 сут. (1, 3) и 180 сут. (2, 4).

Выводы по главе 4

1. Проведенными исследованиями выявлен механизм структурообразования материалов с использованием минеральных вяжущих и отходов местного растительного сырья. Приведено научное обоснование разработки материалов и изделий на основе РВК, которая в необходимых случаях играет как роль несущего, так и теплоизоляционного ограждения малоэтажных зданий и сооружений.

2. Установлено, что процесс структурообразования материалов и изделий на основе растительно-цементной композиции (РЦК) имеет два противоположных течения, как конструктивное, где наблюдается твердение цемент-

ной композиции и повышение его адгезии с растительным наполнителем, что в целом ведет к упрочнению структуры, так и деструкционное, в котором возникают объемные деформации растительного наполнителя за счет увеличения фактора влажности. Установлено повышение прочности РЦК более чем в два раза за счет 6 месячной выдержки стеблей хлопчатника без предварительного замачивания. Процесс предварительного замачивания стеблей хлопчатника дополнительно на 10-20% повышает прочность арболита на его основе.

3. Разработана рекомендация по определению состава арболита. Для изготовления арболита классов В0,35-В2,5 (марок М5-М35), предложен рекомендуемый расход портландцемента М400 производства Душанбинского цемзавода, исходя из условия твердения арболита в стандартных условиях (в течение 28 суток при значениях температуры $20 \pm 2^\circ\text{C}$, а также и значения относительной влажности воздуха $70 \pm 10\%$). При этом рекомендован соответствующий расход гуза-паи и воды для изготовления арболита различной прочности.

4. Разработан технологический процесс изготовления арболитовых материалов на основе гуза-паи, с учетом специфических особенностей самой гуза-паи и оптимальных параметров среды обработки арболита.

5. На основании использования принципиальной технологической схемы процесса производства арболитовых материалов на основе РВК из стеблей хлопчатника выявлено, что процесс сушки повышает прочность арболитового материала примерно на 15-20%. Следует, при этом, отметить и факт уменьшения на 17-20% время затвердевания арболитового материала.

6. Выявлено, что при знакопеременном температурно-влажностном режиме сушки арболитового материала на основе измельченных стеблей хлопчатника (высушение до абсолютно сухого состояния, с последующим увлажнением до значения экстремальной влажности), его прочность не восстанавливается, создавая при оптимальной влажности $W=16\%$ величину

гистерезиса прочности, равное $\Delta R=0,18$ МПа. Установлен характер снижения прочности арболитовых материалов в процессе сушки ниже значения влажности $W=15-18\%$, из-за прохождения деструктивных процессов раздела фаз на границе между цементным камнем и растительного заполнителя.

7. Проведенным исследованиям по определению основных свойств материала на основе РВК выявлена эффективность использования в качестве добавки - химическую добавку из ЩЭСХ (щелочного экстракта стеблей хлопчатника). Установлено, что при применении ЩЭСХ (в различных агрессивных условиях, такие как мягкие и минерализованные воды, растворы $MgSO_4$ (3-6%), H_2SO_4 (0,25 и 0,5 моль/л), HCl (0,1 моль/л) и CH_3COOH (0,1 моль/л) коррозионностойкость цементосодержащих композиций повышается.

Глава 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1. Исходные данные расчета экономической эффективности

Сельское строительство отличается широкой возможностью использования местного сырья и накопившихся отходов в производстве строительных материалов, что расширяет номенклатуру строительных материалов, изделий и конструкций в собственной базе сельского строительства. Установлено, что при использовании технологической возможности комплексной обработки, одна тонна накопившихся стеблей хлопчатника может заменить примерно 2 м³ деловой древесины [6, 7, 12, 15, 16, 32, 46, 48, 52, 58, 70, 84, 103]. Если учесть и тот факт, что, древесина относится к ввозимым товарам в Республике Таджикистан, преимущественно из районов Сибири Российской Федерации, эффективность использования растительного сырья в производстве строительных материалов, изделий и конструкций, особенно для малоэтажного строительства Таджикистана, оценивается на достаточно высоком уровне.

Однако проведенными исследованиями нами удалось доказать тот факт, что одним из путей эффективного и рентабельного способа использования стеблей хлопчатника является производство на их основе, как теплоизоляционных, так и теплоизоляционно-конструктивных строительных материалов. Эффективность данного подхода заключается также в использовании несложной и доступной технологии, не требующей сравнительно больших значений капитального вложения и энергетических затрат. К отрицательному фактору эффективности производство материалов, изделий и конструкций с

использованием гуза-паи можно отнести сравнительно большую трудоемкость при сборе стеблей хлопчатника. Однако, в последнее время, механизация данного процесса с последующими операциями - корчевания гуза-паи, прессования их в тюки, механической погрузки, и транспортировки тюков на склады для хранения, намного упрощает решение данной проблемы.

Для оценки технико-экономического обоснования воспользуемся данными исследований, проведенными Узглавлеспромом Республики Узбекистан. Проведенный в этом предприятии анализ эффективности процесса уборки и заготовки гуза-паи показывает, что для сбора 1 тонны гуза-паи сорта Фергана 108 (Ф-108), транспортировки тюков на склады, расположенные в 10-12 км, издержки составляют около 5,44 руб. [83]. Таким образом, если учесть 20-25% (ср. 22,5%) рентабельность реализации стеблей хлопчатника, то можно определить стоимость 1 тонны гуза-паи следующим образом:

$$C_{\text{изг.г.}} = 1,225 \cdot 5,44 = 6,66 \text{ руб.}$$

В изготовленных разработанных строительных материалов гуза-пая используются в измельченном состоянии, как дробленка. Для измельчения гуза-паи был использован измельчитель грубых кормов - ИГК. Теперь определим затраты для измельчения 1 тонны стеблей хлопчатника. Если воспользоваться измельчителем марки ИГК-3ОБ с производительностью 3,0 т/ч, учитывая влажность дробленки до 14%), цена машино-часа, которой составляет 3,21 руб. Тогда стоимость затрат на изготовление 1 тонны измельченной гуза-паи при этом составляет:

$$C_{\text{изм.г.}} = 3,21 / 3,0 = 1,07 \text{ руб.}$$

Таким образом, рассчитываем общие затраты на измельчение 1 тонны стеблей хлопчатника:

$$C_{\text{г}} = C_{\text{изг.г.}} + C_{\text{изм.г.}} = 6,66 + 1,07 = 7,73 \text{ руб.} \quad (5.1)$$

Из-за отсутствия достоверных данных невозможным становится расчет приведенных затрат для изготовления материалов на основе РВК, в частности стеновых панелей с теплоизоляцией из ГГГТМ. В связи с этим, сравнению подвергались разработанная конструкция панелей наружных стен и ее прототип.

В изготовленных панелях наружных стен в качестве теплоизоляционно-конструкционного материала применен гипсо-грунто-гуза-паитовый теплоизоляционный материал (ГГГТМ). Результат калькуляции затрат на изготовление 1 м³ приведенного состава материала ГГГТМ отражен в табл. 5.1 и составляет $C_{изг.ггг} = 4,20$ руб.

