

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ивановский государственный политехнический университет»

На правах рукописи

КУЛЬШАРОВ БЕРИКБАЙ БАЛТАБАЕВИЧ

**ШЛАКОЩЕЛОЧНОЙ ЛЕГКИЙ БЕТОН С ЗАПОЛНИТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ
ОТХОДОВ КУКУРУЗЫ**

2.1.5 – Строительные материалы и изделия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор
Акулова Марина Владимировна

Иваново 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
Глава I. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКИХ БЕТОНОВ.....	14
1.1. Общие сведения о легких бетонах на основе целлюлозных органических заполнителей.....	14
1.2. Физико-механические свойства легкого бетона на основе целлюлозных органических заполнителей.....	15
1.3. Возможности и сырьевая база России и Казахстана по производству шлакощелочных легких бетонов на основе целлюлозоорганических заполнителей.....	20
1.4. Легкие бетоны на основе сельскохозяйственных отходов.....	23
1.5 Композиционные материалы на целлюлозных заполнителях растительного происхождения.....	25
Выводы по главе I.....	33
Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ, МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ.....	34
2.1. Характеристика исходного сырья и материалов.....	34
2.2. Методы и методики исследований, приборы и оборудование.....	41
Выводы по разделу II.....	48
Глава 3. СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ.....	49
3.1. Исследование влияния водорастворимых веществ содержащихся в кукурузных отходах на свойства камня и на структуру шлакощелочного вяжущего.....	49

3.2. Технологическая схема извлечения экстрактов из кукурузных отходов.....	51
3.3. Исследование причины ухудшения прочностных свойств шлакощелочного легкого бетона из кукурузных отходов.....	55
3.4. Подбор оптимального гранулометрического состава, вида и формы отходов при измельчении для получения легкого бетона на основе кукурузных отходов.....	71
3.5. Влияние физических свойств кукурузных отходов на физико-механические свойства легкого бетона на основе отходов растительности.....	77
3.6. Изучение влияния физико-механических свойств легкого бетона на основе кукурузных отходов от расхода шлакощелочного вяжущего и целлюлозного органического заполнителя.....	84
3.7. Исследование адгезии между органическим целлюлозным наполнителем растительного происхождения и шлакощелочным камнем.....	87
3.8. Исследования гигроскопичности и механических свойств кукурузных отходов рыхлой структуры.....	95
Выводы по главе III.....	101
ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА, ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ШЛАКОВОГО И ЩЕЛОЧНОГО ЛЕГКОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ....	104
4.1. Проектирование состава шлакощелочного легкого бетона на основе измельченных кукурузных отходов математическим методом планирования эксперимента.....	104
4.2. Исследования физико-механических свойств шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов.....	111
4.2.1. Влияние составляющих на физико-механические свойства	

шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов.....	111
4.2.2. Влияние влажности на прочностные характеристики шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов.....	115
4.2.3. Исследования свойств теплопроводности, биостойкости, морозостойкости и огнестойкости шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов.....	117
Выводы по главе IV.....	119
Глава V. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	121
5.1. Подбор оптимального оборудования для измельчения кукурузных отходов для использования их в составе шлакощелочных легких бетонов на основе отходов растительности.....	121
5.2. Технология производства шлакощелочного легкого бетона на основе измельченных кукурузных початок.....	122
5.3. Производственное внедрение шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов и его технико-экономическая эффективность.....	125
Выводы по главе V.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	132
Приложение 1.....	151

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. С развитием национального богатства растет потребность в частном жилищном строительстве, вместе с ней с каждым днем растет потребность в дешевых и эффективных строительных материалах, и изделиях. Поэтому разработка теплоизоляционных и теплоудерживающих строительных материалов на основе различных промышленных отходов и растительного сырья является актуальной задачей для экономики России и Республики Казахстан.

Применение и использование теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных легких бетонов на основе вторичных ресурсов в производстве строительных материалов и строительной отрасли позволяет снизить массу на элементы конструкции здания на 30-35 %, расход портландцемента на 15-20 %, трудозатраты на 20 %, улучшить теплотехнические и эксплуатационные свойства строительных материалов, их долговечность и коррозионную стойкость, а также устойчивость к динамическим и сейсмическим воздействиям и резким изменениям температуры климата.

Легкий бетон из растительных отходов является наиболее распространенным видом бетона в регионах с жарким и сухим континентальным климатом. Он обладает высокими теплоизоляционными свойствами, экологически чист, легок и может содержать сельскохозяйственные отходы, которые в изобилии присутствуют в степных регионах России и Казахстана. В России также имеются значительные запасы сырья в виде большого количества отходов металлургической, нефтехимической, горнодобывающей, топливной и энергетической промышленности. Благодаря своим физико-химическим и строительно-техническим свойствам такой легкий бетон является одним из наиболее подходящих стеновых материалов для малоэтажных зданий. Однако возрастающие требования к качеству легкого бетона с использованием отходов растительности поставили задачу дальнейшего улучшения его строительных, технико-технологических показателей и характеристик.

Использование промышленных отходов в качестве шлакощелочного вяжущего, содержащего высокорреакционные структурные элементы, способствует повышению физико-механических и конструктивно-технических свойств легких бетонных композитов на основе целлюлозоорганических наполнителей.

По результатам исследований предшественников показано, что добавки в составе шлакощелочного бетонного раствора влияют на его долговечность. Однако причины изменения структуры и свойств легких бетонных композитов с органическими заполнителями при использовании добавок не выяснены, а рациональный состав, способы приготовления и производства легкого бетона со щелочным шлаковым раствором на основе кукурузных отходов неизвестны. Установлено, что из кукурузных отходов можно производить рациональные строительные материалы, поэтому для их производства и использования необходимы технологические разработки.

Работа выполнена в соответствии с Законом Республики Казахстан "О бюджете Республики Казахстан на 2015-2017 годы" № 259-V ЗРК от 28 ноября 2014 года, Законом Республики Казахстан "О науке" № 407-IV ЗРК от 18 февраля 2011 года, Постановлением Правительства Республики Казахстан от 11 декабря 2014 года. Реализуется в соответствии с Постановлением. Постановление № 1300 "О реализации Закона Республики Казахстан "О бюджете Республики Казахстан на 2015-2017 годы", Постановление Правительства Республики Казахстан № 575 "Об утверждении Положения об основополагающем, грантовом, программном и целевом фонде научно-технической деятельности", Постановление Государственного научного совета от 25 мая 2011 года "О рациональном использовании природных ресурсов, переработке сырья и продукции" о грантовой помощи (протокол № 2 от 23 января 2015 года); Приказ Председателя Научного совета № 8 от 2 февраля 2015 года.

Степень разработанности темы исследования. В данной работе приводится обзор научно-технической литературы по технологии производства легких бетонов с использованием органических заполнителей, режимам

механохимической активации их компонентов, видам минералов и пластифицирующим добавкам на основе шлаковой щелочи и промышленных отходов, используемых в составе легкого бетона.

Теоретической основой диссертации является проблема формирования структуры, методы получения и оптимизации состава легких бетонных материалов на основе сельскохозяйственных отходов, системы дисперсионных вяжущих и методы модификации бетона с помощью различных минеральных пластификаторов, а также изучение смесей и их свойств. Большое влияние на развитие науки и технологии получения легких бетонов на основе сельскохозяйственных отходов оказали основополагающие труды Б.Р. Исакулова, П.И. Боженова, Ю.А. Соколовой, А.В. Волженского, М.Д. Джумабаева, В.Д. Глуховского, А.А. Тулаганова, С.В. Федосова, Ю.П. Горлова, К.Э. Горяйнова, К.А. Бисенова, Л.А. Малининой, Г.П. Чеблыкина, Е.Н. Малинского, А.Т. Баранова, Г.П. Сахарова, В.И. Логаниной, К.Д. Некрасова, М.Ф. Чебукова, Г.В. Румына, Н.Я. Спивака, П.П. Будникова, В.Н. Сокова, Ю.М. Баженова, А.М. Сергеева, М.В. Балахнина, Н.А. Попова, А.А. Акчабаева, Г.И. Горчакова, Г.А. Батырбаева, А.Е. Галибина, И.К. Касимова, Б.Н. Виноградов, А.П. Меркина, И.А. Рыбьева, Ю.С. Бурова, Р.Б. Сироткина, В.М. Хрулева, В.И. Савина, А.С. Щербакова, И.Х. Наназашвили и др. Благодаря этим исследованиям промышленные и сельскохозяйственные отходы растительного происхождения широко используются в производстве легких бетонов.

Перед строительной отраслью открываются большие возможности при использовании бетона из промышленных отходов неорганического сырья и органических отходов сельского хозяйства. Это можно заметить, анализируя мировой опыт исследований. Такие бетоны обладают многими положительными физико-механическими и конструкционными свойствами.

В данной работе рассматривается нерешенная проблема повышения качества легких бетонов на основе целлюлозных заполнителей, полученных из различных промышленных и сельскохозяйственных отходов, с использованием теоретических и методических разработок предшественников.

Цели и задачи исследования. изучение влияния физико-химического состава кукурузных отходов на шлакощелочные вяжущие и разработка составов легких бетонов для использования их в качестве стенового материала несущих и ограждающих конструкций малоэтажных зданий.

Задачи диссертационного исследования:

1. Аналитический обзор теоретических исследований о физико-химическом составе кукурузных отходов и возможности их использования для производства легких бетонов.

2. Исследование влияния водорастворимых веществ, содержащихся в кукурузных отходах, на свойства камня на основе шлакощелочного вяжущего.

3. Подбор оптимального гранулометрического состава, вида и формы отходов органического заполнителя, и разработка рецептуры шлакощелочного легкого бетона на основе измельченных кукурузных отходов.

4. Подбор оборудования и разработка технологической схемы производства шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов.

5. Анализ результатов технико-экономической эффективности исследований.

Научная новизна исследования. Основные результаты, полученные авторами и составляющие научную новизну данного исследования, заключаются в следующем:

1. На основе теоретических исследований о физико-химическом составе кукурузных отходов определена возможность их использования для производства легких бетонов; выявлены закономерность применения шлакощелочных вяжущих на основе фосфорного шлака, содово-сульфатной смеси портландцемента и высококальциевых добавок золы для улучшения адгезионной способности к кукурузным отходам в легком бетоне.

2. Установлены закономерности влияния водорастворимых веществ, содержащихся в кукурузных отходах, на свойства камня шлакощелочного вяжущего и легкого бетона; установлена зависимость, описывающая кинетику твердения шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов в процессе набора прочности;

3. Установлена закономерность влияния неорганических и органических компонентов на формирование микроструктуры и прочностные свойства шлакощелочного вяжущего легкого бетона при производстве легкого бетона для изоляционных и конструкционных применений.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Представлено научно обоснованное техническое решение для получения эффективного шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов, который может быть использован в качестве стенового материала в гражданском строительстве.

Теоретическая значимость данного исследования заключается в применении фундаментальных научных исследований в области строительного проектирования, модифицированного композитного легкого бетона на основе шлакощелочных вяжущих и кукурузных отходов.

Данная технология позволяет использовать композиционные активные вяжущие при производстве легких бетонов на основе щелочного шлака из кукурузных отходов, улучшая твердение составов легких бетонов и повышая их прочность на 50–70%. Низкий расход цемента позволяет использовать систему бережливого производства. Предложена классификация сырья и материалов для производства шлакощелочного легкого бетона из кукурузных отходов.

Разработаны гранулометрические составы, виды и формы отходов при измельчении для получения шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов; разработаны составы и рецептуры шлакощелочного легкого бетона на основе измельченных кукурузных отходов с помощью регрессионного анализа;

В результате разработки новой схемы изменения механизма формирования прочности шлакощелочного легкого бетона и оптимизации его состава были получены легкобетонные композиты с прочностью при сжатии 2,9–4,5 МПа, прочностью сцепления заполнителя с минеральной матрицей 45,7–59,7 МПа и водопоглощением по массе 5,9–9,2%.

На Актюбинском предприятии создана опытная партия теплового и конструкционного шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов. От внедрения в производство экономический эффект составил 679 000 руб.

Технологическая схема производства шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов вошла в проект «Измельченные кукурузные початки для легкого бетона» и СНиП «Указания по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита», утвержденные Государственной комиссией Республики Казахстан по строительству (внедряющие акты № 1 от 10.10.2022, № 2 от 18.08.2022).

Методология и методы диссертационного исследования. Общеметодологической основой данного исследования является направление современной теории и практики по приготовлению и разработке легких бетонов щелочного типа с использованием кукурузных отходов и шлакощелочного композиционного вяжущего. Композиты из легкого бетона производятся с применением современного оборудования для рентгеновской дифракции, термической дифракции, микроскопического анализа и испытаний. Стандартные средства и методы измерений использовались в научных исследованиях для определения физико-механических свойств материалов.

Положения, выносимые на защиту:

методические и научные основы получения эффективных шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов;

обоснование получения шлакощелочных вяжущих на основе шлаков, портландцемента, сульфатно-содовых смесей и высококальциевой золы-уноса, повышенной адгезии к кукурузным отходам в составе легких бетонов;

закономерности влияния водорастворимых веществ, содержащихся в кукурузных отходах, на свойства камня шлакощелочного вяжущего и легкого бетона;

принципы оптимизации гранулометрического состава, виды и формы отходов при измельчении для получения шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов;

разработанные составы и рецептуры шлакощелочного легкого бетона на основе измельченных кукурузных отходов методом математического планирования;

зависимости, характеризующие скорость твердения шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов;

закономерность влияния органических и неорганических компонентов щелочного легкого шлакобетона на микроструктуру и прочностные свойства теплоизоляционного и конструкционного легкого бетона.

Достоверность результатов и выводов диссертационного исследования подтверждается их сходимостью и согласованностью с известными закономерностями многочисленных экспериментальных данных, полученных с использованием многих стандартных и информативных методов исследования. Выводы и рекомендации исследования активно апробированы и внедрены в практику строительства.

Внедрение результатов исследований. Результаты исследования нашли практическое применение на предприятиях по производству строительных материалов ТОО "А.Е.Н.Д.", ТОО "Актюбинский региональный индустриальный технопарк" и ТОО "Стройдеталь" (Казахстан). Теоретические положения данной работы и результаты экспериментальных исследований были использованы в учебном процессе при изучении дисциплин по направлению «Строительство» для бакалавриата и магистратуры в Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова (АРГУ) г. Актобе.

Апробация результатов. Основное содержание и результаты диссертации автора представлены и обсуждены на следующих международных научно-практических конференциях: II международной научно-практической конференции Казахско-русского международного университета (Актобе, 2015);

«Актуальные проблемы архитектуры и строительства» (Благовещенск, 2014); XVIII международном научно-практическом форуме «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы» (SMARTEX-2015) (Иваново, 2015); международной научно-практической конференции (Белгород, 2018), международной научно-практической конференции «Инновации в производстве и подготовке технических кадров» АРУ им. К.Жубанова (Актобе, 2020), II международной научно-практической конференции Каракалпакского государственного университета (Нукус, 2021).

Публикации. По теме диссертации опубликована 21 научная статья общим объемом 114 страниц, авторский вклад – 35 стр., в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах ВАК РФ, 3 - в изданиях в списках Scopus и Web of Science, публикаций в научных журналах и материалах конференций – 8, 1 монография.

Объем и структура диссертации. Данное исследование состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Текст напечатан на машинке и содержит 151 машинописных страниц, 33 рисунка и 33 таблицы. Список литературы содержит 173 наименования.

Диссертация выполнена на кафедре «Архитектура и строительные материалы» (с 01.09.2023г. название кафедры «Архитектура и урбанистика») федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет» по направлению 2.1.5 – Строительные материалы и изделия:

п. 1. Разработка научных, теоретических основ и практических методов получения строительных материалов и изделий широкого функционального назначения, и природы с заданным комплексом эксплуатационных свойств, в том числе строительных материалов для аддитивных технологий, с использованием как традиционного, так и местного сырья, а также отходов промышленности, обеспечивающих строительство быстровозводимых, трансформируемых и долговечных зданий и сооружений.

п. 3. Разработка научных основ и основных принципов создания новых,

теоретически и экспериментально обоснованных моделей, и способов утилизации, детоксикации и повторного использования отходов промышленности различных отраслей, а также строительных отходов и материалов от разборки зданий и сооружений для создания принципиально новых строительных материалов и изделий.

п. 6. Разработка и развитие научных основ и способов управления структурообразованием строительных материалов различной природы и назначения, обеспечивающих повышение эксплуатационных свойств с учетом областей их применения или технико-экономическую эффективность производства и применения строительных материалов.

Автор выражает искреннюю благодарность доктору технических наук Б.Р. Исакулову за помощь и научные консультации при написании данной работы.

Глава I. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ И ИХ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛЕГКИХ БЕТОНОВ

1.1. Общие сведения о легких бетонах на основе целлюлозных органических заполнителей

Легкий бетон на основе целлюлозных заполнителей относится к группе легких бетонов с ячеистой и волокнистой структурой, основными компонентами которых являются частицы целлюлозных заполнителей растительного происхождения и различные неорганические вяжущие вещества [1-4,23,45,66]. Также используются арболит, фибробетон и опилкобетон.

Связывание между частицами целлюлозного наполнителя может быть решено с помощью растворов различных химических добавок, смешанных с неорганическими связующими в водной среде, а затем нанесена на неровности, трещины и отверстия в различных цементных растворах (вяжущих) [2-8,32,44].

Затвердевание цементного клея через некоторое время связывает частицы органического целлюлозного заполнителя с цементным камнем. Величина связи между цементным камнем и целлюлозным заполнителем является основным фактором, определяющим физико-механические свойства и качество изготовления бетона с легким целлюлозным заполнителем [16,37,50].

Средняя плотность, теплопроводность и хрупкость снижаются, тепловые, санитарные и эксплуатационные характеристики улучшаются благодаря легким пористым частицам органических наполнителей растительного происхождения, а материал можно измельчать, резать и обрабатывать различными ручными инструментами [1,9,34,49,72].

Минеральные вяжущие вещества придают такие свойства, как прочность на сжатие и на изгиб, биологическая устойчивость и огнестойкость легкому бетону,

изготовленному с использованием целлюлозного заполнителя, повышая долговечность материала [14,35,46].

Физико-механические свойства и структура легких бетонов на основе целлюлозоорганических заполнителей определяются [4,12,40,62] показателями прочности на разрыв, формой и пределами прочности волокон из частиц органического заполнителя и вязкого вещества, водорастворимыми экстракторами, препятствующими твердению и отверждению волокон, степенью их насыщения и усадка в воде, а также удобство обслуживания и мобильность.

1.2. Физико-механические свойства легкого бетона на основе целлюлозных органических заполнителей

В зависимости от назначения строительства и вида целлюлозоорганического заполнителя легкие бетоны на целлюлозоорганическом заполнителе подразделяются [3,11,36] на следующие марки:

- М10 - М15 для изоляционных изделий.
- От М25 до М35 для конструкций.

Цифры, обозначающие марку легкого бетона на основе целлюлозоорганического заполнителя, соответствуют прочности при сжатии (МПа) контрольных кубов размерами 10х10х10см и 15х15х15см, затвердевших при температуре 18-25°С и относительной влажности 60–80 % и испытанных через 28 дней в условиях естественной влажности [8,25-28,41,70]. Прочность при сжатии легких бетонов на основе целлюлозоорганических заполнителей зависит от влажности материала и составляет от 0 до 60 % [78,109,155].

Наибольшей прочностью обладают легкие бетоны на основе целлюлозоорганического заполнителя с равновесной влажностью 16–18%, а наименьшей полностью - высушенные образцы легких бетонов с влажностью более 70% [13-19,39,63,75,91,150].

Это связано с тем, что кусочки целлюлозоорганических наполнителей, входящие в состав легких бетонов, усаживаются в среднем на 12–15% в объеме

при изменении влажности от 30% до 0%. В результате затрудняется адгезия органических наполнителей к цементным камням [72,157-163]. Увеличение содержания воды в легких бетонах на основе целлюлозоорганических наполнителей также приводит к снижению прочности за счет набухания кусочков и частиц целлюлозоорганических наполнителей и ассоциации с затвердевшим цементным камнем [53-57,109].

Прочностные свойства легких бетонов на основе целлюлозоорганических наполнителей обратно пропорциональны количественному содержанию коры и опилок в составе органических наполнителей [3,11,169].

Поэтому увеличение содержания коры и опилок (до 20 %) в составе целлюлозоорганического наполнителя снижает прочность легких бетонов до 40–50 % [24,155,172]. Легкие бетоны на основе целлюлозоорганических наполнителей обладают повышенной ударпрочностью, что делает их более транспортабельными по сравнению с другими видами легких ячеистых бетонов даже в плохих дорожных условиях [8,25-28,127-129].

Для фактурных изделий и конструкций из легкого бетона с целлюлозными наполнителями прочность цементно-песчаного раствора (цемент к песку 1:3) через 28 суток в условиях естественной влажности составляет 15–16 МПа [93-103,170]. Средняя плотность составляет 600–850 кг/м³. Прочность на растяжение легкого бетона с целлюлозным наполнителем в свежем растворе, смешанном с цементом и песком, после попеременного замораживания и оттаивания составляет 1,4-1,8 МПа и соответствует требованиям СН 277-1995 "Инструкция по изготовлению изделий из целлюлозного бетона" [7,38,61,71].

Зависимость прочности от средней плотности легких бетонов на основе целлюлозоорганических наполнителей, выполненных с использованием различных наполнителей [23,45,66,76], представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Прочность сухого легкого бетона на основе целлюлозоорганических наполнителей

№ п/п	Марка легкого бетона на основе целлюлозных органических заполнителей, МПа	На костре конопли, кг/м ³	На стеблях хлопчатника, кг/м ³	На кукурузных отходах кг/м ³	На древесной дробленке, кг/м ³
1	M10	470-500	450-480	450-470	700
2	M15	500-530	480-500	470-500	750
3	M20	530-570	500-550	500-550	800
4	M25	570-620	550-600	550-570	850
5	M35	620-650	600-630	570-600	900

Средний модуль упругости составляет от 400 до 1200 МПа, коэффициент Пуассона - от 0,15 до 0,2, а прочность бетона - как у легкого целлюлозно-органического заполнителя [4, 103,170].

В зависимости от формы поверхности арматуры (гладкая или рифленая) и типа защитного покрытия величина адгезии легкого бетона с целлюлозным наполнителем к металлической арматуре на 7-й день составляет 0,1–0,3 МПа [80-89,169].

Водопоглощение легких бетонов на основе целлюлозоорганических заполнителей, незащищенных покрытием, составляет в среднем 60 % по массе. Скорость водопоглощения легкого бетона, состоящего в основном из органического заполнителя на основе целлюлозы, можно снизить путем нанесения текстур на изделия и конструкции, нанесения на поверхность различных гидрофобных пленок и красок [8,127-129].

Показатель морозостойкости [6,29-31,52,68] изделий из легкого бетона с целлюлозными заполнителями зависит от их прочности и раствора или бетона наружного отделочного слоя:

- Конструкционные и изоляционные изделия, используемые в зданиях с внутренней относительной влажностью менее 60% - не менее 25 циклов.
- При относительной влажности от 60% до 70% - не менее 35 циклов.

- Для наружных отделочных слоев из раствора или бетона - не менее 50 циклов.

Показатели сорбционной смачиваемости легкого бетона на основе целлюлозоорганического заполнителя, изготовленного с использованием различных вяжущих, зависит от его плотности, типа целлюлозного заполнителя и используемого минерализатора [49,72,135-148].

При температуре воздуха 20°C и относительной влажности 40-90% содержание поглощенной воды составляет 4,5-12% от массы сухого вещества. Легкий бетон на основе целлюлозоорганических заполнителей имеет среднюю величину усадки при высыхании 0,5% или 5 мм на метр изделия [93-103,170]. В связи с повышенной усадкой изделия из легких бетонов на основе целлюлозоорганических заполнителей перед монтажом строительной конструкции должны иметь минимальную влажность. Поскольку коэффициент набухания целлюлозного легкого бетона по отношению к воде составляет от 0,25% до 2%, такой бетон требует поверхностной гидроизоляции во влажных помещениях [51,80-89,169].

В зависимости от средней плотности материала тепловые свойства легких бетонов на основе органических целлюлозных заполнителей составляют от 1710 до 1050 Дж (кг°C) в сухом состоянии [117,127-129]. Тепловые свойства легкого бетона с целлюлозным заполнителем зависят от средней плотности, типа органического заполнителя и характеристик расположения волокон и частиц, количества вяжущего и пористости материала [3,11,36,169]. Удельная теплота сгорания легкого бетона с органическими целлюлозными заполнителями в 2-3 раза выше, чем у других минеральных материалов [135-148]. Коэффициент теплопоглощения и, в зависимости от него, теплоинерционные свойства легких бетонов на основе органических заполнителей почти вдвое выше, чем у бетонов с неорганическими компонентами [51,80-89]. В районах с холодным климатом, где имеются нерегулируемые автономные системы отопления, коэффициент теплопоглощения может иметь значение для поддержания стабильного теплового режима внутри объекта [70,117,127-129].

В таблице 1.2 приведены показатели теплопроводности легких бетонов на основе различных органических заполнителей в зависимости от их средней плотности [34,49,72].

Таблица 1.2. Показатели коэффициента теплопроводности легких бетонов с различными органическими заполнителями

№ п/п	Вид легкого бетона	Средняя плотность, кг/м ³	Средняя массовая влажность, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м.°С)
1	На древесной дробленке	620 - 720	6,2-12,4	0,11-0,20
2	На измельченных стеблях хлопчатника	590-700	8,1 - 12,7	0,13-0,22
3	На рисовой лузге	600 - 670	9,4-16,0	0,12-0,26
4	На кукурузных отходах	540 - 650	7,8-9,2	0,08-0,19

Качественно изготовленные легкобетонные конструкции на основе целлюлозных органических заполнителей для несущих и ограждающих конструкции стен гражданских зданий полностью удовлетворяют требованиям по теплозащите и теплоустойчивости [62,93-103].

Легкие бетоны на основе целлюлозоорганических заполнителей наиболее устойчивы к микробной коррозии. Это связано с тем, что органические заполнители целлюлозы обрабатываются различными химическими добавками и одновременно выступают в роли консервантов, а волокна целлюлозы и сами частицы покрываются слоем затвердевшего цементного клея [11,80-89,169].

По степени биологической устойчивости легкие бетоны на основе целлюлозоорганических заполнителей относятся к V группе и обеспечивают достаточную долговечность зданий. Стойкость к поражению микрофлорой и химическими веществами в агрессивных средах позволяет использовать легкие бетоны на основе целлюлозоорганических заполнителей для несущих и

герметизирующих конструкций стен промышленных и гражданских зданий [8,127-129].

Предел огнестойкости панелей из легкого бетона толщиной 200 мм со средней плотностью целлюлозного заполнителя 500–550 кг/м³ находится в пределах 0,75 ч [1,9,34,49].

Фактическая средняя плотность легкого бетона, производимого и применяемого на основе органических целлюлозных заполнителей, составляет 620–650 кг/м³, а его огнестойкость достигает 1,5 часа для толщины 250 мм, оштукатуренного цементно-песчаным раствором [3,11,36,51].

1.3. Возможности и сырьевая база России и Казахстана по производству шлакощелочных легких бетонов на основе целлюлозоорганических заполнителей

Поскольку потребность в эффективных и недорогих строительных материалах с каждым днем возрастает в связи с расширением жилищного строительства в регионах Республики Казахстан, создание конструкционных и теплоизоляционных материалов с использованием вторичных ресурсов пойдет на пользу ее экономике [43,60,70].

Легкие бетоны на основе органических отходов наиболее подходят для районов Казахстана с резкоконтинентальным климатом. Они сочетают в себе легкость, прочность, экологичность, высокую теплоизоляцию и может содержать растительные отходы, в изобилии встречающиеся на западе и юге Республики [93-103,170].

Республика также имеет большое количество сырья в виде большого количества отходов металлургической, нефтехимической, горнодобывающей, топливно-энергетической промышленности [80-89].

Легкий бетон на основе целлюлозоорганических заполнителей по своим физико-механическим и строительно-техническим свойствам является одним из лучших теплоизоляционных и конструкционных стеновых материалов [117,127-

129]. Однако растущие требования к качеству легкого бетона на основе отходов растительного сырья поставили задачу дальнейшего совершенствования его структуры и технических параметров.

Использование промышленных отходов в качестве шлакощелочного вяжущего должно привести к улучшению физико-механических и конструктивно-технических свойств легких бетонных композитов с отходами целлюлозных материалов, так как они обладают высокой активностью и приводят к образованию структурообразующих элементов [80-89].

Также известно, что порошкообразные добавки в виде отработанного шлака могут влиять на прочность бетона. Однако механизм влияния добавок на структуру и свойства композитных вяжущих не выяснен, а рациональная рецептура или метод приготовления и производства легкого бетона не разработаны [16,69,88,104-115,142].

В регионе Казахстана на полигонах аккумулировано более 70 млн тонн отработанного алюмосиликатного сырья, с ежегодным образованием около 20 млн тонн, щелочных компонентов около 25000 тонн, алюмосиликатного сырья 2,2 млн тонн. Это все. (шлаки, золи др.), более 15000 т щелочных компонентов, около 15 млн тонн отходов серы и более 25000 тонн хромсодержащих шламов [59,164-168]. В таблице 1.3 показано наличие промышленных отходов и сырья для производства безобжигового цемента и различных материалов в регионах Казахстана.

Таблица 1.3 Наличие сырья в регионах Казахстана для производства шлакощелочных легких бетонов

№	Наименование минеральных отходов промышленности	Запасы или объем в отвалах, тыс. т	Ежегодный прирост, тыс. т
1	Доменный гранулированный шлак	11500	2150
2	Гранулированный ЭТФ шлак	16240	4080
3	Шлаки цветной металлургии	37400	1000

4	Шлаки сталеплавильные, ферросплавного производства, производства монокромата натрия и сернистого натрия	15740	854
5	Золы и шлаки ТЭС	160300	12200
6	Жидкое стекло	1500	230
7	Содосульфатная смесь	2000	220
8	Извлеченной нефти сера отходы	15 млн	1000
9	Хромосодержащий шлак	25000	900
10	Бокситовый шлак	15000	900

Верно и то, что в районах Казахстана, где не хватает древесной щепы и пористых заполнителей, производство изделий из легкого бетона с использованием древесной щепы невозможно организовать в масштабах, необходимых для дальнейшего развития производства строительных материалов [80-89].

На территории Республики Казахстан возможно использование отходов сельскохозяйственного и агропромышленного комплекса (кукурузные тыквы, стебли хлопка, кенафяная и конопляная костра, рисовая шелуха и солома) в качестве органических заполнителей для получения легких бетонных утеплителей, теплоизоляции, строительных материалов, изделий и конструкций [80-89].

В кукурузосеющих регионах Казахстана (Алматинская область, Талдыкурганская область, Туркестанская область, Джамбульская область, Актюбинская область) ежегодно требуют утилизации около 10 млн. т отходов кукурузных початков. Часть из них расходуется местным населением как топливо, часть сжигаются, загрязняя атмосферу и другая часть запахивается в землю [10,47,140]. Наличие сырья и агропромышленных отходов в регионах Казахстана для производства легкобетонных материалов приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Наличие сырья и агропромышленных отходов в регионах Казахстана для производства легкобетонных материалов

№	Наименование минеральных отходов агропромышленности и сельского хозяйства	Запасы или объем в отвалах, тыс. т	Ежегодный прирост, тыс. т
1	Кукурузные отходы	-	8000
2	Стебли хлопчатника	-	6000
3	Рисовая солома	-	190
4	Лузга и шелуха риса	-	110
5	Костра кенафа и конопли	-	31

Анализируя проведенных исследования предшественников и также по анализам государственного статического управления Казахстана установлено, что утилизация 1 тыс. м³ отходов кукурузных початков позволит изготовить более 1 тыс. м³ легкого бетона и ежегодно экономить более 1 тыс. м³ дефицитных пористых заполнителей, 120 т условного топлива, 1,5 тыс. м³ деловой древесины [112,151]. Решив вышеперечисленные вопросы, мы сможем расширить сырьевую базу и внести свой вклад в решение экологических проблем.

1.4. Легкие бетоны на основе сельскохозяйственных отходов

Строительство в Казахстане, как важная отрасль народного хозяйства, занимает одно из первых мест по использованию материальных ресурсов. Текущий размах строительства состоит главным образом в том, чтобы ставить задачи решения задач экономичного и рационального использования этих ресурсов, за счёт реализации существующих отходов производства. Решение этих проблем приведет, во-первых, к экономии дорогостоящих материальных ресурсов и, во-вторых, к их завозу из других регионов. В этой области известны работы и исследования многих ученых стран СНГ [80-89] и др.

В последнее время внимание исследователей привлекает проблема получения эффективных композитов, структурными элементами которых являются неорганические связующие и целлюлозоорганические наполнители. Такими наполнителями могут служить широко распространенные древесные

отходы и различные сельскохозяйственные отходы. Исследования, проведенные в этой области, включают исследования, направленные на разработку и изучение легких бетонных материалов с использованием растительных отходов [132,155,172].

В результате появилась возможность определить характеристики формирования структуры таких материалов, наметить методы улучшения и определить области применения.

Поскольку органические заполнители и неорганические вяжущие вещества, по существу, антагонистичны, использование портландцемента усложняет процесс строительства из-за присутствия в заполнителях водорастворимых экстрактивных веществ, называемых «цементными ядами» [50,77,171].

Весомый вклад по разработке и изучению шлакощелочных вяжущих и композиционных материалов на их основе в условиях Центральной Азии и Казахстана внесли ученые [130-138].