Изготавливалась смесь материала с помощью смесительной машины марки СБ–91н с ценой машино-смены $C_{м.см} = 7,28$ руб. Производительность данной машины составляет $V_r = 20$ м³/ч. Тогда определяем значение производительности смесительной машины за одну смену работы:

$$V_{см} = V_r \cdot t_{см} \cdot K_n = 20 \cdot 8,2 \cdot 0,85 = 139,4 \text{ м}^3, \quad (5.2)$$

Здесь $t_{см}$ – количество часов (8,2 час.) в смене; K_n – коэффициент неиспользования рабочего времени по прочим неучтенным причинам.

Тогда стоимость 1 м³ материала ГГГТМ с учетом структурного состава его компонентов, выглядит следующим образом:

$$C_{ггг} = C_{изг.ггг} + \frac{C_{м.см}}{V_{см}} = 4,20 + \frac{7,28}{139,4} = 4,20 + 0,05 = 4,25 \text{ руб.} \quad (5.3)$$

Таким образом, для определения стоимости 1 м³ материала ГГГТМ использован общий «стоимостный» подход. Для более точного определения искомого показателя следует учесть и другие факторы, как физико-технические и физико-химические, а также и строительно-эксплуатационные свойства, а также дальнейшие условия хранения и эксплуатации данного материала.

Таблица 5.1 - Калькуляция затрат на изготовление материала ГГГТМ
(в расчете на 1 м³ изделия)

№ пп	Обоснование	Наименование Затрат	Ед. изм.	Количе- ство	Цена ед. в руб.	Зат- раты в руб.
1	2	3	4	5	6	7
1.	Расчет	Гуза-пай с $\gamma = 190 \text{ кг/м}^3$	м ³	$110/190 =$ $=0,579$	$7,73 \cdot 0,190 =$ $=1,469$	0,85
2.	Сборник сметных цен на местные материалы по Таджикистану (ССЦММ) п. IV-I	Лессовидный суглинок ($\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$) с учетом связанной воды	м ³	$\frac{100}{1400} = 0,071$	4,30	0,31
3.	Сборник сметных цен на местные материалы по Таджикистану (ССЦММ) п. IV-I	Гипс строительный с $\gamma = 1150 \text{ кг/м}^3$	м ³	$\frac{190}{1150} = 0,165$	18,10	2,99
4.	СНиП IV.4.82. Часть 1, п.175	10%-й CaCl ₂ с $\gamma = 1,084 \text{ кг/м}^3$	м ³	0,009	3,81	0,04
5.	Цена договорная	Вода	м ³	0,144	0,04	0,01
Итого			м ³	1,000		4,20

5.2. Эффективность применения арболитовых материалов из РВК

В качестве сравнительной критерий примем значения стоимости 1 м² «глухой части» стеновых панелей. Основные характеристики сравниваемых панелей следующие:

1. Для сравнения предлагается трехслойная панель с гибкими связями с теплоизоляцией из разработанного материала ГГГТМ. Внутренний несущий слой железобетонный, толщиной 100 мм. Данная толщина минимально рекомендуемая толщина крупнопанельных стен, согласно СНиП II-7-81 «Строитель-ство в сейсмических районах», для крупнопанельных стен жилых зданий. Толщина наружного железобетонного слоя составляет 50 мм. А теплоизоляцион-ный слой толщиной 100 мм из разработанного материала ГГГТМ. Согласно калькуляции, приведенной в табл. 5.2, стоимости 1 м² «глухой части» данной сравниваемой панели составляет $C = 3,82$ руб.

2. В качестве прототипа сравниваемой панели выступает разработанная ЦНИИЭПграждансельстроем для малоэтажного строительства трехслойная стеновая панель с гибкими связями известной серии 228. У прототипа толщина несущего внутреннего железобетонного слоя равна 100 мм, а толщина конструктивного наружного железобетонного слоя составляет 65 мм. Тепло-изоляционный слой прототипа из пенополистирола ПСБ–С толщиной 60 мм. На основании данных табл. 5.3, значение стоимости 1 м² «глухой части» панели прототипа, равна $C = 6,36$ руб.

3. Объектом внедрения является однослойная керамзитобетонная панель наружных стен крупнопанельных жилых зданий толщиной 300 мм. Объект внедрения адаптирован к реальному проекту - одноэтажному двух-квартирному жилому дому с 5-ти комнатными квартирами, согласно зональ-ному типовому проекту Таджикистана 181-55-32с.-13.87.

Таблица 5.2 - Калькуляция затрат на 1 м² «глухой части» трехслойной панели наружных стен с гибкими связями при использовании теплоизоляции из гуза-паи

№ пп.	Обоснование	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена ед, руб.	Затраты в руб.
1	2	3	4	5	6	7
1.	СНиП IV.4.82 часть IV	Бетон тяжелый класса В10	м ³	0,150	21,8	3,27
2.	По калькуляции (табл. 4.1) и по Расчету	Гипсо-грунто-гуза-паитовый теплоизоляционный материал (ГГГТМ)	м ³	0,100	4,20	0,42
3.	СНиП IV.4.82 часть II	Арматура (при коэф. армирования бетона $\mu=0,05\%$)	м ³	$0,150 \cdot \frac{0,05}{100} = 7,5 \cdot 10^{-5}$	7,85 · 224 = 1758,4	0,13
Итого						3,82

Таблица 5.3 - Калькуляция затрат для трехслойной панели с гибкими связями серии 228, разработанной ЦНИИЭП граждансельстроем (при расчете на 1 м² «глухой части»)

№ пп	Обоснование	Наименование затрат	Ед. изм.	Количество	Цена ед., руб.	Затраты в руб.
1	2	3	4	5	6	7
1.	СН иП IV.4.82 часть IV	Бетон тяжелый класса В7,5 F35, $\gamma = 2300 \text{ кг/м}^3$, ГОСТ 25192-82	м ³	0,165	13,8	2,18
2.	СНиП IV.4.82 часть I	Пенопласт полистирольный ПСБ-С ГОСТ 15588-70* с $\gamma = 40 \text{ кг/м}^3$	м ³	0,06	0,04x1680 = 67,20	4,03
3.	СНиП IV.4.82 часть II	Арматура (при коэф. армирования бетона $\mu=0,05\%$)	м ³	$0,150 \cdot \frac{0,05}{100} =$ $= 7,5 \cdot 10^{-5}$	$0,165 \times (0,05/100) =$ $= 8,25 \cdot 10^{-5}$	0,15
Итого						6,36

При этом стоимость 1 м² «глухой части» данной панели составляет:

$$C_3 = C_{кх} \cdot \delta = 23,2 \cdot 0,3 = 6,96 \text{ руб.}, \quad (5.4)$$

где $C_{кх}$, руб.– значение стоимости керамзитобетона класса В5,5 с $\gamma=1200 \text{ кг/м}^3$, согласно Сборнику сметных цен на местные строительные материалы Таджикистана – ССЦММ, п.IV–I;

δ , м – толщина керамзитобетонной панели.

Таким образом, используя критерий сравнения - 1 м² «глухой» части панелей можно определить экономический эффект их использования формулой:

$$\mathcal{E} = C_{2,3} - C_1 \quad (5.5)$$

Используя данную формулу, определяем:

$$\mathcal{E}_2 = C_2 - C_1 = 6,36 - 3,82 = 2,54 \text{ руб/м}^2$$

$$\mathcal{E}_3 = C_3 - C_1 = 6,96 - 3,82 = 3,14 \text{ руб/м}^2$$

Учитывая то, что основой для расчета являются базовые цены 1984 года, с учетом курса доллара США, составленного в этом году по Центробанку 0,87 руб. на 1 доллар, окончательно находим:

$$\mathcal{E}_2 = 2,54 : 0,87 = 2,92 \text{ у.е./м}^2;$$

$$\mathcal{E}_3 = 3,14 : 0,87 = 3,61 \text{ у.е./м}^2.$$

Исходя из вышеизложенного, можно прийти к заключению, что практическое внедрение касательно применения разработанных наружных стеновых панелей в условиях малоэтажного строительства Таджикистана является эффективным.

Выводы по главе 5

1. При определении эффективности применения арболитовых материалов, изделий и конструкций на основе местного минерального сырья Республики Таджикистан и сельскохозяйственных отходов – гуза-паи применен ресурсный метод. Исходные данные применены в виде натуральной величины, не прибегая к приведенным величинам.

2. Экономический эффект при использовании разработанных наружных стеновых панелей с теплоизоляцией из ГГГТМ в малоэтажном строительстве в условиях Таджикистана, при замене существующих однослойных керамзитобетонных панелей при расчете на 1 м^2 стенового ограждения составляет 3,61 у.е. На данный эффект существенно влияют такие составляющие показатели, как применение недефицитного связующего материала и дешевого отхода хлопководства – гуза-паи.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Впервые разработана энергосберегающая технология производства экологически эффективных стеновых арболитовых материалов, изделий и конструкций для малоэтажного строительства на основе новых составов РВК из местных сельскохозяйственных отходов – гуза-паи и минеральных вяжущих Таджикистана с наилучшими физико-техническими и эксплуатационными свойствами.

2. Установлено, что процесс структурообразования арболитовых материалов на основе гуза-паи сопровождается упрочнением структуры - твердением вяжущего вещества с повышением его адгезии с растительным заполнителем, а также одновременно и деструкцией - объемными влажностными деформациями заполнителя растительного происхождения. Выявлено, что в условиях без предварительного замачивания и выдержки стеблей хлопчатника в течение 4-6 месяцев, прочность арболита повышается в 1,5-2 раза. Предварительное замачивание гуза-паи для локализации экстрактивных веществ в растворе с добавками повышает прочность арболита дополнительно на 8-15%.

3. Выявлено, что наличие в структуре РВК лубяного волокна гуза-паи (до 40%) во время прессования арболита приводит к более широкому обволакиванию связующим нитей - волокон, за счет чего увеличивается число контактных слоев, создается монолитная структура, в которой нити - волокна образуют решетку, воспринимающую значительную нагрузку. Это подтверждает достаточную прочность при эксплуатации и позволяет использовать данный материал при статических и динамических нагрузках.

4. С использованием экспериментально-статистического метода оптимизированы составы модифицированной РВК из обычного цемента марки М400 Душанбинского цементного завода (17-20%) и гуза-паи (32-43%),

обеспечивающие получение арболита повышенной прочности - 36-38 МПа при низком коэффициенте теплопроводности - 0,08-0,15 Вт/(м °С)).

5. Выявлено, что сушка повышает прочность арболита до предела 15-20%, сопровождающее уменьшением времени его затвердевания на 17-20%. Определено, что в процессе сушки арболита при влажности 15-18%, деструктивные процессы приводят к снижению его прочности. Особенно, в процессе сушки при оптимальной влажности 16%, в арболите из гуза-паи выявлена величина «гистерезиса прочности» равная 0,17 МПа.

6. На основании экспериментальных исследований влияния агрессивной среды (мягкие и минерализованные воды, растворы $MgSO_4$ (3-6%), H_2SO_4 (0,25 и 0,5 моль/л), HCl (0,1 моль/л) и CH_3COOH (0,1 моль/л) на физико-технические свойства цементсодержащих композиции выявлена эффективность применения щелочного экстракта стеблей хлопчатника (ЩЭСХ), как добавка для разработки коррозионноустойчивых арболитов, а также как добавка, приводящая к ускорению сроков схватывания РВК.

7. Разработана эффективная ресурсо- и энергосберегающая технология изготовления гипсо-грунто-гузапаитового теплоизоляционного материала (ГГГТМ) с органоминеральными добавками для стеновых панелей, которые характеризуются прочностью $R_{сж}$ до 2,6 МПа, плотностью $\rho = 430-650$ кг/м³, морозостойкостью $M_{рз} F=35$ и теплопроводностью $\lambda = 0,08-0,42$ Вт/(м·К); твердение материала происходит без тепловой обработки.

8. По результатам научных разработок в производственных условиях на предприятиях Таджикистана - ООО «Самт-2» («ЖБК-2»), Душанбинский цементный завод, НИИ «ТаджикНИИПАГ», Душанбинский завод строительных материалов выпущено свыше 10000 м³ энергосберегающего арболита на основе гуза-паи, цементных и гипсовых вяжущих с улучшенными характеристиками: $R_{сж}$ до 4 МПа, плотностью $\rho = 500-1000$ кг/м³, теплопроводностью $\lambda = 0,08-0,15$ Вт/(м·К). Экономический эффект от выпуска 10000 м³ арболита составляет 90 тыс. у.е.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абышев, А.А. Эффективные гипсовые изделия из местного гипсосодержащего сырья [Текст] / А.А. Абышев // Автореф. ... канд. техн. наук. –Бишкек, 2014. -20 с.
2. Амфилохийев, А.А. Особенности микроклимата сельского жилища в Киргизской ССР [Текст] / А.А. Амфилохийев // Исследования по микроклимату и шумовому режиму населенных мест. –М.: Стройиздат, 1965. –Сб.3. –С.43-52.
3. А.с. № 1590464 СССР, МКИ С 04 В28/02, 24/10. Способ получения добавки для бетонной смеси / Зарегистр. в Гос. Реестре изобретений СССР 10.02.1989 г. (Бюл. №1, 21.01.1990 г.).
4. А.с. № 1787974 А1 СССР. Кобулиев З.В., Ушков Ф.В., Шарифов А.Ш. и др. Сырьевая смесь для теплоизоляции / Зарегистр. в Гос. Реестре изобретений СССР 15.09.1992 г. (Бюл. №2, 15.01.1993 г.).
5. Ашкенази, Е.К. Анизотропия древесины и древесных материалов [Текст] / Е.К. Ашкинази. -М., 1978. - 224 с.
6. Батырбаев, Г.А. Перспективы развития производства арболита на основе стеблей хлопчатника, рисовой соломы, одубины и камыша [Текст] / Г.А. Ашкинази. -М.: Стройиздат, 1977. –66 с., С. 3 – 5.
7. Бобров, Ю.Л. Новые теплоизоляционные материалы в сельском строительстве [Текст] / Ю.Л. Бобров. –М.: Стройиздат, 1974. –111 с.
8. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) [Текст] / В.Н. Богословский. -М.: Высш. школа, 1982. –415 с.
9. Бокшанин, Ю.Р. Обработка и применение древесины лиственницы [Текст] / Ю.Р. Бокшанин. -М., 1971. -С.4-72.
10. Ботвина, Л.М. Строительные материалы из лессовидных суглинков [Текст] / Л.М. Ботвина. – Ташкент: Укитувчи, 1984. –128 с.