В современных условиях важно, чтобы региональные вяжущие вещества и материалы, изготовленные на их основе, отвечали высоким техническим требованиям и решали задачу обеспечения ресурсами, способствующими защите окружающей среды в каждом регионе [43,60,70].

Из-за нехватки древесины, нехватки сырья, в регионах Казахстана отходы сельского хозяйства растительного происхождения могут служить органицееллюлозным заполнителем при производстве легких бетонов [4,12,40].

Вопросам разработки и исследования арболита на сельскохозяйственных отходах посвящены работы [51,80-89,169], которые показали перспективность применения отходов при получении арболита.

Это исследование включает в себя изучение водорастворимых восстановителей для сельскохозяйственных отходов, исследование свойств различных гидравлических вяжущих, а также шлакощелочных легких с использованием местных промышленных отходов, особенно сельскохозяйственных отходов на основе фосфатного шлака, смеси сульфата натрия, высококальциевой золы и измельченных кукурузных початков.

Исследования по разработке бетона и технологии его производства являются продолжением [155,172].

1.5 Композиционные материалы на целлюлозных заполнителях растительного происхождения

Спрос на малоэтажные здания в Республике Казахстан растет, потребность в строительных материалах увеличивается с каждым днем, и одним из путей решения этой проблемы является создание высокоэффективных материалов и конструкций различного назначения на основе местных ресурсов и отходов производства.

В этой связи наиболее перспективной представляется разработка строительных и изоляционных материалов с использованием вторичного сырья.

К таким материалам относятся легкие бетоны на основе сельскохозяйственных отходов, технология которого позволяет с большой эффективностью применять отходы деревообрабатывающего и сельскохозяйственного производства и одновременно решать проблему защиты окружающей среды [90,118-126].

Основной областью применения легких бетонных материалов на основе целлюлозоорганических заполнителей является малоэтажное строительство, где они используются в качестве стеновых покрытий в виде небольших блоков и панелей. Он также используется в высотных зданиях в качестве материала для перегородок, стеновых панелей навеса и даже плит перекрытий для легких нагрузок [66,76,100,154].

Широкое применение легких бетонных материалов на основе целлюлозоорганических заполнителей обусловлено их многими превосходными свойствами. Это один из самых легких строительных материалов, средняя плотность теплоизоляционного бетона менее 400–500 кг/м³, теплопроводность всего 0,7-0,19 Вт/м*К и хорошей звукоизоляционной способностью. Легкие бетонные материалы с целлюлозными заполнителями являются одним из лучших

стеновых материалов, поскольку они могут поддерживать нормальный микроклимат в помещении, за исключением конденсации влаги на поверхности ограждающих конструкций [3,11,36,51].

На прочность и другие механические свойства легких бетонов на основе целлюлозоорганических заполнителей оказывают значительное влияние механические свойства заполнителя, а также физико-химические процессы, происходящие во время образования и затвердевания арболита [8,25-28,41,70].

Помимо положительных свойств, таких как низкая средняя плотность, дефицит, хорошая смачиваемость и простота обработки, особенно дробления, древесные заполнители обладают и отрицательным свойством - трудно получить высокопрочный материал из высокопрочных компонентов.

Исследования [46,72,157] показали, что щелочная среда цементных паст способствует выделению древесных экстрагируемых веществ, которые осаждаются на поверхности частиц минералов C_3S и C_3A и тормозят ход процесса гидратации цемента, образуя тончайшую оболочку. Предполагается, что углеводы и танины в древесине являются поверхностно-активными гидрофильными веществами, связанными с цементом [42,53-57].

Когда эти вещества вводятся в цементную систему с водой, они адсорбируются и под влиянием молекулярной когезии ориентируются вокруг гранул цемента, образуя тонкий слой - адсорбционный слой [37,50,77].

Частицы цемента, покрытые этим «защитным слоем», теряют способность прилипать друг к другу под действием молекулярных сил, но образующиеся слои остаются неповрежденными, и вода может получить доступ к частицам цемента и удалить продукты удаления цемента и ингибировать гидролиз и гидратацию, в то время как определенная концентрация углеводов останавливает их [44,70,120].

Однако разработке, применению и промышленному освоению производства легких бетонных материалов на основе целлюлозоорганических заполнителей в республике пока уделяется мало внимания.

Исследования, посвященные изучению аспектов этой проблемы [3,11,169], носили характер эпизодических лабораторных приложений и не нашли широкого

практического применения. Бесконечные ресурсы хлопковых стеблей, рисовой соломы и шелухи, костров кенафа и кукурузных початок значительно уступают по качеству традиционно используемым органическим наполнителям. Для промышленного производства легких бетонов с заполнителями требовалась либо высокая стоимость качественного портландцемента, либо возникали серьезные проблемы в организации технологии его производства.

В работах [112,146] показывают возможность использования измельченных стеблей хлопчатника в качестве наполнителя в легком бетоне.

Авторы исследовали основные физико-механические свойства портландцементного бетонов с заполнителем в виде хлопковых стеблей, а именно плотность, прочность при сжатии, измельченный хлопковый стебель, и изготовили изделия из арболита с хлопковым стеблем, а также предложили технологию изготовления. Однако предлагаемая технология требует наличия обширного прессового оборудования, а для производства крупных изделий необходимы большие прессы [51,89].

В работах [51,89] предложено предварительно замачивать измельченные стебли хлопка в воде с температурой 333 К. В этом случае, арболитовая прочность стеблей хлопка остается ниже, чем у древесной стружки. Также известны исследования по легким бетонам с использованием отходов таких материалов, таких как кенафяная, конопляная и льняная костра.

Важной характеристикой отходов бурого угля является то, что они не оказывают такого же негативного воздействия на цемент, как отходы хвойных пород. Это объясняется тем, что лигнинные волокна отделяются от древесины путем специальной обработки перед переработкой. Все, что требуется для такой подготовки — это вымачивание в течение 20-30 дней в естественном водоеме или яме, заполненной водой, или в специальном бассейне с теплой водой с перерабатывающего завода. Поэтому исследователи утверждают, что при производстве легкого бетона из лубяного костра зачастую нет необходимости предварительно пропитывать костру химическими добавками [51,80-89].

Известно, что органические материалы также могут использоваться в качестве заполнителей в шлакощелочных вяжущих композициях [112]. Шлакощелочные вяжущие характеризуются тем, что щелочь, который смешивается в качестве основного компонента и присутствует во время гидратации, взаимодействует не только со шлаком, но и с заполнителями, которые становятся более реактивными в сочетании с этим вяжущим [6,64-73,155].

Для получения шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов рекомендуется применять тепловую обработку, которая, как, утверждают, приводит к сокращению длительности цикла отверждения изделий в 7–8 раз [80-89].

Исследователями [80-89] предложены составы и технология изготовления шлакощелочных легкобетонных материалов на основе кукурузных отходов с виброштампованием.

Для их изготовления мелкоизмельченный фосфорный шлак смешивают с измельченными кукурузными отходами или рисовой шелухи и водным раствором жидкого стекла. Для этого образцы изготавливались формованием с использованием матрицы и закрытием формы. Отверждение образцов проводили при температуре от 291 до 293 К. Полученный материал имел предел прочности 2,1–3,2 МПа [24,172].

Установлено, что замена портландцемента шлакощелочным вяжущим позволяет исключить из технологии операции замачивания заполнителей, так как соединения, отрицательно влияющие на повышение прочности легкого бетона, не образуются в процессе твердения системы "шлакощелочное вяжущее - органический заполнитель". Кроме того, исключено применение химических добавок для легких бетонов на основе портландцемента: минерализующих агентов и ускорителей [74,92,138].

Исследования, направленные на разработку и изучение органоминеральных композитов на основе несгоревших щелочных вяжущих и сельскохозяйственных

отходов [80-89,169] представляют очень большой научный и практический интерес.

В исследовании [51,89] на основе измельченных стеблей хлопка был получен шлакощелочной арболит прочностью 4,0 МПа. Следует отметить, что эти исследования носят постепенный характер и требуют дальнейшего развития.

При участии авторов [51,70,89] были проведены работы, показавшие возможность получения эффективных строительных материалов на основе шлакощелочных вяжущих и отходов сельского хозяйства. Также в принципе возможно ускорить закалку и обеспечить отшелушивание путем высокотемпературной термообработки до 80°C.

Исследование, проведенное авторами [66,76,100,154], было направлено на производство легкого бетона для конструкционного применения. Они сообщили, что оптимальное содержание шлака в разработанном составе находилось в диапазоне 450-500 кг/м³, щелочных компонентов с плотностью 1250-1300 кг/м³ и 300-360 л/м³ и органических заполнителей 100-140 кг/м³. Давление сжатия при уплотнении смеси составляет 0,2-0,4 МПа. Авторы также рекомендуют тепловую обработку путем изотермического твердения при температуре 353 К. Представляет интерес изучение введения песчаных добавок для изменения состава легкого бетона и корректировки его свойств.

Особенностью легких бетонов на основе органических заполнителей является их структура, поэтому для создания теплоизоляции (средняя плотность менее 500 кг/м³) следует учитывать и этот фактор. Высокое водопоглощение органических заполнителей несовместимо с применением термической обработки и влажно-термической обработки [1,9,135-148].

Основной задачей при создании шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов является изучение содержания экстрагируемых веществ, определяющих эксплуатационные характеристики получаемого материала.

Приведенных фактов недостаточно для решения задач, связанных с разработкой и исследованием высокоэффективных легких бетонов на основе

сельскохозяйственных отходов, особенно теплоизоляционных и изоляционных конструкций.

Таким образом, анализ исследований в области органоминеральных композитов на основе заполнителей растительного происхождения показал принципиальную возможность получения шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов.

На рисунке 1.1 приведены различные виды легкобетонных композиции на основе растительности и возможности применение их в строительной отрасли Казахстана.

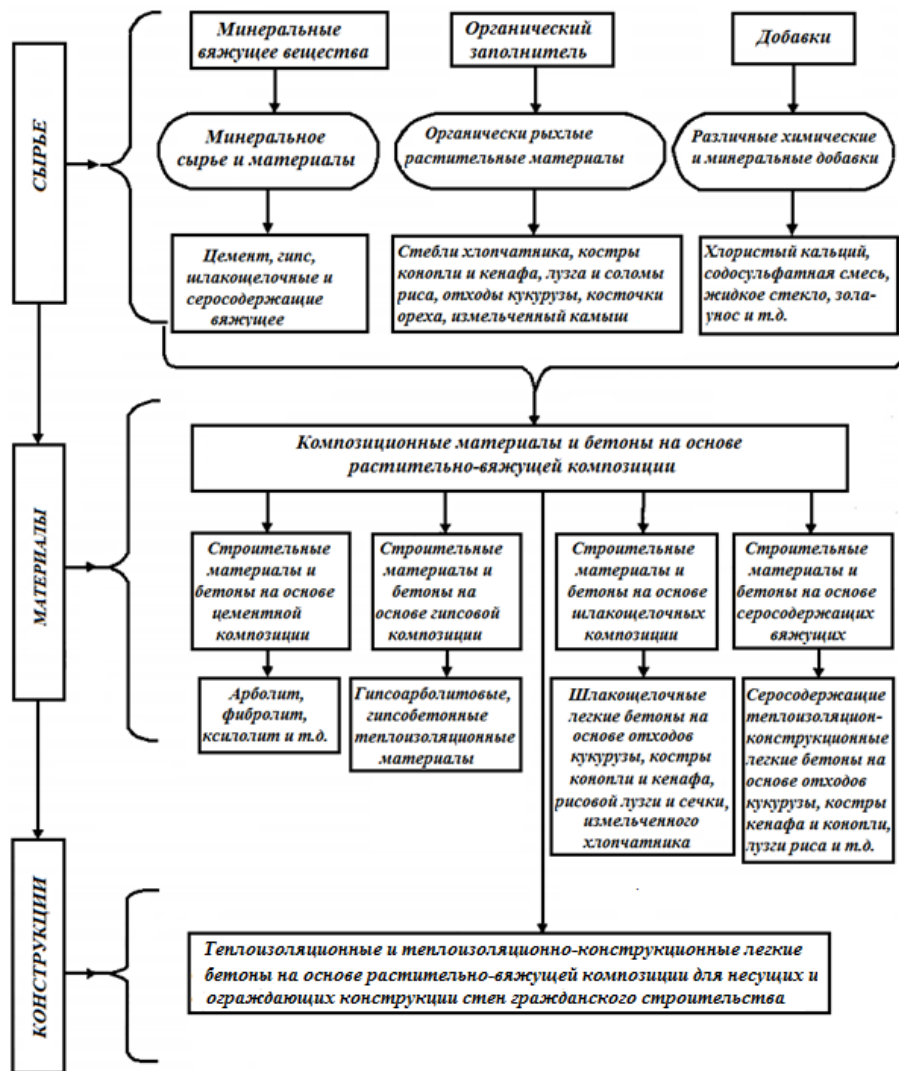


Рисунок 1.1. – Различные виды легкобетонных композиции на основе растительности и возможности применение их в строительной отрасли

Также в таблице 1.5 приведены основные операции, применяемые для ускорения твердения и повышения прочности легкого бетона на основе кукурузных отходов и их недостатки.

Таблица 1.5 Основные операции, применяемые для повышения прочности в производстве легкого бетона на основе кукурузных отходов

Основное содержание операции	Недостатки
<p>1. Предварительное выдерживание (до 3 месяцев) заполнителей на основе кукурузных отходов</p> <p>2. Предварительная обработка заполнителя на основе кукурузных отходов различными химическими добавками (хлоридом кальция, сульфатом алюминия, комплексными добавками хлоридом кальция, с известью хлоридом кальция с жидким стеклом и т.д.)</p> <p>3. Нейтрализация вредных веществ, содержащихся в органическом заполнителе на основе кукурузных отходов химическими добавками</p> <p>4. Замачивание (промывка) заполнителя на основе кукурузных отходов</p> <p>5. Сушка заполнителей на основе кукурузных отходов</p> <p>6. Применение быстротвердеющих, высокопрочных вяжущих</p> <p>7. Применение тепловой обработки (не более 70°C) в течение 24ч. и более</p>	<p>1. Потребность в больших площадях складирования органического заполнителя на основе кукурузных отходов и трудозатратах</p> <p>2. Дороговизна химических добавок, выслообразование в готовых изделиях, коррозия арматуры в армированных конструкциях</p> <p>3. Трудность определения точного количества вредных веществ в составе на основе кукурузных отходов.</p> <p>4. Удорожание производства изделий</p> <p>5. Усложнение технологии производства</p> <p>6. Потребность дополнительного специального оборудования.</p> <p>7. Удорожание производства изделий</p> <p>8. Усложнение технологии приготовления смеси, потребность дополнительного специального оборудования.</p> <p>9. Относительно низкая прочность готового материала при высоком расходе вяжущих.</p> <p>10. Приобретение изделиями только распалубочной прочности, вследствие чего потребность дополнительного выдерживания в теплом помещении не менее 7сут.в летнее время и более в зимнее.</p> <p>11. Низкая оборачиваемость форм.</p>

Учитывая вышеизложенное, а также основные эксплуатационные характеристики и недостатки, представленные в таблице 1.5, можно сделать вывод, что при приготовлении шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов необходимо учитывать все факторы, влияющие на основные свойства конечного продукта.

Работы по установлению возможности применения в качестве заполнителей отходов сельского хозяйства в виде кукурузных отходов, анализ которых приведены выше, не включают исследования, открывающие пути создания теплоизоляционно-конструкционного легкого бетона, связанные с изучением экстрактивных веществ сельскохозяйственных отходов, их влияние на свойства вяжущего [80-89].

Следует отметить, что широкий диапазон оптимизации составов шлакощелочного легкого бетона в зависимости от вида заполнителя и технических параметров предопределяет необходимость изучения основных факторов, влияющих на свойства легкого бетона и проектирование составов последних. Имеющиеся исследования свидетельствуют о технических преимуществах шлакощелочного легкого бетона на основе композиционных шлакощелочных вяжущих и измельченных кукурузных отходах [58,74,92].

Однако для широкого практического использования вяжущее должно быть изготовлено на основе местного сырья. Решение проблемы производства шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов также тесно связано с проблемой расширения сырьевой базы. С другой стороны, оценить пригодность для получения эффективных шлакощелочных легких бетонов с высокими структурно-техническими свойствами. Это обстоятельство предопределяет необходимость изучения последнего [98,148-155].

Выводы по главе I

1. Анализ использования бетонов и вяжущих в регионе показал, что наиболее приемлемыми в резко континентальных климатических районах Казахстана являются легкие бетоны на основе отходов органического заполнителя. В его составе могут быть использованы различные сельскохозяйственные отходы, в том числе кукурузные, которые в изобилии имеются в агропромышленных районах республики. Также в регионах Казахстана имеется сырье в виде большого количества промышленных отходов шлаков и шламов.

2. Проанализированы структурные характеристики и физические свойства легких бетонов на органическом заполнителе. Показано, что органический состав легкого бетона оказывает большое влияние на его свойства, поэтому для получения эффективных легких бетонов необходима разработка новых видов композиционных, вяжущих с нетрадиционными добавками.

3. Раскрыт возможный механизм взаимодействия шлакощелочных вяжущих с органическими целлюлозными компонентами в легком бетоне. Уникальность системы шлакощелочного вяжущего заключается в том, что щелочь, вводимая в состав композиции в качестве щелочного компонента, взаимодействует не только со шлаком, но и с органическим целлюлозным наполнителем. Это позволяет получить оптимальный макроструктурный состав на основе кукурузных отходов и обеспечить высокую прочность и долговечность заполнителя в целом.

4. Комплексная оценка влияния растворимых компонентов органических заполнителей, так называемых "цементных ядов", на время схватывания различных вяжущих веществ и на физико-механические свойства легкого бетона, изготовленного из кукурузных отходов.

На основании полученных выводов были поставлены цели и определены основные задачи исследования.

Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ, МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ

2.1. Характеристика исходного сырья и материалов

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях Актюбинского регионального университета имени К.Жубанова (Казахстан) совместно с Ивановским государственным политехническим университетом (РФ).

Также исследования выполнялись в промышленных условиях на заводах железобетонных конструкции и строительных материалов ТОО «Стройдеталь», ТОО «А.Е.Н.Д.», на ТОО «Актюбинский инновационный технопарк Актобе», на ТОО «Нефтегазстрой».

В эксперименте использовались гранулированный электротермический фосфор и электролитический шлак. В экспериментах использовался электротермический фосфорный шлак Чимкентского производственного объединения "Фосфор", соответствующий требованиям ГОСТ 3476-2019 и СТ РК 935-92 "Электротермический фосфорный гранулированный шлак для производства цемента", соответствующий требованиям ГОСТ 3476-2019 и ГОСТ 10180-2012.

Шлак использовался в виде порошка в соответствии с ГОСТ 13015-2012, ГОСТ 3476-2019, ГОСТ 10180-2012, ГОСТ 7076-99, ОСТ 67-11-84 и измельчался до определенной поверхности.

В таблице 2.1. приведен химический состав фосфорного шлака:

Таблица 2.1 Химический состав фосфорного шлака

Содержание оксидов в составе фосфорного шлака, масс.%						
SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	F	п.п.п.
45,94- 46,56	45,59- 46,32	2,52-3,16	0,96-1,63	0,28-0,57	0,99-1,92	1,13-1,86

масса, %.							
7,27-7,42	47,3-49,5	22,92-24,3	4,94-6,23	8-10	1,5-2,3	0,1-0,3	0,42-0,7

Для управления процессом создания, вяжущего используются щелочные компоненты в виде водных растворов [51,70,89]. В таблице 2.4 приведен объемный состав щелочного компонента.

Таблица 2.4. Состав щелочных компонентов по объему

№	Наименование щелочных компонентов	Содержание раствора щелочного компонента, л	Плотность щелочных компонентов, кг/м ³	Содержание раствора щелочного компонента, л	Плотность щелочных компонентов, кг/м ³
1	Силикат натрия растворимый, $\mu_c=2,6$	0,5	1300	0,75	1300
2	Содосульфатная смесь, л	0,5	1200	0,25	1200

В сравнительных опытах в качестве вяжущего использовали портландцемент нормального твердения. В таблицах 2.5. и 2.6 приведены химические и минералогические составы отмеченных выше клинкерных минералов портландцемента. Тонина помола после измельчения $S_{yd}= 350-400$ м²/кг [51,70,89]. На рисунке 2.1. представлены результаты рентгенофазового анализа портландцемента ПЦ 500.

60,58-62,32	22,39-23,92	5,79-6,52	5,58-6,93	0,89-1,29	0,30-0,9	0,18-0,53	0,32-0,68
-------------	-------------	-----------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------

Таблица 2.7. Физико-механические свойства портландцемента

№ п/п	Наименование показателей	ПЦ 500
1	Тонина помола, см ² /г	3120
2	Нормальная густота (НГ), %	24,9
3	Сроки схватывания, ч-мин: - начало; - конец.	1-45 3-00
4	Водоцементное отношение (В/Ц)	
5	Прочность цемента через 1 сутки нормального твердения, МПа: - при изгибе - при сжатии.	2,9 15,1
6	Прочность цемента после пропаривания, МПа: - при изгибе; - при сжатии.	6,4 38,4
7	Прочность цемента в возрасте 28 суток нормального твердения, МПа: - при изгибе; - при сжатии.	7,5 50,9

В экспериментальных исследованиях в качестве заполнителей использовались растительные отходы сельского хозяйства – измельченные кукурузные отходы ТОО «Таразского агропромышленного комплекса».

Вид кукурузных отходов приведен на рисунке 2.2.

Для проведения опытно-экспериментальных работ приняты кукурузные отходы (початки) 2020 года урожая.



Рисунок 2.2 - Вид кукурузных отходов (початок)

Кукурузные початки подвергались измельчению на измельчительной машине марки Tazz K32 в производственных условиях ТОО «Таразского агропромышленного комплекса» (г. Тараз, Казахстан).

Измельченные кукурузные отходы по длине составляли в интервале от 10 до 40 мм, а по ширине 10 - 15 мм.

Размеры измельченных кукурузных отходов представлены в рисунке 2.3.

Влажностные характеристики целлюлозного органического материала в виде кукурузных отходов на момент проведения экспериментальных работ составляли 3-5%.



Рисунок 2.3. Вид измельченных отходов кукурузы, используемых в исследованиях

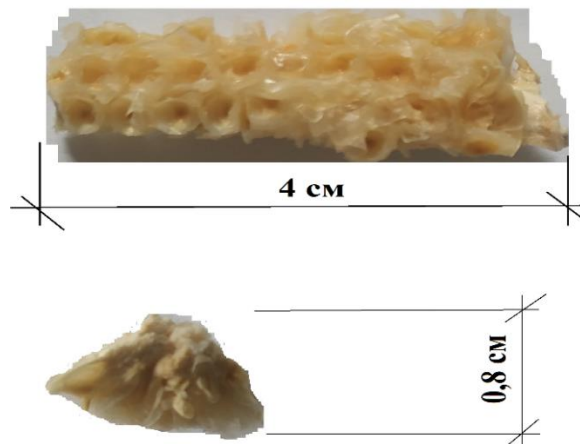


Рисунок 2.4. - Размеры по длине и ширине измельченных отходов кукурузы, используемых в исследованиях

Физико-химические свойства, химический и фракционный состав измельченных кукурузных отходов устанавливали экспериментально в

соответствии с требованиями ГОСТ 19222-2019, ГОСТ 25820-2000 и на основании литературных и справочных данных [61-63].

Химический состав кукурузных отходов представлен в таблице 2.9.

Таблица 2.9. Химический состав кукурузных отходов

Измельченные кукурузные початки	Содержание компонентов, %			
	Целлюлоза	Лигнин	Пентазон	Полисахариды
	38,5-39,3	18,7-19,3	16,8-17,9	22-25

В таблице 2.10. представлен фракционный состав измельченных кукурузных отходов.

Таблица 2.10. Фракционный состав измельченной кукурузы

Виды отходов	Отходы, % по массе, на ситах с размером ячеек, мм					
	40	20	10	5	2,5	1,25
Нерассеянные измельченные кукурузные отходы						
Частные	–	16	2,4	46,6	19	13
Полные	–	16	18,4	65	84	97
Нерассеянные измельченные кукурузные отходы						
Частные	–	-	7,6	19,0	59,0	10,0
Полные	–	-	7,6	26,6	85,5	95,6

2.2. Методы и методики исследований, приборы и оборудование

В соответствии с ТУ 67-1020-89 "Вяжущие шлакощелочные. Технические условия" были приготовлены и испытаны шлакощелочные композиционные вяжущие. По ГОСТ 310.3-81 "Метод определения нормативной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема" определяли физико-технические свойства цементной пасты: стандартную плотность и сроки схватывания цементной пасты [32,44,70].

В соответствии с ГОСТ 10180-2012 " Методы определения прочности по контрольным образцам" проводилось изготовление и испытание шлакощелочных образцов размером 40x40x160 мм - балок, со следующими изменениями:

Оценка измельчения шлакощелочных вяжущих по тонкости помола (S , $\text{см}^2/\text{г}$) проводилась при конкретных временных интервалах измельчения в планетарной мельнице «Активатор-4М» и мельнице СВМ-3 [26,48, 173]. Рисунок 2.5.

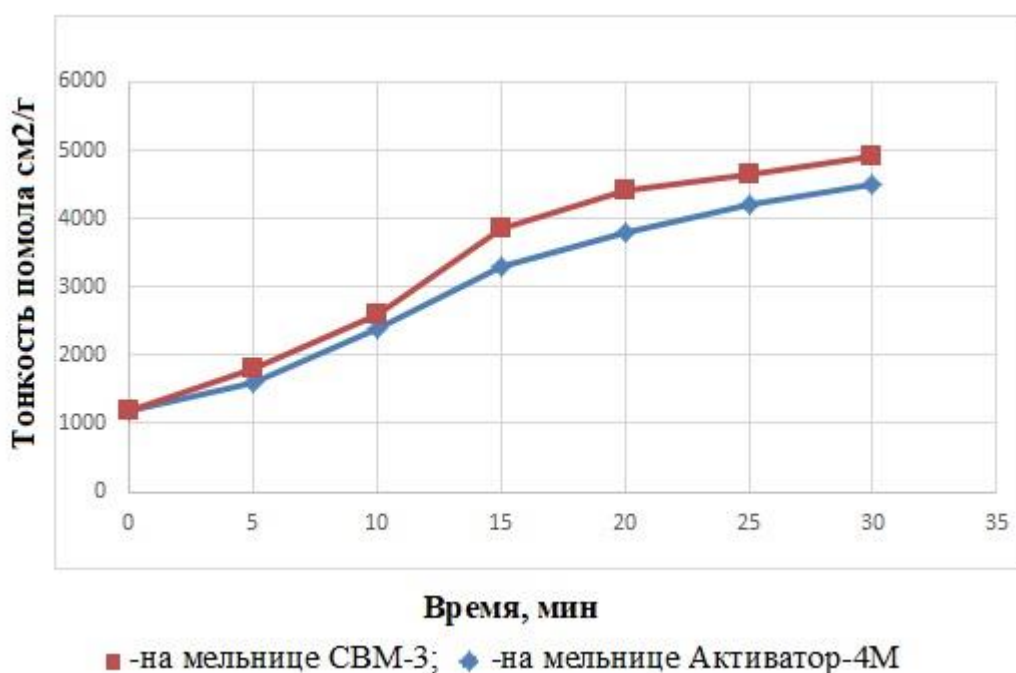


Рисунок 2.5 – Оценка измельчения шлакощелочных вяжущих по тонкости помола

Консистенцию цементно-песчаного раствора измеряли на встряхивающем столе стандартным конусным методом по ГОСТ 10180-2012 "Методы определения прочности при сжатии и изгибе [61-63].

Изготовленные образцы балок хранились на воздухе в форме с закрытой крышкой в течение 3 дней, затем извлекались и хранились при нормальных условиях влажности до проведения испытаний [61-63].

Образцы балок были испытаны по ускоренному методу, как того требует ГОСТ 10180-2012 " Методы определения прочности по контрольным образцам", не менее чем через 4 часа после изготовления и не позднее чем через 12 часов.

При изотермической температуре нагрева $95\pm 5^\circ\text{C}$ готовые образцы подвергались термообработке в форме (ТМО) в течение 3+6+3 часов. Образцы были осмотрены через один день после даты изготовления [61-63].

Для определения структурных и технических свойств легкого бетона на шлакощелочном вяжущем используются следующие нормы и технические документы:

- ГОСТ 10180-2012 «Методы определения прочности по контрольным образцам»
- ГОСТ 12730.5-2018 «Бетоны методы определения водонепроницаемости».

Плотность легкого бетона определялась в образцах $10\times 10\times 10$ см в соответствии с процедурами ГОСТ 12730.0-2018 и ГОСТ 12730.4-2020 [61-63].

Было испытано не менее шести образцов, а прочность при сжатии легкого бетона на основе шлакового вяжущего и кукурузных отходов была проверена на образцах балок.

Исходя из этого, образцы цементно-песчаного раствора размером $40 \times 40 \times 160$ мм изготавливались на опытных прессах ПСУ-10, ПСУ-50 и ПСУ-200 при коэффициенте нагрузки $0,1 \text{ МПа/с}$ и изгибались с помощью МИИ-100 [33,71,].

Согласно ГОСТ 10060-2012 методом ускоренного замораживания и ускоренного оттаивания в морозильной камере при $t = -50^\circ\text{C}$ определялась морозостойкость бетонных образцов, в результате чего происходит потеря прочности и массы образца [61-63].

Для помола шлакового вяжущего и шлака использовались мельницы М1-1, Активатор-4м и СВМ-3.

Водопоглощение и пористость легких бетонов на основе кукурузных отходов определяли по методике ГОСТ 12730.3-2020.

На основе экспериментальных результатов была исследована зависимость скорости водопоглощения.

На приборе ПСХ-12 измеряли крупность измельчения вяжущего материала, а фракционный состав измельченного материала определялся методом

объективного лазерного рассеяния с помощью прибора Fritsch Particle Sizer ANALYSETTE 22 [33,162].

Рентгенофазовый анализ шлакощелочно-цементных камней проводили ионизационным методом и интенсивность излучения регистрировалась на рентгеновском дифрактометре D8ADVANCE (Bruker).

Исследование проводилось при времени экспозиции (пятна) 0,020 2 1 с, интервале сканирования 3...650 2, напряжении лампы 40 кВт и токе 30 мА в режиме дискретного сканирования [51,70,89].

Для физико-химических исследований использовались термогравиметрия и дифференциальная сканирующая калориметрия с помощью прибора STA 409 PCLuxx (Netzsch, Германия), режим визуализации 10 градусов/мин, платиновый тигель, воздушная среда [51,70,89].

Микроструктура композитных образцов шлакощелочного связующего была исследована с помощью низковакуумного сканирующего электронного микроскопа JSM-6460 LV в сочетании с энергодисперсионной приставкой EDX-INCUS300 [51,70,89].

Обработка результатов эксперимента для оптимизации состава бетона (расчет коэффициентов уравнений, дисперсионный анализ, регрессионный анализ) проводилась по общепринятым методикам. Для расчетов использовалась программа Microsoft Excel.

Для резки сухих кукурузных початков и получения необходимого размера заполнителя использован бензиновая измельчительная машина марки Tazz K32.

Мощная машина, которая работает от бензинового двигателя. Конструкция здесь преимущественно металлическая, что обеспечивает прочность и стойкость к механическим повреждениям. Аппарат хорошо подходит для измельчения сухих кукурузных початков.

Характеристики и внешний вид бензинового измельчителя марки Tazz K32 приведены в таблице 2.11 и в рисунке 2.6.

Таблица 2.11. Характеристики бензинового измельчителя марки Tazz K32

1	Система измельчения	ножевая
2	Материал корпуса	металлическая
3	Диаметр веток	75 мм
4	Контейнер	имеются
5	Скорость вращения	3600 об/мин
6	Вес	54,9 кг
7	Двигатель	бензиновый, 212 см ³
8	Мощность	7 л.с
9	Тактность	4-тактный
10	Объем топливного бака	3,6 л
11	Объем картера двигателя	0,5 л



Рисунок 2.6 - Измельчительная машина марки Tazz K32

В соответствии с задачами настоящей работы теоретические и экспериментальные исследования включают изучение физико-механических процессов, происходящих при структурообразовании шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов и щелочных легких бетонов на основе

целлюлозоорганического заполнителя. Он включает в себя изучение структурных характеристик бетонов, технических параметров их производства и изучение физико-механических и деформационных свойств [71,116,162].

Исходя из этого, в первую очередь было проведено исследование по подбору оптимального состава раствора щелочных компонентов. Приготовление шлакощелочного вяжущего осуществлялось путем смешивания молотого шлака с раствором щелочного компонента. Щелочной компонент вводили в виде раствора плотностью 1100–1350 кг/м³ вместе с водой. Образцы подвергались как пропариванию, так и выдерживанию в естественных условиях [26,128,173].

Марку шлакового вяжущего определяли по ГОСТ 10180-2012. Нормальную плотность, время твердения шлакощелочных вяжущих определяли по ГОСТ 310.3-81 "Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема". Образцы прессовали на стандартной виброплатформе ВС-1, время прессования 3 минуты [16,69,88,104-115,142].

После определения оптимального состава, вяжущего приступали к оптимизации составов шлакощелочного арболита. Исследование свойств органических наполнителей проводили стандартными методами по ГОСТ 19222-2019 [3,11,36,51].