11. Броновицкий, В.Е. Древесностружечные плиты на лигнинфурфурольной смоле [Текст] / В.Е. Броновицкий, Х.У. Усмонов, М.Я. Гутник // Физика и химия природных и синтетических полимеров. –Ташкент, Изд. АН УзССР, 1962. –Вып.1. –С.242-252.
12. Бухаркин, В.Н. Производство арболита в лесной промышленности [Текст] / В.Н. Бухаркин, С.Г. Свиридов, З.П. Рюмина. –М., 1969. –С.8-15.
13. Васильев Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий [Текст] / Б.Ф. Васильев. –М.: Госстройиздат, 1957. – 207 с.
14. Вознесенский, В.А. Современные методы оптимизации композиционных материалов [Текст] / В.А. Вознесенский, В.Н. Выревой, В.Я. Керц и др. – Киев, 1983. – 144 с.
15. Волобуев, В.Г. Использование отходов сельскохозяйственного производства в качестве энергетического топлива [Текст] / В.Г. Волобуев, В.И. Сапего. – Минск, 1980. – 40 с.
16. Гончаров, Н.А. Плиты из стеблей хлопчатника [Текст] / Н.А. Гончаров, В.М. Курдюмова // Плиты и фанера: научно-технический реферативный сборник. –М., 1981. –Вып. 3. –С.14-15.
17. Горлов, Ю.П. Технология теплоизоляционных материалов [Текст] / Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, А.А. Устенко. –М.: Стройиздат, 1980. –399 с.
18. Горчаков, Г.И. Строительные материалы [Текст] / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. –М.,1986. –688 с.
19. Горяйнов, К.Э. Теплоизоляционные материалы для сельскохозяйственных зданий и сооружений [Текст] / К.Э. Горяйнов // Строительные материалы. –1973. –№ 5. –С.23-24.
20. ГОСТ 19222-84. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. –М.: Изд-во стандартов, 1985. – 20с.
21. Гульмамедова, Л.М. Перспективы развития сельского строительства в Таджикской ССР [Текст] / Л.М. Гульмамедова, М.М. Нуридинова. –Душанбе, ТаджикНИИТИ, 1985. –10 с.

22. Джумаев, Д.С. Проблемы использования сельскохозяйственных отходов в производстве строительных материалов [Текст] / Д.С. Джумаев // Информационный листок №7-2006. -Душанбе, НПИЦентр. -4 с.

23. Джумаев, Д.С. Физико-химические аспекты использования минерального сырья и растительных отходов в производстве строительных материалов [Текст] / Д.С. Джумаев, У.К. Ходжамуродов, З.В. Кобулиев // Материалы I-ой Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс и развитие инженерной мысли в XXI веке». - Худжанд, 2007. -С.52-55.

24. Джумаев, Д.С. Методика проведения эксплуатационных испытаний строительных материалов на основе отходов [Текст] / Д.С. Джумаев, З.В. Кобулиев, У.К. Ходжамуродов // Материалы II Республиканской научно-практической конференции «Из недр земли до горных вершин». –Чкаловск: ГМИТ, 2008. -С.124-129.

25. Джумаев, Д.С. Строительное материаловедение и особенности использования местного сырья в разработке теплоизоляционно-конструкционных материалов [Текст] / Д.С. Джумаев // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Прогрессивные методы производства», посвященной 35-летию кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ТТУ им. акад. М.С.Осими. -Душанбе, 2009. –С.152-155.

26. Джумаев, Д.С. Физико-химические особенности гидратации цемента в экстракте водорстворимых веществ [Текст] / Д.С. Джумаев // Материалы Республиканской НПК «Горные, геологические и экологические аспекты развития горнорудной промышленности в XXI веке», посв. 100-летию акад. АН РТ С.М. Юсуповой. –Душанбе, 2010. –С.104-109.

27. Джумаев, Д.С. Энергосберегающие строительные материалы и конструкций на основе отходов [Текст] / Д.С. Джумаев, С.К. Ходжамуродов // Материалы Республиканской НПК «Наука и энергетическое образование на

современном этапе», посв. 20-летию независимости Республики Таджикистан и 5-летию Института энергетики Таджикистана. –Курган-тюбе, 2011. –С.123-127.

28. Джумаев, Д.С. Исследование прочности растительно-цементной композиций в зависимости от влияния легкогидролизиремых веществ растительного заполнителя [Текст] / Д.С. Джумаев, С.К. Ходжамуродов, М.Р. Джуракулов // Материалы Республиканской НПК «Наука и строительное образование на современном этапе», посв. 20-летию независимости Республики Таджикистан и 55-летию Таджикского технического университета (ТТУ) им. акад. М.С.Осими. –Душанбе, 2011. –С.359-363.

29. Джумаев, Д.С. Наружные стены энергоэффективных зданий из композиционных строительных материалов [Текст] / Д.С. Джумаев, Ф.Х. Саидов, Ш.С. Тагойбеков // Сб. тезисов Международного Симпозиума «Архитектурная среда: Современность и перспективы» (г.Душанбе, 3-4 мая 2012 г.). –Душанбе, 2012. –С.59-62.

30. Евсеев, Г.А Исследование процессов гидротации цементов присутствии водорастворимых экстрактивных веществ древесины (на примере получение арболита) [Текст] / Г.А. Евсеев // Автореф. дис...канд. техн. наук. -М., 1971. –22 с.

31. Ершов А.В. Принципы солнцезащиты зданий в Средней Азии [Текст] / А.В. Ершов // ТашЗНИИЭП. –М.: Стройиздат, 1974. - 96 с.

32. Завражнов, А.М. Сельскохозяйственные отходы – сырье для строительных материалов [Текст] / А.М. Завражнов, В.И. Барулин, Е.А. Баженов // Строительные материалы и конструкции. –1984. –№ 2. –С.20-21.

33. Кауфман, Б.Н. Теплопроводность строительных материалов [Текст] / Б.Н. Кауфман. –М.: Госстройиздат, 1955. –159 с.; Кауфман, Б.Н. и др. Цементный фибролит [Текст] / Б.Н. Кауфман, Л.М. Шмидт, Д.А. Сокоболов и др. -М., 1961. -259 с.

34. Кобулиев, З.В. Использование гуза-паи для получения арболита [Текст] / З.В. Кобулиев // Вестник Таджикского государственного национального университета. –Душанбе, 2006. -№5. -С.57-61.

35. Кобулиев, З.В. Особенности строения и химического состава гуза-паи [Текст] / З.В. Кобулиев // Информационный листок НПИЦентра РТ, №6-2006. –Душанбе: НПИЦентр. –4 с.

36. Кобулиев, З.В. Прогнозирование теплопроводности композиционных материалов различного строения // Доклады АН Респ. Тадж-н. –2005. -Том XLVIII. -№ 8. –Душанбе. -С.35-41.

37. Кобулиев, З.В. Математическое моделирование воздействие тепла на ограждающие конструкции зданий и сооружений [Текст] / З.В. Кобулиев // Жилищное строительство. -2006. -№9. -С.24-25.

38. Кобулиев, З.В. Технологическая особенность изготовления арболита на основе стеблей хлопчатника [Текст] / З.В. Кобулиев, А.Ш. Шарифов, С.Э. Якубов // Жилищное строительство. -2006. -№8. -С.30-31.