Смесь шлакощелочного легкого бетона готовилась следующим образом. К сухой смеси сначала добавляли шлак, содержащий органический заполнитель (измельченные кукурузные початки), а затем приготовленный раствор щелочного компонента, который перемешивали до образования однородной массы [74,130-138].

Для изучения влияния этих факторов на физико-механические свойства шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов варьировали в широких пределах плотность раствора щелочного компонента и соотношение Р/Ш раствор-шлак. Приготовленная легкобетонная смесь укладывалась в предварительно очищенную и промасленную опалубку размером 10x10x10 см, штыковалась, уплотнялась и закреплялась в соответствии с требованиями ГОСТ 19222-2019 [74,130-138].

Оптимизацию состава, свойств и технологии шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов проводили с помощью математического планирования экспериментов. Обработку результатов эксперимента (расчет коэффициентов, уравнений, дисперсионный и регрессионный анализ) проводили по общепринятым методикам. Физико-механические свойства шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов определяли по ГОСТ 19222-2019, ГОСТ 310.3-81, ГОСТ 10180-2012 [61-63, 151].

Для отверждения образцов в исследовании использовались различные условия - естественные, термообработка и обработка паром. При исследовании зоны контакта между органическими заполнителями и шлакощелочными вяжущими используется несколько независимых методов для получения достаточно полных и достоверных данных о процессах, происходящих во время контакта между вяжущим и шлаковыми заполнителями [92,130-138].

Исследование динамики процесса структурообразования шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов при температуре от 10 до 800°C проведено путем измерения скорости распространения (V) продольных волн, связанных с изменением упругих свойств [3,11,36,169].

Исследование деформационных свойств шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов проведено в климатических условиях западного региона Казахстана (г. Актобе) и в камере нормального твердения. Измерения деформации сжатия были проведены через 28 дней после отверждения в естественных условиях. Ползучесть шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов исследовали также на призматических образцах размером 10x10x40 см, образцы испытывались через 28 суток после твердения в естественных условиях. Напряжение сжатия шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов составляет 0,3 при переменной прочности. Исследование специальных свойств (теплопроводность, огнестойкость, биостойкость) легких бетонов на основе кукурузных отходов проведено при широком варьировании изучаемых факторов. Исследования теплопроводности проводились на образцах размером 4x4x16 см в воздушно-сухих условиях

[4,12,40, 170]. Исследование биостойкости шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов проведено совместно с кафедрой микробиологии Западно-Казахстанского медицинского университета им. М.Оспанова, г. Актобе (Казахстан).

Испытания по определению показателя огнестойкости легкого бетона на основе кукурузных отходов методом КТ производили в лаборатории пожарной безопасности ДЧС Актобе.

Выводы по разделу II

1. Определено, что содержание карбонатов в зола-уносах топливно-энергетического комплекса составляет 40–60 %, что позволяет использовать их в качестве добавки к шлакощелочным вяжущим составам.

2. Установлено, что эффективными добавками для получения шлакощелочных композитов является содосульфатная смесь, фосфорный шлак и портландцемент марки М 500.

3. Установлено, что наиболее не изученными в производстве строительных материалов в качестве органического заполнителя является кукурузные отходы.

4. В зависимости от эффективных физико-механических характеристик с учетом сырьевых запасов рекомендовано использовать кукурузные отходы в качестве органического заполнителя для получения шлакощелочных легких бетонов с повышенными строительно-техническими характеристиками.

5. По результатам сравнения технических характеристик для измельчения кукурузных отходов принята измельчительная машина марки Tazz K32.

Глава 3. СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫХ ЛЕГКИХ БЕТОНОВ НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ

3.1. Исследование влияния водорастворимых веществ содержащихся в кукурузных отходах на свойства камня и на структуру шлакощелочного вяжущего

Сходство в строении и химическом составе стеблей кукурузы и древесины в целом характеризуется более однородной складчатой структурой. Это позволяет использовать самую важную характеристику древесины и семян кукурузы - их хрупкую структуру - в производстве строительных материалов. Кукурузные початки на 45% состоят из целлюлозы, пектина, лигнина, гемицеллюлозы и небольшого количества экстрактивных веществ (дубильные вещества (пигменты) и масла) [24,132, 172].

Основные компоненты заполнителя, целлюлоза и лигнин, являются достаточно стабильными веществами, которые не влияют на процесс схватывания клинкера и цементного вяжущего. Пектиновые и гемицеллюлозные фракции кукурузных отходов представляют собой комплекс олигосахаридов и полисахаридов, которые могут быть гидролизваны до водорастворимых сахаров в щелочной среде [80-89,141].

Даже самые простые водорастворимые сахара (сахароза, глюкоза и фруктоза) присутствуют в кукурузных отходах лишь в небольшом количестве (0,1-0,5% по массе). [22,151]. Водорастворимые сахара легко вымываются из раствора "минерализатора" в шлакощелочное вяжущее из-за малого размера молекул.

Экстрагированное вещество, танин, имеет большой размер молекул. Его просто смывают с древесины горячей водой или горячим "минеральным" раствором и дают ему тщательно осесть. Следовательно, танины не оказали существенного влияния на твердение цемента. Смолистые вещества,

содержащиеся в кукурузных отходах, также не оказывали влияния на твердение цемента. Смоляная кислота в кукурузных отходах взаимодействует со щелочами в цементном масле, образуя мыльную воду. Высокое содержание смол в кукурузных отходах несколько снижает прочность легкого бетона, изготовленного с использованием кукурузных отходов, из-за снижения смачиваемости частиц кукурузных отходов и их адгезии к шлакощелочному вяжущему [73,87,98,148].

Исследования показали, что кукурузные отходы содержат вещества, которые легко гидролизуются и выделяются, или "цементные яды", которые токсичны для цемента и замедляют набор прочности образцов. Щелочная среда цементной пасты имеет тенденцию к выделению "цементных ядов". Количество этих ядов сильно варьируется в зависимости от типа отходов, их состояния и хранения [7,51,70,89].

Известно, что влияние водорастворимых веществ, полученных из кукурузных отходов, на отвержденные связующие композиции проявляется в виде стабилизирующего эффекта, подобного эффекту ПАВ [7,51,70,89]. Цементные яды" состоят в основном из углеводов, которые откладываются на поверхности частиц минерального вяжущего, образуя тонкую оболочку, изолирующую частицы вяжущего от воды и задерживающую процесс гидратации. Содержание полисахаридов значительно различалось между типами растительного материала, при этом у ели оно было самым низким (17,3%), а у кукурузной шелухи и виноградных стеблей - самым высоким (21,4% и 27,1%). Были предложены различные методы и технологии для снижения негативного влияния водорастворимых экстрагируемых и легко гидролизующихся веществ на прочность легких бетонных композитов. Этот метод нужен для частичного удаления этих веществ из растительных отходов. Вяжущего состава (т.е. сокращение времени, необходимого сахару для прохождения процесса отверждения). Во многих случаях предлагаемые методы "минерализации" органических наполнителей включают обработку наполнителя в несколько этапов различными химикатами, последующее кипячение или промывку, хранение в

силосах для стабилизации физических свойств, принудительную сушку и т.д. Например, в отечественной и международной практике наполнители растительного происхождения, такие как хлорид кальция и жидкое стекло, тестировались как "неорганические" наполнители [1,9,34,72]. Однако метод "минерализации" растительных заполнителей увеличивает начальную скорость развития прочности, но не дает материалов с достаточной прочностью.

Исследования [25-28,127-129] показали, что прочность легких бетонных композитов может быть увеличена на 10-15% путем удаления легко гидролизуемых веществ из органических заполнителей кукурузных отходов. Поэтому можно рассматривать только как один из недостатков наличие таких веществ в органических заполнителях. Это связано с тем, что помимо химической агрессивности (содержание веществ, которые легко экстрагируются и гидролизуются), органические заполнители из кукурузных отходов содержат вещества, которые негативно влияют на структурную прочность легких бетонных композитов. Другими словами, существуют определенные характеристики, которые необходимо учитывать при производстве.

3.2. Технологическая схема извлечения экстрактов из кукурузных отходов

На сегодняшний день практически нет производств, перерабатывающих кукурузные отходы для получения эффективных строительных материалов. Параллельно с этим кукурузные отходы могут быть ценным сырьем в качестве добавки к органическим наполнителями шлакощелочным составам. Состав различных морфологических частей кукурузных отходов был проанализирован для определения возможности использования кукурузных отходов для производства эффективных строительных материалов и легких бетонных композитов. С точки зрения морфологии, отходы кукурузы состоят из шелухи, луски, шелухи, древесины и ядра. Отходы кукурузы составляют 65-67%, луба и кора - 27-29%, бобы - 2-3% и древесина ядра - около 3% [10,47,167]. Химический

состав различных форм фракций кукурузных отходов определяется содержанием в них компонентов. Результаты анализа представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Химический состав анатомических частей кукурузных початок

Составные части отхода кукурузного сырья	Содержание компонентов сухого отхода кукурузы, %				
	Общая зола/ и в.т.ч. Нерастворимая зола	Целлюлоза	Гемицеллюлоза	Лигнин	Экстрактивные вещества
Древесное кольцо	1,68/0,39	34,35	39,41	16,73	7,83
Грубые части	2,12/ 1,58	36,05	34,18	16,25	11,4
Седцевина	1,56/0,16	43,27	39,22	14,69	1,26
Общая масса, г	5,36/2,13	113,67	112,81	47,67	20,49

Сравнивая химический состав кукурузных отходов с химическим составом древесного сырья, в частности пиломатериалов, можно обнаружить, что содержание целлюлозы в отходах кукурузы несколько ниже, чем в обычной древесине, но общее содержание углеводов сходно из-за более высокого содержания гемицеллюлозы, в основном пентозана, и более низкого содержания лигнина в отходах кукурузы. Оказывается, что общее содержание углеводов одинаково. Может оказаться, что кукурузные отходы содержат больше веществ, которые могут быть извлечены щелочными растворами, чем древесина [24,132,155].

В результате экстракции в раствор переходят крахмал, пектин, неорганические соли, некоторые полисахариды, циклические спирты, пигменты, дубильные вещества и некоторые низкомолекулярные фракции гемицеллюлозы, урановая кислота и целлюлоза. Разница между компонентами, извлеченными из кукурузы и древесных отходов, заключается в основном в их количественном составе. Отходы кукурузы содержат больше экстрагируемого материала, чем древесина лиственных пород, и немного больше, чем древесина хвойных пород.

Качественное различие заключается в том, что гемицеллюлоза в кукурузных отходах представлена в основном пентозанами (ксилан и арабан), тогда как гемицеллюлоза в хвойной древесине содержит полисахариды, такие как глюкоманнан и галактоманнан в дополнение к ксилану. Дело в том, что это очень сложная смесь [112,151].

Исследования показали, что кукурузные отходы содержат вещества, которые легко гидролизуются и легко экстрагируются, или «цементные яды». Это губительно для цементосодержащих вяжущих композиций и замедляет набор прочности исследуемых материалов и образцов. По этой причине такое пагубное влияние на физико-механические свойства испытанных легких бетонных композитов необходимо нейтрализовать. Исследования показали, что растворимые моносахариды, такие как сахароза, глюкоза, фруктоза и некоторые гемицеллюлозы, которые при определенных условиях гидролизуются до сахаров, являются наиболее вредными, в то время как коагулянтные полисахариды, танины и смолы оказывают наименьшее воздействие. Щелочная среда цементосодержащих растворов способствует выделению "цементных ядов". Количество сильно варьируется в зависимости от типа, состояния и хранения кукурузных отходов [80-89,141].

Исследования также подтвердили, что прочность легкогобетонных композитов может быть повыше на с 12% до 17% за счет удаления гидролизуемых веществ из состава органических заполнителей, изготовленных из кукурузных отходов. Поэтому наличие в составе органического заполнителя веществ, отрицательно влияющих на качество бетона, можно считать лишь одним из его недостатков. Поскольку кукурузные отходы содержат относительно большое количество экстрагируемых веществ, авторы данной статьи модифицировали свою методику и разработали метод, в котором кукурузные отходы обрабатываются щелочным раствором сульфата натрия для получения добавки вязких соединений [58,74,92,130].

Технология производства щелочной добавки осуществляется путем добавления щелочного раствора с массовым соотношением 1:15 или 1:20

щелочного раствора и оксида натрия к кукурузным отходам, измельченным до 3-4 см. Полученную смесь перемешивают, кипятят в течение 40-60 минут, а затем охлаждают в отстойнике. После определения оптимальных концентраций щелочи и оксида натрия их подают в дозатор. Кукурузные отходы измельчаются в измельчительной машине от 3 до 4 см и после этого к ним добавляется принятое количество щелочного раствора и подвергается совместному перемешиванию в реакторе. После всех операции обработанная щелочным раствором кукурузные отходы подаются в емкость для хранения и для дальнейшего использования в качестве армирующего компонента шлакощелочных смесей [79,97,164-168]. Технологическая схема получения органического заполнителя, обработанного щелочным раствором приведена в рисунке 3.1.

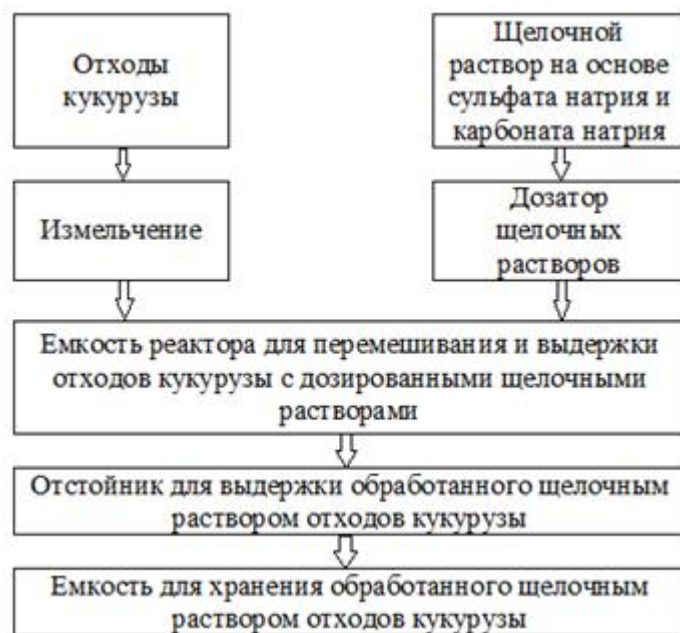


Рисунок 3.1. Технология получения обработанных щелочным раствором кукурузных отходов

По сравнению с другими методами переработки органических заполнителей эффективность предлагаемого метода заключается не только в полном извлечении растворителей из кукурузных отходов, но и в простоте его применения. Другая реакция гидратации и упрочнения минералов, инициированная гидратацией шлакощелочных фаз, содержащих алюминий.

Высокое содержание алюминатсодержащих минералов в шлакощелочных вяжущих приводит к ранней стадии твердения в присутствии щелочного экстракта кукурузных отходов. В результате было обнаружено, что прочность бетона с различными шлакощелочными вяжущими, содержащими добавки, значительно увеличивается в эти периоды по сравнению с прочностью составов без добавок [6,148-155].

Деформационные параметры легкого бетона на основе кукурузных отходов с добавлением щелочного раствора превышают значения аналогичных параметров легкого бетона без добавок соответствующего возраста. Водопотребность раствора щелочного кукурузного шлака снижается, а скорость образования тканей и процессов гидратации значительно ускоряется, что повышает прочность состава легкого бетона [130-138].

Легкие бетонные материалы и конструкции из кукурузных отходов используются в качестве несущих и ограждающих стен в зданиях высотой до двух этажей и в качестве навесных панелей в многоэтажных зданиях. В нашем случае мы определили, что материалом-наполнителем являются кукурузные отходы. Он может обладать уникальными свойствами при строительстве зданий, изделий и материалов [8,25-28].