39. Кобулиев, З.В. Теплофизические свойства строительных материалов на основе растительно-вяжущей композиции [Текст] / З.В. Кобулиев, А.Ш. Шарифов, С.Э. Якубов, Г.Б. Назриев // Вестник Таджикского государственного национального университета. –Душанбе, 2006. -№5. -С.41-48.

40. Кобулиев, З.В. Коррозия стальной арматуры в ингибированных арболитовых конструкциях [Текст] / З.В. Кобулиев, С.Э. Якубов // Материалы Междунар. конф. «Современная химическая наука и ее прикладные аспекты». –Душанбе, 2006. –С.117-119.

41. Кобулиев, З.В. Энерго- и ресурсосберегающие материалы на основе минерального и растительного сырья: Монография [Текст] / З.В. Кобулиев, С.Э. Якубов. – Душанбе: Ирфон, 2006. -206 с.

42. Кобулиев, З.В. Автоматизация теплофизического эксперимента [Текст] / З.В. Кобулиев, С.Э. Якубов, Э.К. Рахмонов, М.Д. Сафаралиев // Ма-

териалы 1-ой Междунар. научно-практич. конф.: Перспективы развития науки и образования в XXI веке. – Душанбе, ТТУ, 2005.- С.177-178.

43. Котляр, О.К. Натурные микроклиматические наблюдения в народном жилище Хиве [Текст] / О.К. Котляр // Сб. исследования по микроклимату населенных мест и зданий по строительной физике. Сб. №2. –М.: Стройиздат, 1962. –С.21-26.

44. Крутов, П.И. Справочник по производству и применению арболита [Текст] / П.И. Крутов, И.Х. Наназашвили, Н.И. Склизов и др. –М.: Стройиздат, 1987. –208 с.

45. Ксинтарис, В.И. Использование вторичного сырья и отходов в производстве [Текст] / В.И. Ксинтарис, Я.А. Рекитар, А.Д. Григорьев и др. –М.: Экономика, 1983. –167 с.

46. Куликов, В.А. Особенности в технологии изготовления плит из гуза-пай [Текст] / В.А. Куликов, Н.А. Гончаров, В.М. Курдюмова // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по композ. полимер. мат-лов и их примен. в нархозе (28-30 сент. 1983 г.): –Ташкент, 1983. -С.34.

47. Курбанов, Н.Г. Развитие производства арболита на основе сельскохозяйственных отходов республики [Текст] / Н.Г. Курбанов, И.К. Касымов, Х.М. Мухитдинов // Комплексное использование вторич. матер. ресурсов в Узб-не: Тез. докл. научно-практич. конф. (1-2 апр. 1985 г.). -Ташкент, 1985. -С.54-56.

48. Курбатов, В.Л. Энерго-ресурсосберегающие многослойные конструкций стеновых блоков [Текст] / В.Л. Курбатов, В.И. Колчунов, Е.В. Осовских, М.И. Стадольский // Изв. вузов. Сер. Строительство. –2000. -№ 9. –С.23-25.

49. Курдюмова, В.М. Зависимость физико-механических свойств строительных плит из гуза-пай от фракционного состава сырья [Текст] / В.М. Курдюмова // Сейсмостойкие конструкции зданий и трансп. сооруж. –Фрунзе: ФПИ, 1985. -С.78-85.

50. Курдюмова, В.М. Эффективный заменитель древесины [Текст] / В.М. Курдюмова, Н.А. Гончаров // Плиты и фанера: науч.-техн. рефератив. сб. -М., 1981. -вып. 3. -С.12.

51. Курдюмова, В.М. Плиты стеблей хлопчатника – материал для облегченных строительных конструкций [Текст] / В.М. Курдюмова, Л.В. Ястребова // Сб.: II научно–технич. конф. молодых ученых и специалистов. – Фрунзе, 1981. -С.92-93.

52. Курдюмова, В.М. Строительные плиты из стеблей хлопчатника и эффективность их применения [Текст] / В.М. Курдюмова, Л.В. Ястребова, В.М. Хрулев // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. –1984. -№ 6. – С.74-76.

53. Лицкевич, В.К. Проблемы жилищного строительства с учетом климата [Текст] / В.К. Лицкевич. – М.: Стройиздат, 1987. – 173 с.

54. Марупов, Р. Молекулярная динамика целлюлозного волокна / Отв. ред. И.Я.Калонтаров [Текст] / Р. Марупов. –Душанбе: Дониш, 1995. –160 с.

55. Махкамов, К.М. Особенности структуры и свойства целлюлозы тонковолокнистого хлопчатника, выращенного в условиях Таджикистана: Обзор. Информация [Текст] / К.М. Махкамов. –Душанбе: ТаджикНИИНТИ, 1982. -36 с.

56. Мезенцев, А.В. О возможности получения плитных материалов из одревесневших остатков однолетних растений без добавления связующих [Текст] / А.В. Мезенцев // Межвуз. сборник: Технология древесных плит и пластиков. Вып. VI. –Свердловск, 1979. -С.86–89.

57. Микульский, В.Г. Строительные материалы (материаловедение): Учеб. изд. [Текст] / В.Г. Микульский, Г.И. Горчаков, В.В. Козлов и др. –М.: Изд-во АСВ, 2004. –536 с.

58. Минас, А.И. Специфические свойства арболита [Текст] / А.И. Минас, И.Х. Наназашвили // Бетон и железобетон. -1978. -№6. - С.19-20.

59. Минаева, В.С. Комплексная химическая переработка стеблей хлопчатника гуза-паи методом гидролиза [Текст] / В.С. Минаева // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. –Л., 1963. –19 с.

60. Могилат, А.Н. Теплоустойчивость полносборных наружных стен при воздействии солнечной радиации [Текст] / А.Н. Могилат. – Харьков, Изд. ХГУ, 1967. –136 с.

61. Мухаббатов, Х. Эффективность использования минерально-сырьевой базы промышленности строительных материалов (на примере Таджикской ССР) [Текст] / Х. Мухаббатов. –Душанбе: Дониш, 1984. –116 с.

62. Мухиддинов, З.К. Физико-химические аспекты получения и применения пектиновых полисахаридов [Текст] / З.К. Мухиддинов // Автореф. дисс. ... докт. хим. наук. –Душанбе, 2003. -52 с.

63. Наназашвили, И.Х. Арболит - эффективный строительный материал [Текст] / И.Х. Наназашвили. -М., 1984. - 122с.

64. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. –2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / И.Х. Наназашвили. –М: Стройиздат, 1990. -415 с.

65. Негматова, М.И. Исследование влияния содержания связующего на физико-механические свойства плит на основе стеблей хлопчатника [Текст] / М.И. Негматова, Э.О. Маурер, М.М. Саидов и др. // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по композ. полим. матер. и их прим. в нархозе (28-30 сент.). –Ташкент, 1983. -С.135-136.

66. Негматова, М.И. К вопросу технологии получения полимерных композиционных плитных материалов с использованием стеблей хлопчатника в качестве наполнителя [Текст] / М.И. Негматова, М.М. Саидов, Э.О. Маурер, Ш. Адылов // Тез. докл. Всесоюз. конф. по композ. полим. матер. и их примен. в нархозе, (28-30 сент.). -Ташкент, 1983. –С.134-135.