3.3. Исследование причины ухудшения прочностных свойств шлакощелочного легкого бетона из кукурузных отходов

Повышение прочности и ускорение структурообразования и твердения композитов легких бетонов на основе органических заполнителей повышает качество и организацию энерго- и металлосберегающих технологий производства шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов. Известно применение многих добавок [51,70,89] в легкие бетоны и арболиты на основе древесной щепы, конопляные и льняные костра и др., а в ранее исследованном шлакощелочном легком бетоне на основе кукурузных отходов положительное влияние оказало использование добавок, состоящих из жидкого стекла и

хлористого кальция. На основании этого в работе выявлены причины, замедляющие процесс набора прочности шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов, выявленные в результате анализа литературной, справочно-патентной информации, и качество исследуемых легких бетонов. Предложенная оптимальная добавка для повышения химической агрессивности пыли кукурузных отходов изучена по степени и характеру влияния водоизвлекаемого материала на процесс структурообразования и твердения шлакощелочных вяжущих. Для этого определяли количество сахаров в водоизвлекаемых веществах в измельченных кукурузных отходах, выделившихся при их замачивании по методике. Влияние структурообразования и шлакощелочной связки на твердение изучали следующим образом. Для изготовления использовались легкие бетонные композиты 100x100x100мм и арболитовые стандартные технологии с добавками и без них. Прочность на сжатие образцов шлакощелочного легкого бетона измеряли методом контроля разрушения гидравлического пресса через 1, 3, 7, 14, 28 и 56 суток. Изучение кинетики повышения прочности шлакощелочного легкого бетона в малых образцах различных вяжущих минералов без добавок позволяет выяснить, какие вяжущие минералы в шлакощелочном вяжущем могут гидратироваться в составе шлака. Теперь возможно - щелочной легкий бетон на основе кукурузных отходов. На рисунке 3.1. видно что легкий бетон на основе кукурузных отходов и портландцементного клинкера и легкий бетон на шлакощелочном вяжущем с добавкой золы-унос показали незначительное увеличение прочности на ранней стадии и увеличили свою прочность в 7-дневном возрасте. На основе клинкера портландцемента - 0,5МПа, шлака с добавкой жидкого стекла - щелочного вяжущего -0,3МПа. На более поздних стадиях твердения прирост прочности незначительный и достигает 0,9 МПа и 1,1 МПа соответственно. Показано, что легкие бетоны на основе кукурузных отходов и на основе шлакощелочного вяжущего состава с комплексной добавкой ССФСЗУП (состоящих из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного

клинкера) повышают прочность. Прочность в 56-дневном возрасте от момента затвердевания смеси составила 2,9 МПа и 2,0 МПа соответственно (рисунок 3.2).

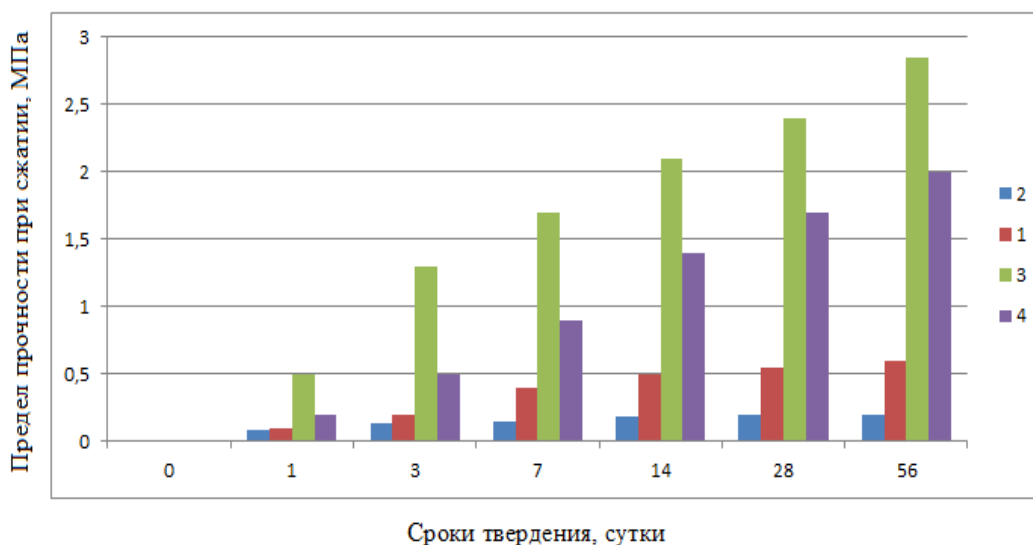


Рисунок 3.2. - Нарастание прочности шлакощелочного легкого бетона на основе отходов кукурузы с различными добавками

1 – легкие бетоны на основе кукурузных отходов на основе портландцементного клинкера с добавками золы уноса ; 2 – легкие бетоны на основе кукурузных отходов на основе шлакощелочных вяжущих с добавками золы-уноса ; 3 – легкие бетоны на основе кукурузных отходов шлакощелочных вяжущих композиции с добавками ССФШЗУП; 4 - легкие бетоны на основе кукурузных отходов и шлакощелочных вяжущих с добавками гипса

Отсюда можно заметить, что степень гидратация минералов вяжущих композиции с добавками ССФШЗУП (состоящих из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного клинкера) в шлакощелочном легком бетоне довольно высокая.

Введение добавки ССФШЗУП (рисунок 3.3) в состав легкого бетона (содержанием из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного клинкера) в основном влияет на кинетику набора прочности

шлакощелочного легкого бетона. В 56 - дневном возрасте его прочность активно увеличивается и достигает 2,9 МПа.

При этом портландцементный клинкер с добавками жидкого стекла и хлористого кальция и легкие бетоны на основе хлористого кальция не улучшают прочностные свойства, а легкие бетоны с добавками гипса и хлористого кальция снижают прочностные свойства.

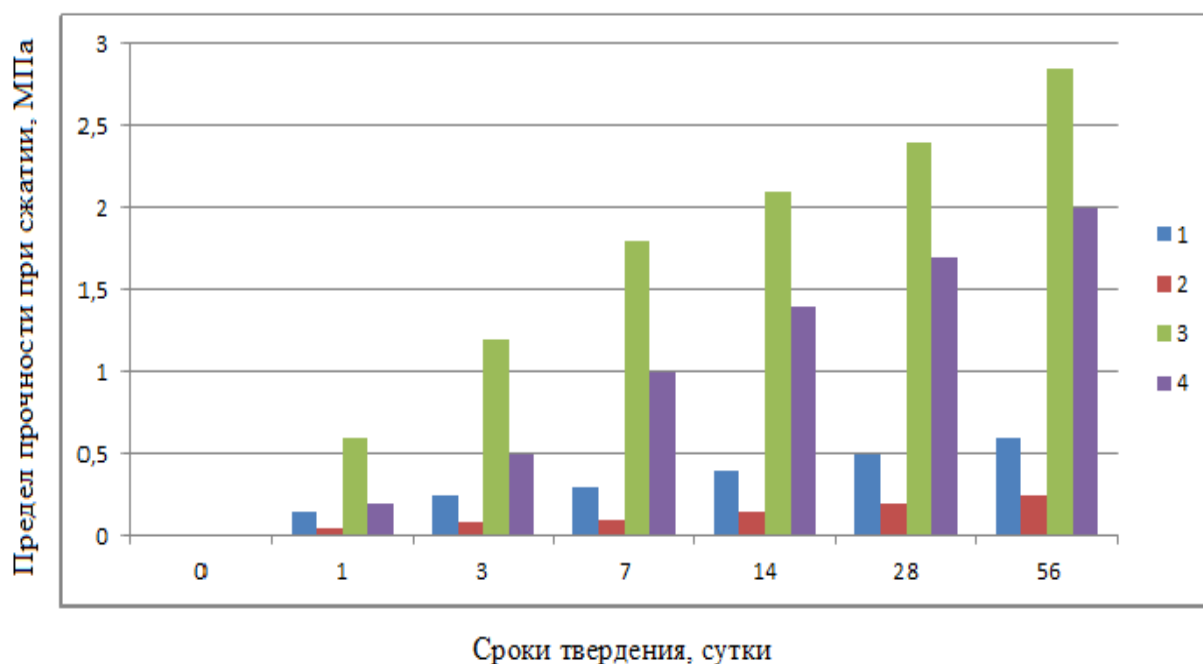


Рисунок 3.3. - Нарастание прочности шлакощелочного легкого бетона на основе отходов кукурузы с различными смешанными добавками

1 – легкие бетоны на основе кукурузных отходов и портландцемента с добавками золы-уноса и хлорида кальция; 2 – легкие бетоны на основе кукурузных отходов и шлакощелочных вяжущих с добавками жидкого стекла и хлорида кальция; 3 – легкие бетоны на основе кукурузных отходов и шлакощелочных вяжущих с добавками ССФШЗУП; 4 – легкие бетоны на основе кукурузных отходов и шлакощелочных вяжущих с добавками гипса и хлорида кальция

Данные эксперимента по изучению кинетики нарастания прочности шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов показывают, что при введении в состав бетона композиционных добавок ССФШЗУП (состоящих

из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного клинкера) их прочность повышается в 10-15 раз и достигает до от 2,7 до 3,0 МПа (рисунок 3.3).

Для определения влияния целлюлозного органического заполнителя на основе кукурузных отходов на физико-механические свойства разрабатываемого шлакощелочного легкого бетона мы проводили исследования методом затворения водой в двух суточной водной вытяжкой измельченных кукурузных отходов.

Активная составляющая таких вяжущих может быть представлена в виде портландцементного клинкера в сочетании с солями хлорида натрия, сульфата натрия и карбоната натрия.

Основную роль в процессе твердения исследуемых шлакощелочных вяжущих композиций играют сульфат натрия и карбонат натрия щелочного компонента содосульфатной смеси, что обусловлено его химическим составом, поэтому новообразования изучались в системах на основе каждой из этих компонентов.

Управление процессом структурообразования в шлакощелочной вяжущей системе введением быстро гидратирующей цементной минеральной добавки, изучение композиции на основе указанных соединений натрия, характеризующихся, как известно, невысокой активностью по отношению к электротермофосфорному шлаку в условиях естественного твердения, проводились при пропаривании с добавкой портландцементного клинкера.

Данные рентгенофазового анализа легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов со смешанными добавками, состоящих из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и 7 % портландцементного клинкера от массы шлака показали, рефлексы, наблюдаемые на рентгенограмме с (4,82; 2,60; 1,918; 1,681; 1,443 Å^0) указывают на наличие низкоосновного гидросиликата кальция тоберморитовой группы (рисунок 3.4).

Это свидетельствует о том, что в образцах значительно больше гидроксида кальция, чем в образцах 3-5, а процесс гидратации в образце 1 протекает значительно интенсивнее, чем в образцах 3-5.

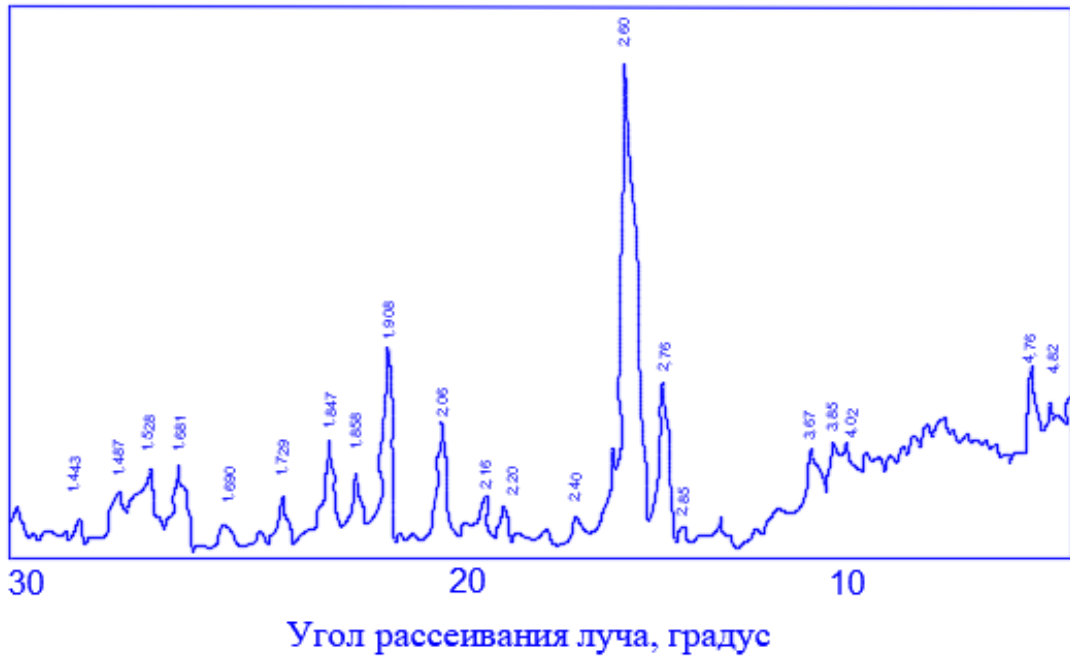


Рисунок 3.4 – Рентгенограмма бетона на основе кукурузных отходов со смешанными добавками (ССФШЗУП), состоящими из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и 7% портландцементного клинкера от массы шлака

По рентгенограммам образцов легкого бетона на основе кукурузных отходов (рисунок 3.5) фазовый состав продуктов гидратации вяжущего состава сульфата натрия с добавкой 3% портландцементного клинкера от массы шлака показал значительную разницу, изменение происходит при переходе от образца 3 к образцу 4.

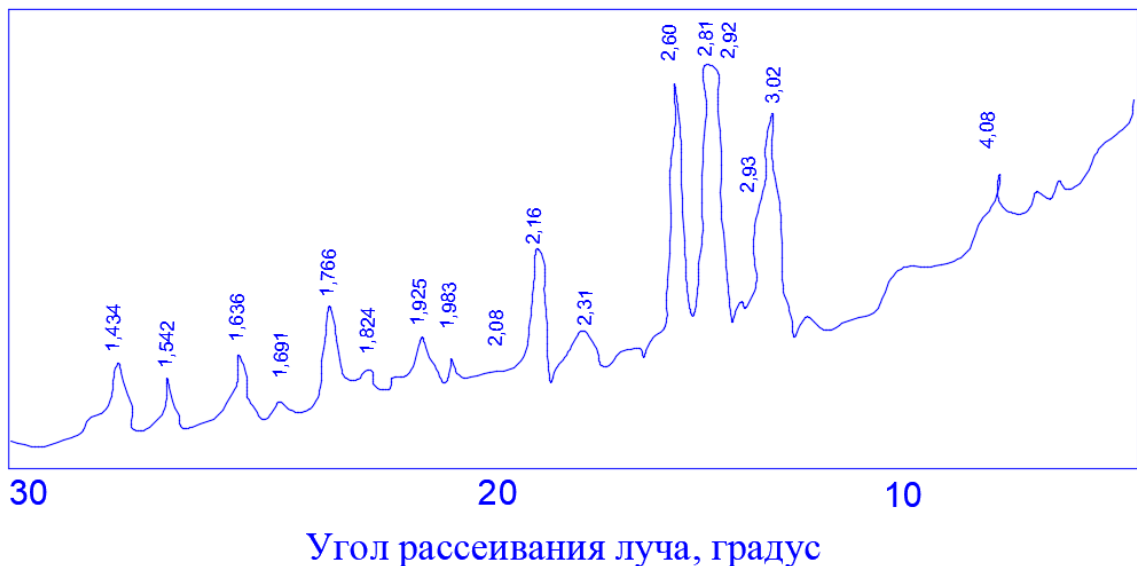


Рисунок 3.5 – Рентгенограмма образца легкого бетона на основе кукурузных отходов со смешанной добавкой (ССФШЗУП), состоящей из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и клинкера портландцемента в количестве 3% от массы шлака

Анализ рентгенограмм образцов легкого бетона на основе кукурузных отходов на шлаковом щелочном вяжущем, состоящем из золы-уноса и жидкого стекла (рисунок 3.6), и на основе кукурузных отходов на шлаковом щелочном вяжущем с золой-уносом Радиографический анализ образцов легкого бетона на золе и портландцементе цементного клинкера (рисунок 3.6) показывают, что они существенно отличаются друг от друга. Действительно, с одной стороны, обе сравниваемые рентгенограммы сходны, обе содержат фазовые линии кристаллического новообразования, свидетельствующие о высокосульфатной форме гидросульфогеррита кальция.