67. Негматова, М.И. Исследование и разработка композиционных полимерных материалов с использованием измельченных стеблей хлопчатника

[Текст] / М.И. Негматова, М.М. Саидов, Э.О. Маурер и др. // Тезисы докл. II Всесоюзн. конф. по композ. полим. матер. и их прим. в нархозе (28-30 сент.). –Ташкент, 1983. –С.100-101.

68. Оев, А.М. Исследование композиционного вяжущего на основе госсиполовой смолы [Текст] / А.М. Оев, М.Ш. Каримов, Б.Б. Каримов, К.М. Махкамов // Труды ТГУ, Серия «Транспорт и дорожное хозяйство», 1999. – С.43-47.

69. Першаков, В.Н. Архитектурные конструкции сельских гражданских зданий [Текст] / В.Н. Першаков, А.Е. Антонюк, И.Г. Любченко, О.И. Хрущев. –Киев: Будивелник, 1984. –С.24.

70. Петросян, Э.А. Состояние и перспективы производства строительных материалов с использованием растительных отходов в Узбекистане: Обзор [Текст] / Т.К. Румако, А.И. Стравчинский. –Ташкент: УзНИИНТИ, 1986. –30 с.

71. Подчуфаров, В.С. Исследование факторов, влияющих на качество арболита [Текст] / В.С. Подчуфаров // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. –М., 1980. –19 с.

72. Путляев, И.Е. Арболит на основе полимерного связующего [Текст] / И.Е. Путляев, Л.Э. Песецкий // Лесная промышленность. –М., 1983. -№11. –С.22.

73. Ржеганек, Я., Яноуш А. Снижение теплотерь в зданиях / Пер. с чеш. В.П. Поддубного; Под ред. Л.М.Махова [Текст] / Я. Ржеганек, А. Яноуш. –М.: Стройиздат, 1988. –168 с.

74. Рекомендации по применению древесно-бумажных сотовых заполнителей в ограждающих конструкциях [Текст] / ЦНИИЭПсельстрой. –М., 1980. –16 с.

75. Рудобашта, С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой / Под ред. А.Н. Плановского [Текст] / С.П. Рудобашта. –М.: Химия, 1980. –248 с.

76. Рыбьев, И.А. Исследование общих закономерностей в структуре и свойствах арболита [Текст] / И.А. Рыбьев, М.И. Клименко // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. –1972. –№2. –С.56-63.

77. Симонов, В.И. Исследование технологии и свойств теплоизоляционных плит на основе костры льна: для облегченных покрытий животноводческих зданий) [Текст] / В.И. Симонов // Автореф. дисс. ... канд.техн.наук. – М., 1975. –29 с.

78. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника. Нормы проектирования. – М., ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32 с.

79. СНиП 2.01.01–82. Строительная климатология и геофизика / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.

80. Солдатов, Е.А. Наружные ограждения и тепловой режим зданий в условиях действия солнечной радиации [Текст] / Е.А. Солдатов. –Ташкент: Фан, 1979. -104 с.

81. Справочник по производству и применению арболита / Под ред. И.Х. Наназашвили [Текст]. – М.: Стройиздат, 1987. – 208 с.

82. Старцев, О.В. Улучшение свойств плитных строительных материалов из отходов растительного сырья с использованием «парового взрыва» [Текст] / О.В. Старцев, Б.Н. Салин // Изв. вузов. Сер. Строительство. –2002. -№5. –С.35-38.

83. Стравчинский, А.И. Использование хлопковых отходов и жидкого стекла для изготовления теплоизоляционных плит [Текст] / А.И. Стравчинский, Т.К. Румако // Информация о строительных материалах; Сб. статей. – Ташкент, УЗИНТИ, 1967. -С.3-9.

84. Строительные плиты из растительных отходов / Сост. Румако Т.К. / УЗНИИТИ: Экспресс- информация. – Ташкент, 1986. – 8 с.

85. Табунщиков, Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений [Текст] / Д.Ю. Хромец, Ю.А. Матросов. –М.: Стройиздат, 1986. –380 с.

86. Таджикистан (природа и природные ресурсы) [Текст] / Коллектив авторов // АН Тадж. ССР. -Душанбе: Дониш, 1982.– 601 с.

87. Тимофеев, Н.И. Использование стеблей хлопчатника в производстве плитных материалов [Текст] / Н.И. Тимофеев // Труды Таджикского сельскохозяйственного института. –1983. –т.43. –С.79–86.

88. Титов, В.П. Влияние фильтрации воздуха на затухание температурных колебаний в ограждениях [Текст] / Е.В. Медведев, Н.А. Парфентьев // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. –Новосибирск, 1979. -№1. -С.106-108.

89. Трубаев, П.А. Модель процесса теплопроводности в многокомпонентных сырьевых смесях и системах технологии строительных материалов [Текст] / П.А. Трубаев, П.В. Беседин // Изв. вузов. Сер. Строительство. –2002. -№11. –С.24-26.

90. Турулов, В.А. Пути улучшения летнего теплового режима квартир архитектурно-конструктивными средствами (на примере многоэтажного типового строительства Узбекистана) [Текст] / В.А. Турулов // Автореф. дисс... канд. техн. наук. –М., 1978. –21 с.

91. Уголев, Б.Н. Деформативность древесины и напряжение при сушке [Текст] / Б.Н. Уголев. – М., 1971. – С. 9-10.

92. Урманов, Ш.Р. Теплоустойчивость зданий с облегченными ограждающими конструкциями [Текст] / Ш.Р. Урманов // Автореф. дисс... канд. техн. наук. –Л., 1975. –29 с.

93. Усманов, Р. Влияние микрокристаллической целлюлозы на свойства битумощебеночных смесей [Текст] / Р. Усманов, А.М. Оев, К.М. Махкамов // Международная конференция «Некоторые проблемы химии и физики полисахаридов». -Ташкент, 1997. –С.32.

94. Усманов, Х.У. Атлас морфологических структур хлопка [Текст] / Х.У. Усманов, К.Х. Разыков. –Ташкент: Фан, 1978. –120 с.

95. Ушков, Ф.В. Теплотехнические свойства крупнопанельных зданий и расчет стыков [Текст] / Ф.В. Ушков. –М.: Стройиздат, 1967. –238 с.

96. Ушков, Ф.В. Зависимость сорбционных характеристик строительных материалов от температуры [Текст] / Ф.В. Ушков, И.С. Мельникова, О.Г. Яценти и др. // Труды ин-та НИИСФ. –М., 1976. –Вып. 17. -С.4–8.

97. Федченко, О.Ф. Химический анализ стеблей хлопчатника и использование их в целлюлозно-бумажной промышленности [Текст] / О.Ф. Федченко, В.П. Миловзоров, А. Шарифов А. // Вестник Киевского политехнического института. Сер. «Химическое машиностроение и технологии». -Киев, 1987. - №24. –С.13-17.

98. Филиппович, И.Н. Проектирование и строительство жилых домов в условиях жаркого и сухого климата (особенности объемно-планировочных решений): Обзор [Текст] / И.Н. Филиппович. –М., 1974. –75 с.

99. Фокин, К.Ф. Элементы строительная теплотехники зданий [Текст] / К.Ф. Фокин. –М.: Стройиздат, 1972. –183 с.

100. Халиков, Д.Х. Гидролиз протопектина подсолнечника [Текст] / Д.Х. Халиков, З.К. Мухиддинов, Х.Х. Авлиев // XVI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: Тез. докл., Москва 1998 г. –М., 1998. -С.317.

101. Халикулов, А.И. Химия в строительстве [Текст] / А.И. Халикулов, М.Н. Ибрагимов. –Ташкент: Узбекистан, 1993. –136 с.

102. Ханмамедов, К.М. Стеновой материал из гипса, извести и отходов хлопководства [Текст] / К.М. Ханмамедов, Э.А. Гусейнов // Строительные материалы, 1957. -№3. -С.37.

103. Худайкулиева, М.А. Перспективы производства арболита в Узбекистане [Текст] / М.А. Худайкулиева // Архитектура и строительство Узбекистана, 1985. -№3. -С.1-2.

104. Шарифов, А. Состав и свойства коррозионностойких цементсодержащих композиций с использованием эффективных химических и минераль-

ных добавок [Текст] / А. Шарифов // Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Ташкент, 2004. –51 с.

105. Шевцов, К.К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями [Текст] / К.К. Шевцов. –М.: Высш. школа, 1986. –232 с.

106. Шкловер, А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях [Текст] / А.М. Шкловер. –М.; Л.: Госэнергоиздат, 1961. –160 с.

107. Юсупов, И.Х. Молекулярно-динамическая структура – облученной микрокристаллической хлопковой целлюлозы по данным ЭПР: Сборник [Текст] / И.Х. Юсупов, П.Х. Бободжонов, Р. Марупов, К. Махкамов // С.У. Умаров и развитие физической науки в Таджикистане. -Душанбе, 1998. – С.34-36.

108. Etude sur l' utilization de badase de baqase de canne a sure et de sciure de bois en briqueterie // L' industrie ceramique. – 1984. – №783 (5) – P. 334-335.


109. Kammerer J. 1) “Mitt. Forsch. fur Wärme u Kälteschutz” №4, 1925; 2) Wärme u. Kälteschutz in der Industrie; 3) “Gesundheits Jnq” №19 u. 35, 1936.

110. Kobuliev, Z.V. About Agricultural Solid Waste Using in Construction [Техт] / Z.V. Kobuliev, G.B. Nazriev, S.E. Yakubov // Ecological Journal of Armenia. –2003. –1 /3/, -P.126-128.

111. Umweltenq durch ökoloqisch e Bau- und Sciedlungsweisen. Bauverlaq Gmb H, Wiesbauden und Berlin, 1984, –276 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

«УТВЕРЖДАЮ»
 Директор ООО «Самт-2» (ЖБК-2) Шукуров Ф.Ф.
 2008 г.



АКТ

испытания свойств материалов на основе минеральных вяжущих и отходов растительного сырья с целью их внедрения в производство строительных материалов, изделий и конструкций

Мы, нижеподписавшиеся, докторант кафедры «Производство материалов, технология и организация строительства (ПМТиОС)» Таджикского технического университета (ТТУ) имени академика М.С.Осими к.т.н. Саидов Д.Х., руководитель темы д.т.н., профессор Кобулиев З.В., соискатели кафедры Джумаев Д.С., Шералиев М.У. с одной стороны, начальник строительной лаборатории завода ЖБК-2 ООО «Самт-2» Шукуров С.С., начальник БСУ завода ЖБК-2 Хусейнов А., бригадир бригады формовщиков бетонных изделий Мирзоев С., формовщик бетонных изделий Саидов У. с другой стороны, составили настоящий акт о том, что 10 июня 2008 г., 18 июня 2008 г., 26 июня 2008 г. проведено промышленное изготовление арболитовых материалов - материалов на основе местного минерального вяжущего и отходов растительного сырья, в частности стеблей хлопчатника (гуза-паи), полученных по разработанной вышеназванными сотрудниками ТТУ имени академика М.С.Осими технологии в лаборатории строительных материалов с целью внедрения результатов научно-исследовательских работ:

1. Арболитовые материалы на основе цементного вяжущего - материалы на основе растительно-цементной композиции (РЦК) со средней плотностью в сухом состоянии $\gamma_0 = 500 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука; $\gamma_0 = 600 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука; $\gamma_0 = 650 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука, изготовленных из цемента М400 Душанбинского цементного завода;

2. Арболитовые материалы на основе гипсового вяжущего - материалы на основе растительно-гипсовой композиции (РГК) - гипсо-гуза-паитового теплоизоляционного материала (ГГТМ) со средней плотностью в сухом состоянии $\gamma_0 = 1160 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука; $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука; $\gamma_0 = 870 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука из гипса марки Г-4 Душанбинского завода строительных материалов;

3. Арболитовые материалы на основе комбинированного вяжущего - материалы на основе растительно-комбинированно-вяжущей композиции (РКВК) - гипсо-грунто-гуза-паитового теплоизоляционного материала (ГГГТМ) со средней плотностью в сухом состоянии $\gamma_0 = 500 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука; $\gamma_0 = 600 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука; $\gamma_0 = 650 \text{ кг/м}^3$ - 21 штука из гипса марки Г-4 и лесового суглинки месторождения г. Душанбе.

При изготовлении всех вышеупомянутых арболитовых материалов использована химическая добавка в количестве 10 л 10%-ного раствора хлористого кальция – CaCl_2 на 1 м^3 смеси. Определение плотности материала производилось согласно ГОСТ 17177.33-81. Характеристики материалов в сухом состоянии определялись после высушивания образцов при температуре $(100\pm 5)^\circ\text{C}$ (материалы, которые имели в своем составе гипс, высушивались при температуре $(70\pm 5)^\circ\text{C}$, что связано с предотвращением дегидратации гипса во время сушки).

Для определения прочностных характеристик материала на основе гипса, армированного гуза-паей, изготавливались образцы размером $40\times 40\times 160$ мм. Образцы высушивались до постоянного веса. Их испытывали сначала на изгиб на приборе МИИ-100, а затем половинки образцов испытывали на сжатие. Для гипсо-грунто-гузапаитового материала (ГГГТМ) предел прочности определялся при испытании образцов размером $150\times 150\times 150$ мм, как и для всех других испытываемых материалов после 7, 14 и 28 суток хранения в естественных условиях.

Результаты испытания свойств арболитовых материалов на основе местного минерального сырья и отходов растительного сырья приведены в таблице, приложенной к настоящему акту. Судя по данным таблицы предложенные арболитовые материалы относятся к теплоизоляционно-конструкционным, они указывают на пригодность этих материалов к эксплуатации, как для наружных ограждающих конструкций, так и для внутренних.

Объем внедрения составил свыше 10000 м^3 бетона с использованием заполнителя из гуза-паи. Ожидаемый годовой экономический эффект составляет свыше 90 (девяносто) тыс. у.е.. Удельная экономическая эффективность внедренных результатов составляет 1,12 у.е./у.е.

Социальный и научно-технический эффект заключается в улучшении качества продукции и снижении трудоемкости изготовления строительных материалов, изделий и конструкций. В настоящее время эти разработки приняты строительными и проектными организациями страны и включены в перспективные планы внедрения новой техники и технологии до 2015 года.

Начальник строительной лаборатории
завода ЖБК-2 ООО «Самт-2»

 Шукуров С.С.