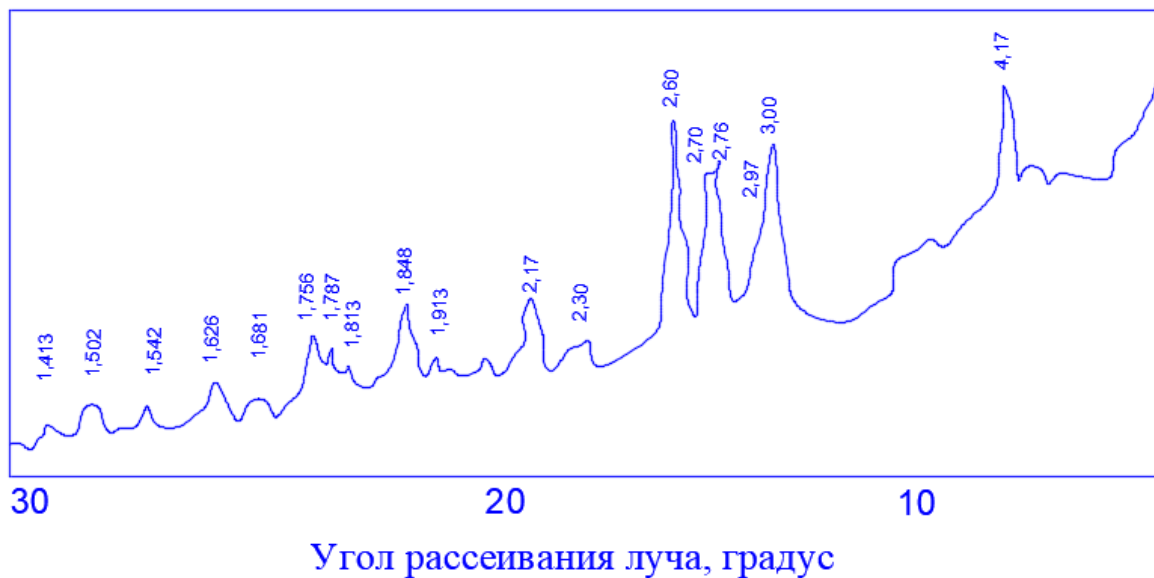


Рисунок 3.6 – Рентгенограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на портландцементе с добавками золы-уноса и жидкого стекла

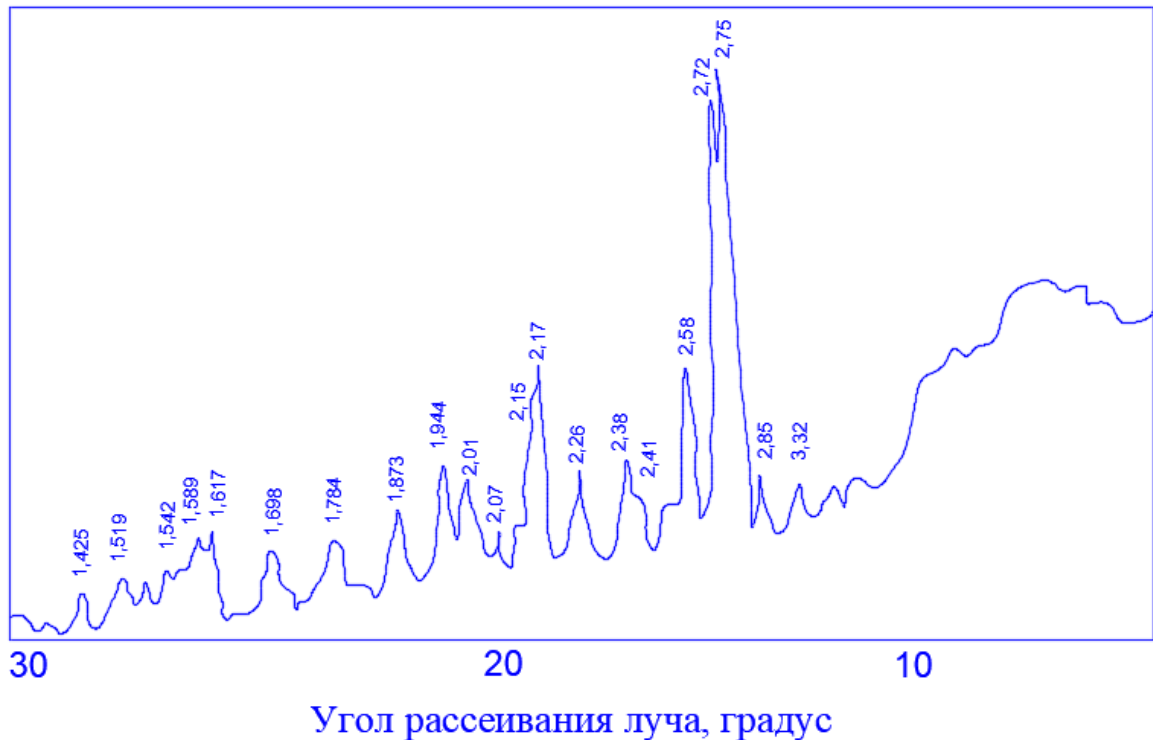


Рисунок 3.7 – Рентгенограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками золы-уноса и 3% портландцементного клинкера

С другой стороны, на рентгенограмме на рисунке 3.6. присутствуют линий фаз гидросиликатами кальция и щелочные алюмосиликаты (5,10; 3,32; 2,45; 2,02; 1,732; 1,552 \AA^0), рентгенограмме на рисунке 3.7. практически сливаются с фоном. Это говорят о том, что процесс гидратации в образцах (рисунок 3.7.) протекает значительно интенсивнее, чем в образце 3.6.

Из этого следует, что добавки существенно положительно влияют на процесс гидратации вяжущего. На рисунках 3.8. и 3.9. приведены рентгенограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками 3% гипса и золы-уноса и без них.

Сравнение рентгенограммы образцов (рисунки 3.8. и 3.9.) показывают, что они сильно отличаются друг от друга. Во первых, интенсивность в их линии гидросульфферрита кальция на рентгенограмме (рисунок 3.8.), значительно слабее по сравнению с интенсивностями соответствующих линий (рисунок 3,9).

Во-вторых, линий фазы гидроксидов кальция на образце (рисунок 3,8) заметно интенсивнее соответствующих линий (рисунок 3,9).

Это говорит о том, что шлакощелочные легкие бетоны на основе кукурузных отходов без добавок сильно замедляется или снижается процесс гидратации вяжущего состава.

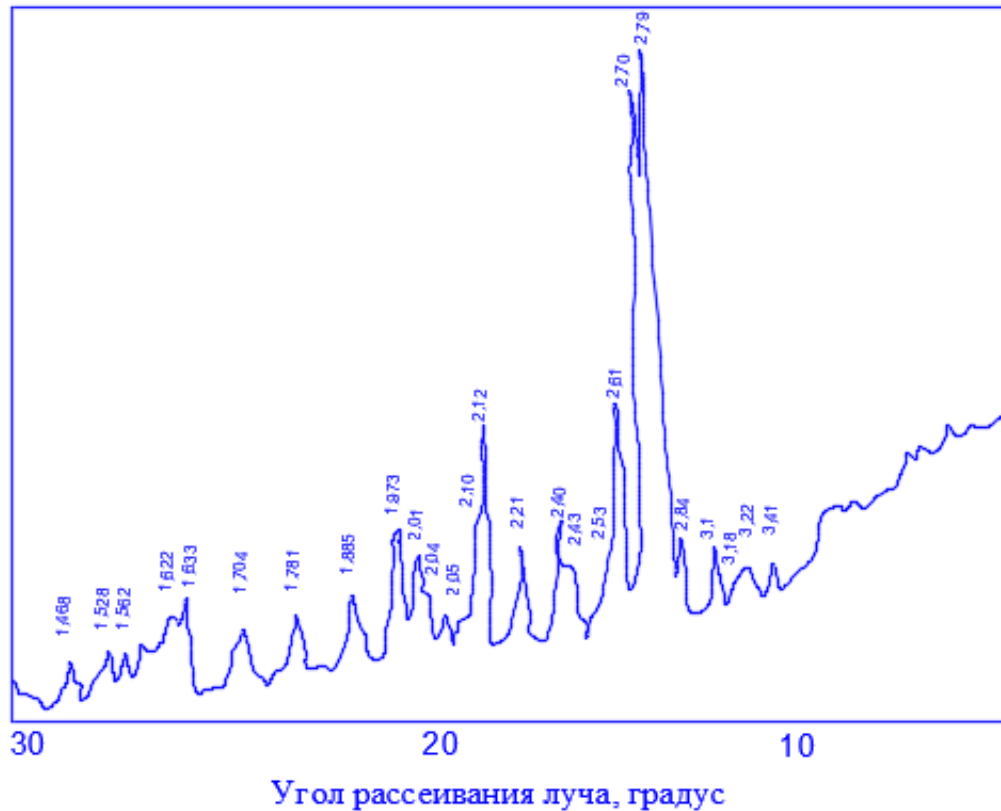


Рисунок 3.8 - Рентгенограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками 3% гипса и золы-уноса

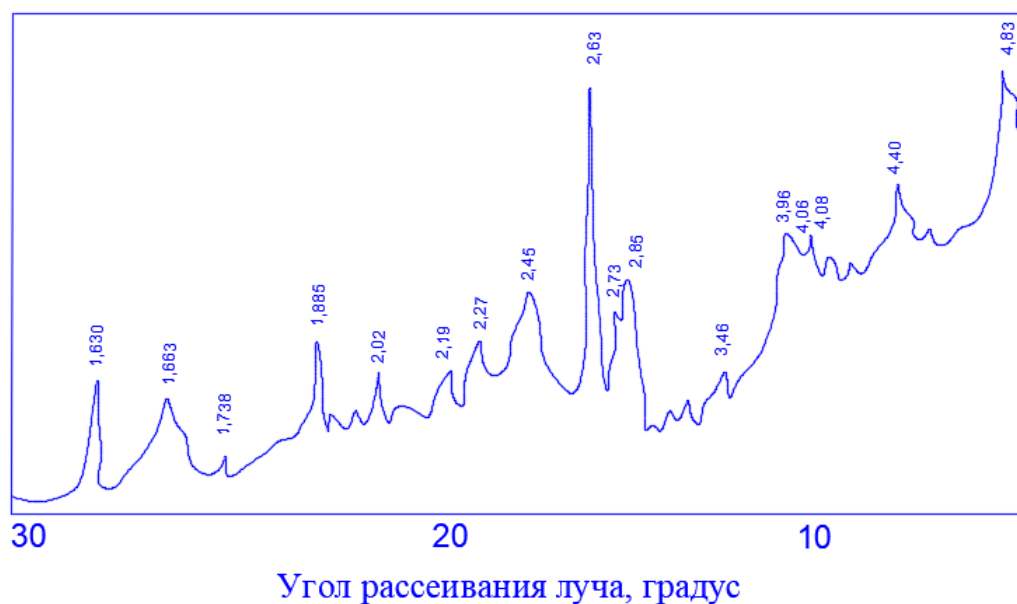


Рисунок 3.9 – Рентгенограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих без добавок

На рисунках 3,10 и 3,11 приведены рентгенограммы легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками 7 % портландцементного клинкера и золы-уноса и без них.

Сравнение рентгенограммы образцов (рисунки 3,10 и 3,11) показывают, что они сильно отличаются друг от друга.

Во первых, интенсивность в их линии гидросульфферрита кальция на рентгенограмме рисунок 3,11 значительно слабее по сравнению с интенсивностями соответствующих линий рисунок 3.10.

Это свидетельствует о положительном влиянии добавок на основе клинкера портландцемента 7% и золы-уноса в состав легкого бетона на основе кукурузных отходов на процесс гидратации вяжущего состава.

Это указывает на то, что гидроксид кальцита присутствует в образцах гораздо большем количестве и что процессы гидратации в образце протекают значительно более концентрированно.

Данные рентгенофазового анализа подтверждены термографическим анализом.

Эндотермические и экзотермические эффекты, видимые на термограммах при 325К, 460К, 800К и 825К, соответствуют удалению гидратационной воды и кристаллизации псевдо-борастонита и волластонита (рисунок 3.12).

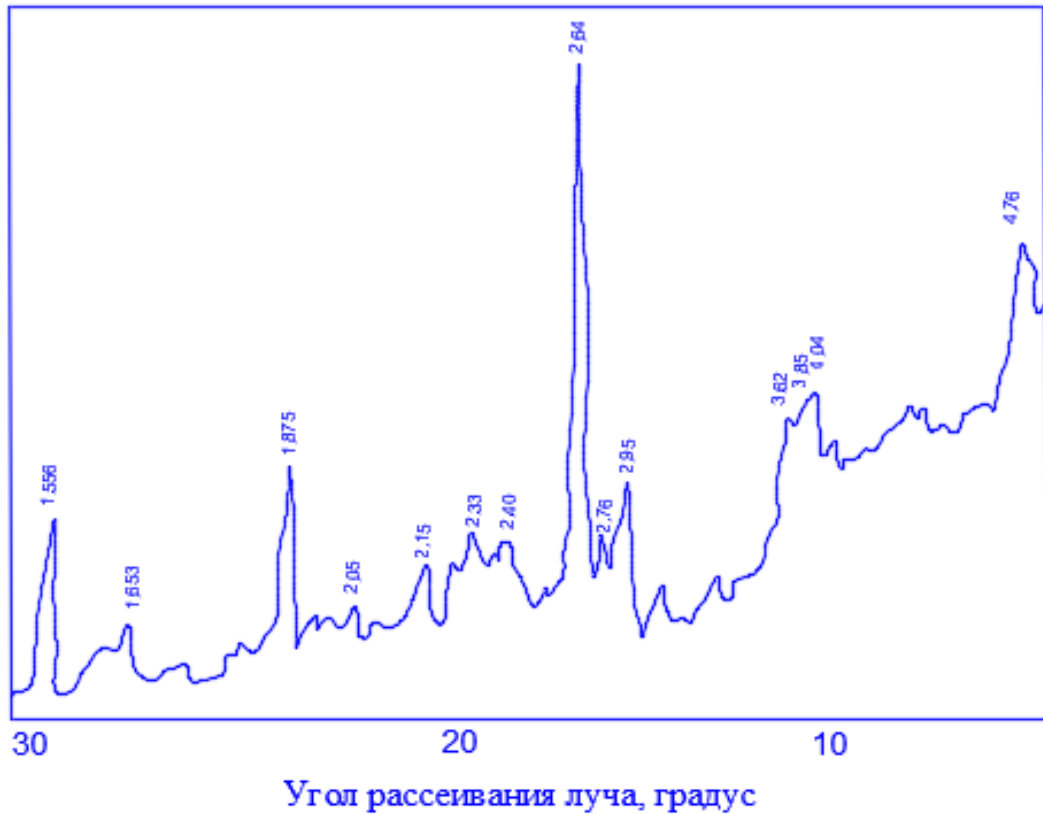


Рисунок 3.10. – Рентгенограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов шлакощелочных вяжущих композиции с добавками 7 % портландцементного клинкера и золы-уноса

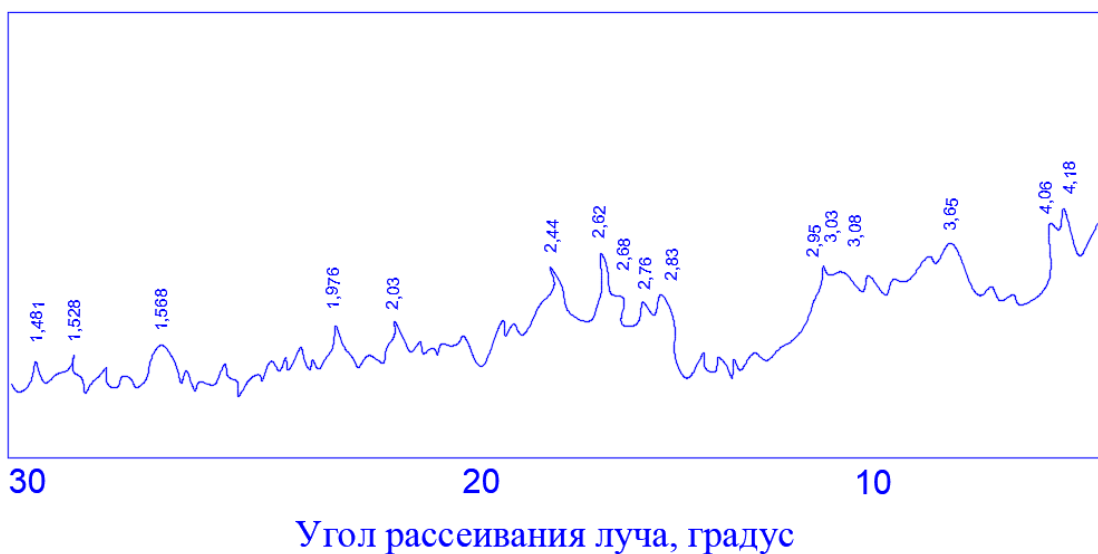


Рисунок 3.11. – Рентгенограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов без добавок

О присутствии указанных новообразований, в том числе трукоттита, свидетельствуют также характерные для них эндо- и экзоэффекты (рисунки 3.12 и 3.13), что подтверждает вяжущие свойства композиции.

В этом свидетельствуют также эндо- и экзотермические эффекты при температурах 670 и 840 К, соответствующие обезвоживанию гидросиликатов кальция.