Начальник БСУ завода ЖБК-2

 Хусейнов А.

Бригадир бригады формовщиков
железобетонных изделий завода ЖБК-2

 Мирзоев С.

Формовщик бетонных изделий завода ЖБК-2

 Саидов У.

Руководитель темы, д.т.н., проф. ТТУ

 Кобулиев З.В.

Отв. исполнитель темы, к.т.н., доц. ТТУ

 Саидов Д.Х.

Соискатель кафедры «ПМТиОС» ТТУ





 Джумаев Д.С.





Соискатель кафедры «ПМТиОС» ТТУ

 Шералиев М.У.

Состав и свойства смесей для изготовления арболитовых материалов на основе минерального вяжущего и растительного сырья

Наименование материала (плотность в сухом состоянии, γ_0 , кг/м ³)	Расход материалов на 1 м ³ смеси											Прочность, МПа через сут.					
	Связующее			Заполнитель						Хим до-бав-ка	Вода, л	7		14		28	
				Измельченные фракции стеблей хлопчатника, мм								сж	изг	сж	изг	сж	изг
	Це-мент	Гипс	Лесс. грунт	0,14	0,63	1,25	2,50	5,00	≤ 30,0	сж	изг						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Материалы на основе растительно-цементной композиции (РЦК)																	
РЦК (500)	280	-	-	-	-	-	-	-	200	10	400	0,09	0,05	0,23	0,12	0,40	0,21
РЦК (600)	320	-	-	-	-	-	-	-	210	10	450	0,16	0,10	0,33	0,24	0,70	0,37
РЦК (650)	360	-	-	-	-	-	-	-	225	10	480	0,23	0,13	0,58	0,34	1,00	0,54
Материалы на основе растительно-гипсовой композиции (РГК)																	
ГГТМ (1160)	-	1200	-	15	20	25	-	-	-	10	700	0,10	0,06	0,26	0,15	0,45	0,24
ГГТМ (1000)	-	1020	-	-	25	35	45	-	-	10	600	0,06	0,04	0,14	0,09	0,25	0,14
ГГТМ (870)	-	1150	-	-	-	-	75	100	-	10	580	0,05	0,02	0,12	0,05	0,18	0,08
Материалы на основе растительно-комбинированно-вяжущей композиции (РКВК)																	
ГГГТМ (500)	-	145	160	-	-	-	-	-	115	10	155	0,08	0,04	0,19	0,10	0,30	0,16
ГГГТМ (600)	-	160	225	-	-	-	-	-	100	10	210	0,12	0,07	0,32	0,18	0,50	0,27
ГГГТМ (650)	-	105	345	-	-	-	-	-	90	10	225	0,19	0,12	0,53	0,25	0,80	0,44

Начальник строительной лаборатории завода ЖБК-2 ООО «Самт-2»  Шукуров С.С.
 Начальник БСУ завода ЖБК-2  Хусейнов А.
 Бригадир бригады формовщиков железобетонных изделий завода ЖБК-2  Мирзоев С.
 Формовщик бетонных изделий завода ЖБК-2  Саидов У.

Руководитель темы, д.т.н., проф. ТТУ  Кобулиев З.В.
 Отв. исполнитель темы, к.т.н., доц. ТТУ  Саидов Д.Х.
 Соискатель кафедры «ПМТиОС» ТТУ  Джумаев Д.С.
 Соискатель кафедры «ПМТиОС» ТТУ  Шералиев М.У.



ТНИИПАГ

Институти илми-таджикотии проблемаҳои
меъмори ва шаҳрсозии Тоҷикистон

Таджикский научно-исследовательский институт
проблем архитектуры и градостроительства

Tajik Research Institute
of architecture and urban building

734042, Душанбе, ул. имени академиков Раджабовых, 10, Таджикистони ИИТТМШТ
Факс: (992 37) 221-71-35, ТТУ; E-mail ТТУ: ttu@ttu.tj

От «22» октября 2010 г. № X-67 на № _____ от «__» _____ 20__ г.

АКТ

**внедрения результатов комплексных исследований
физико-технических параметров арболитовых материалов на
основе растительно-вяжущей композиции, а также перспективному
их использованию в производстве строительных материалов,
изделий и конструкций**

Лабораторным испытаниям подвергнуты образцы теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных арболитовых материалов на основе растительно-вяжущей композиции, разработанной сотрудниками кафедры «Производство строительных материалов, технология и организация строительства (ПСМ,ТиОС)» Таджикского технического университета (ТТУ) имени академика М.С.Осими, к.т.н., доцентом Саидовым Д.Х., к.т.н., и.о. доцентом Ходжамуродовым С.К. и соискателями Джумаевым Д.С. и Шералиевым М.У. под руководством д.т.н., профессора Кобулиева З.В.

Лабораторные испытания проведены с целью установления совокупности показателей, характеризующих свойства композитных составов "минеральное вяжущее + растительное сырье" для выявления и практического использования положительных качеств этого композиционного материала в производстве строительных материалов, изделий и конструкций.

В качестве заполнителя из растительного сырья обоснованно использование стеблей хлопчатника (гуза-паи), так как именно это сырье является доминирующим в нашей республике, где сельское хозяйство является приоритетным направлением развития экономики.

Анализ результатов испытаний выявил совокупность показателей, наиболее полно характеризующих возможности использования в ограждающих строительных конструкциях композитных сочетаний "минеральное вяжущее + растительное сырье" с целью повышения комфортности внутренней среды помещений и снижения энергопотребления в зданиях.

Использование разработанных материалов в ограждающих конструкциях зданий по отношению к принятой в практике строительства и проектирования однослойных керамзитобетонных панелей повышает термическое сопротивление стены здания на 15-20%, а также снижает величину амплитуды колебания температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции на 0,5 - 0,7⁰С, что свидетельствует о повышении теплоустойчивости ограждающих конструкций зданий в условиях эксплуатации зданий и сооружений в сухом жарком климате Республики Таджикистан.

На основании вышеизложенного, в ТаджикНИИПАГ рассмотрены и приняты научные результаты диссертационной работы соискателя Джумаева Джамшеда Сатторовича «Строительные материалы на основе растительно-вяжущей композиций с использованием местного сырья Республики Таджикистан».

Основные идеи, теоретические и методические положения и выводы диссертационной работы Джумаева Д.С. использованы при разработке альбома технических решений технологических линий разной мощности по производству арболитовых блоков и комплекта рабочих чертежей технологического оборудования к ним. Один из вариантов этих линий внедрен на цехе по производству арболита в Вахдатском хлопзаводе Республики Таджикистан.

Применение результатов научных исследований Джумаева Д.С. обеспечило получение значительного расчетного эффекта проектируемых производств.

Разработка материалов и конструкций на основе минеральных и растительных видов сырья произведена с учетом предложенной в диссертационной работе методики расчета и конструирования, результаты которых будут использованы при разработке технологических процессов производства строительных теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов, а также при инженерно-физическом прогнозировании процессов тепломассообмена на стадии проектирования.

Директор ТаджикНИИПАГ
академик Академии архитектуры и строительства РТ,
доктор архитектуры, профессор,
Инженер-конструктор ТаджикНИИПАГ



[Signature]
Р.С. МУКИМОВ

[Signature]
М.Х. КАМИЛОВ