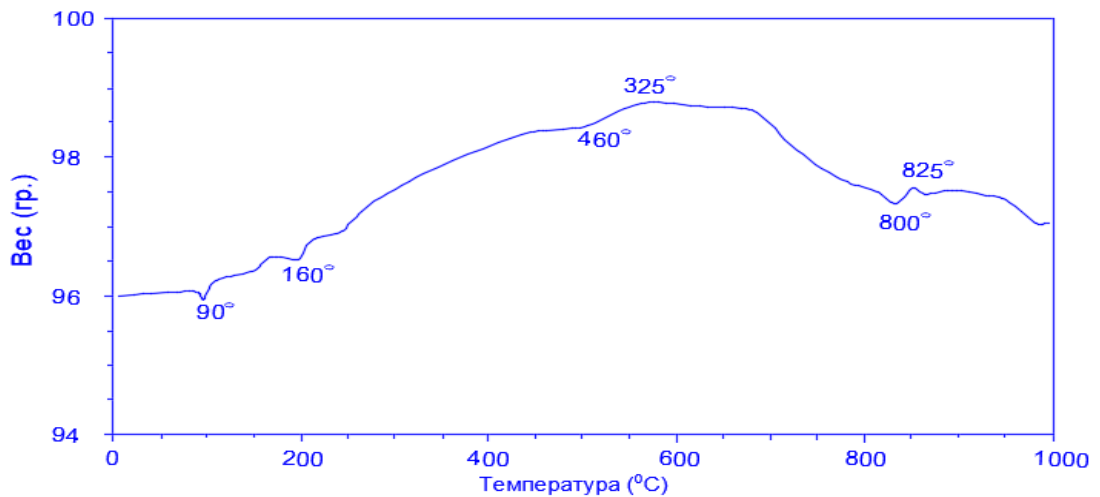


Рисунок 3.12 – Термограмма образца легкого бетона на основе кукурузных отходов со смешанной добавкой (ССФШЗУП), состоящей из смеси сульфата натрия, фосфорного шлака, золы-уноса и 7% портландцементного клинкера от массы шлака

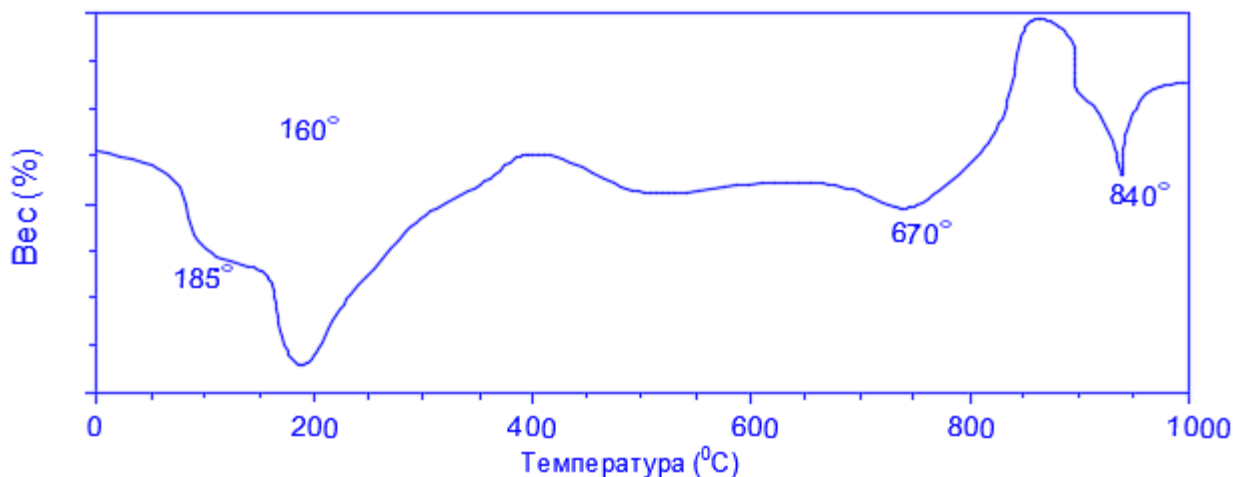


Рисунок 3.13. - Термограммы легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками золы-уноса и 3% портландцементного клинкера

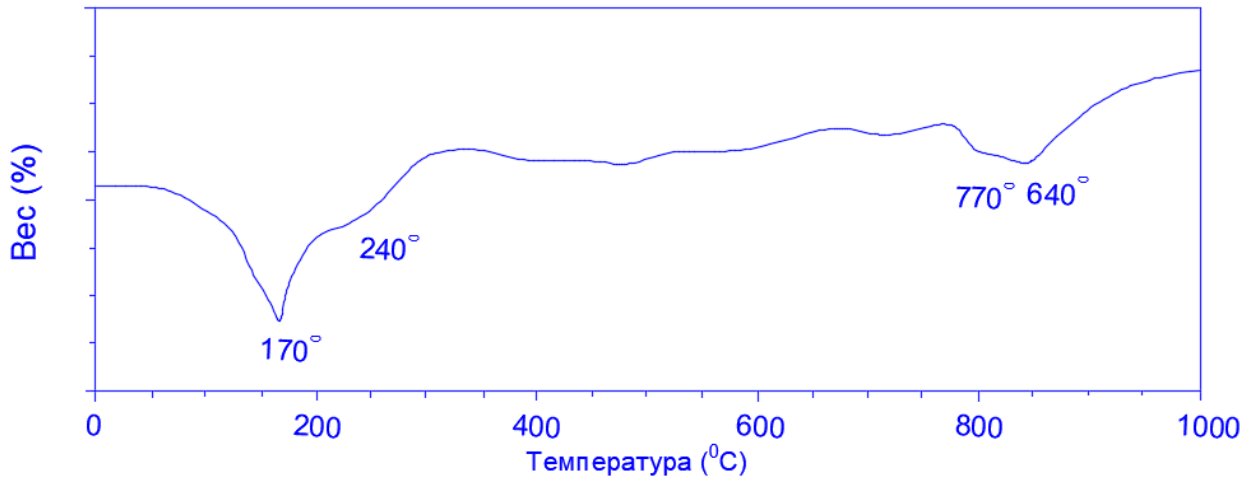


Рисунок 3.14 - Термограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками 3% гипса и золы-уноса

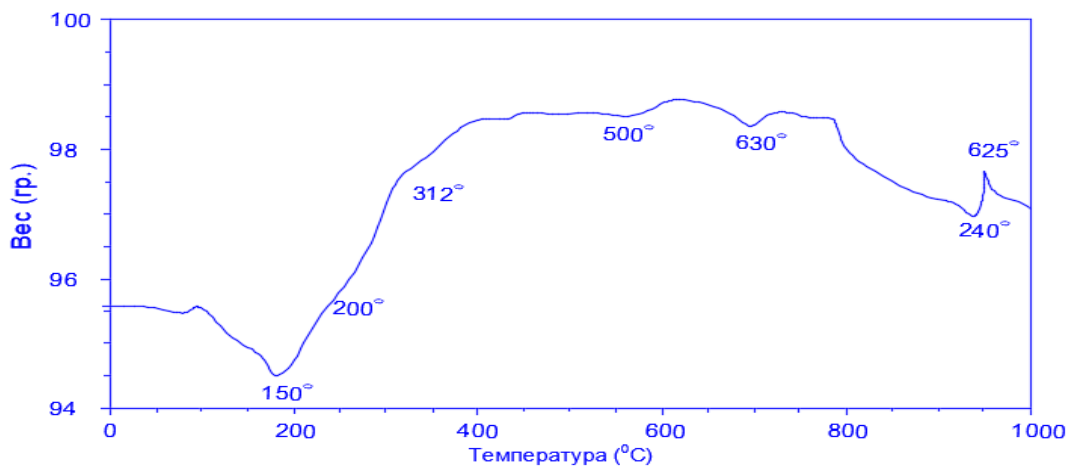


Рисунок 3.15 – Термограмма легкобетонных образцов на основе кукурузных отходов без добавок

Для удаления водозэкстрагируемых веществ из состава кукурузных отходов были проведены опытные работы по испытанию образцов шлакощелочного легкого бетона в смеси с водой в условиях двухсуточной водной экстракции.

Испытание образца шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов, замешанного с водой в 2-суточной водной вытяжке, показало, что водоэкстрагируемые вещества, содержащиеся в вытяжке, обладают высокой совместимостью с растительным органическим наполнителем (кукурузные отходы) не оказывает положительного влияния на прочностные свойства.

Полученные данные при проведении опытно-экспериментальных работ по исследованию прочностных характеристик шлакощелочных легких бетонов на основе с различными добавками затворенных водой приведены в таблицы 3.2 и 3.3, и рисунок 3.15.

Таблица 3.2. Прочностные характеристики шлакощелочных легких бетонов на основе с различными добавками затворенных водой

№ п/п	Наименование вяжущего	Предел прочности при сжатии, МПа, через сут.					
		1	3	7	14	28	56
1	Вяжущее на ССФШЗУП	15,2	22,1	22,5	24,9	26,1	29,7
2	Портландцемент	14,1	21,0	22,0	22,7	24,0	28,0
3	Шлакощелочные вяжущие с добавками золы-уноса и жидкого стекла	8,3	14,2	15,0	21,0	22,3	24,0
4	Шлакощелочные вяжущие с добавками 3% гипса и золы-уноса	8,2	14,1	14,9	20,7	22,1	23,8
5	Шлакощелочные вяжущие без добавок	5,7	12,1	13,3	17,8	19,1	20,2

Прим. ССФШЗУП – *вяжущее состоящих из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного клинкера от массы шлака*

Таблица 3.3. Физико-механические характеристики шлакощелочных легких бетонов с различными добавками

№ п/п	Наименование вяжущего	Предел прочности при сжатии, МПа, сут.					
		1	3	7	14	28	56

1	Легкий бетон на основе кукурузных отходов на ССФШЗУП	1,51	2,11	2,29	2,59	2,97	3,71
2	Легкий бетон на основе кукурузных отходов на портландцементе	1,42	2,11	2,20	2,29	2,41	2,82
3	Легкий бетон на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками золы-уноса	1,31	1,92	2,31	2,40	2,73	2,87
4	Легкий бетон на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками 3% гипса и золы-уноса	1,43	15,7	1,99	2,39	2,71	2,88
5	Легкий бетон на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих без добавок	1,22	1,31	1,73	1,98	2,11	2,52

Прим. ССФШЗУП – вяжущее состоящих из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного клинкера от массы шлака

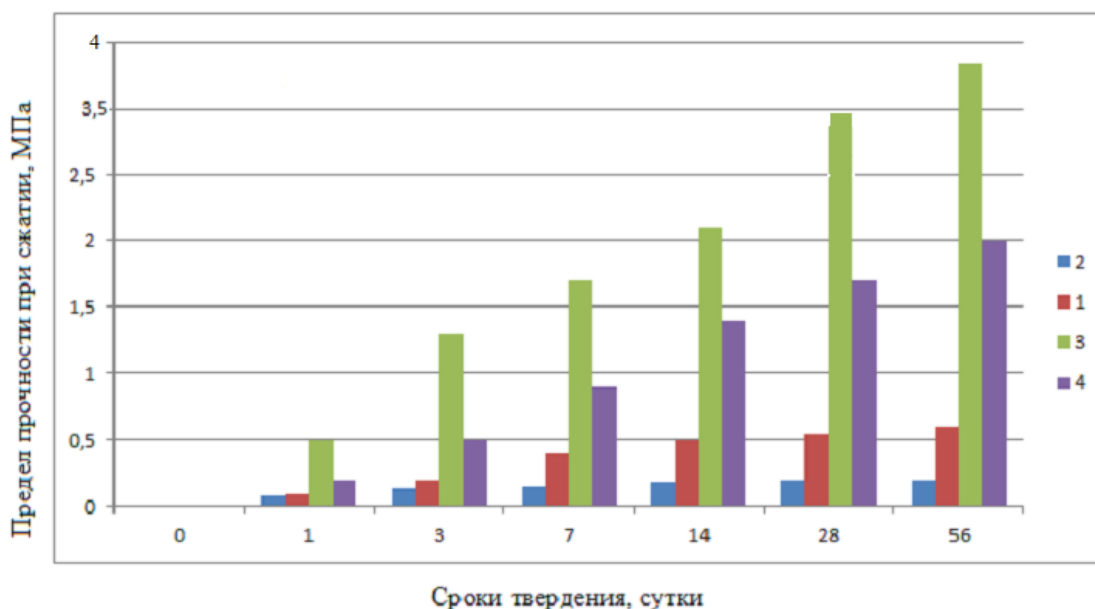


Рисунок 3.16. - Нарастание прочности легкого бетона на основе кукурузных отходов на основе различных смешанных добавок

1- Легкий бетон на основе кукурузных отходов на портландцементе; 2 - Легкий бетон на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками золы-уноса и жидкого стекла; 3 - Легкий бетон на основе кукурузных отходов на ССФШЗУП; 4 - Легкий бетон на основе кукурузных отходов на шлакощелочных вяжущих с добавками 3% гипса и золы-уноса

Установлено, что водная экстракция в течение 2 суток частично вымыла водоэкстрагированные вещества кукурузных отходов, смешанные с водой, а

оставшиеся на поверхности органические наполнители усиливали химическую активность растительных целлюлозных наполнителей как нейтрализатор.

После первичной обработки целлюлозного органического заполнителя шлакощелочным водным раствором, вредное воздействие поверхностно-активных веществ на шлакощелочное вяжущее снижается, и создаются условия гидратации вяжущих составов в зоне контакта органического заполнителя с шлакощелочным вяжущим веществом.

Для дальнейшего ускорения гидратации шлакощелочного вяжущего в состав вяжущего вводят минеральных добавок виде золы-уноса, жидкого стекла и 7% портландцементного клинкера.

Общее количество экстрагируемых водой кукурузных початок составляет 2-5% по весу, из которых стеблевой сахар составляет 0,091%, а коровый сахар - 1,73%.

По итогам экспериментальных работ по двухсуточной водной вытяжкой затворенные водой органического заполнителя можно сделать следующие выводы:

- водные экстракты кукурузных отходов, содержащиеся в воде замачивания, не теряют прочностных свойств при смешивании со шлакощелочными вяжущими. количественный состав сахаров в водной вытяжке по отношению к массе шлакощелочного вяжущего составляет 0,09-0,1мас. %;

- снижение прочностных характеристик при включении шлакощелочного вяжущего и его компонентов в легкие бетонные смеси на основе растительных отходов обусловлено более высокой концентрацией сахара в водно-экстрагированном веществе на поверхности заполнителя на основе органических кукурузных отходов, когда количество сахара превышает 0,1% по массе шлакощелочного вяжущего.

- нарастания прочности шлакощелочных вяжущих на основе фосфорного шлака, золы-уноса и 7% портландцементного клинкера и щелочного раствора на основе жидкого стекла со содосульфатной смесью в составе легкого бетона на основе кукурузных отходов не снижается, при наличии сахаров предельного

содержания его в кукурузных отходах 1,1 % от массы шлакощелочного вяжущего. Но эти смешанные добавки на кинетику нарастания прочности легкого бетона на основе кукурузных отходов влияют незначительно;

- придающим прочность легкому бетону на основе кукурузных отходов, является шлакощелочные вяжущие составы на основе фосфорного шлака, золы-уноса и 7% портландцементного клинкера и щелочного раствора на основе жидкого стекла со содосульфатной смесью, поэтому для этого легкого бетона на основе отходов растительности рекомендуются шлакощелочные вяжущие вещества.

Было установлено, что расход нейтрализатора зависит от удельной площади поверхности органического наполнителя и количества сахара на поверхности кукурузного початка, а расход ускорителя твердения зависит от шлакового связующего. Видно, что это зависит от количества и состава и потребление нейтрализаторов. Однако при использовании этих смешанных добавок скорость набора прочности легкого бетона на основе кукурузных отходов должна соответствовать и даже превосходить требования стандарта.

3.4. Подбор оптимального гранулометрического состава, вида и формы отходов при измельчении для получения легкого бетона на основе кукурузных отходов

Кукурузные отходы, как и другие растительные материалы, содержат растворимые в воде вещества, в том числе сложные органические соединения.

Данное исследование показывает, что при хранении кукурузных отходов на открытом воздухе водорастворимые компоненты уменьшаются из-за климатических воздействий (Таблица 3.4).

Таблица 3.4 Изменение химического состава и влажности кукурузных отходов, % по массе

Время сборки урожая и изъятия пробы	Влажность	Химический состав, %					
		Легко-гидролизуемые вещества	Трудно-гидролизуемые вещества	Растворимые в воде продукты	Лигнин	Зольность	Другие
Ноябрь	64,7-65,1	15,9-16,3	31,6-32,1	14,9-15,3	20,4-21,1	8,6-8,9	8,3-8,9
Март	23,9-24,2	16,2-17,1	33,7-34,1	10,6-11,2	29,9-30,5	5,7-6,1	1,3-1,8
Июль	9,14-9,3	17,0-17,4	31,9-32,3	3,6-4,2	30,1-30,6	3,1-3,5	6,7-7,0

Установлено, что длительное хранение кукурузных отходов на открытом воздухе вызывает ферментативный гидролиз полисахаридов растительных клеток, что приводит к их растворимости в воде.

Поскольку кукурузные отходы можно собирать только один раз в год, для очистки целлюлозных органических заполнителей с целью производства легкого бетона необходим длительный процесс старения.

На твердение легкого бетона на основе отходов растительности из композиционного шлакощелочного вяжущего и измельченных кукурузных отходов водорастворимые вещества неблагоприятное воздействие существенно отрицательно не оказывают.

Технология производства легких бетонов на основе растительных отходов со щелочношлаковым вяжущим имеет много преимуществ по сравнению с применением цемента. В отличие от легких бетонов на портландцементе, в шлакощелочных легких бетонах на основе отходов растительности могут использоваться древесные отходы не только хвойных, но и лиственных пород, которые могут содержать в составе таких отходов кору.

При использованиях шлакощелочных вяжущих растворов в составе легких бетонов отпадает необходимость предварительной обработки всех видов целлюлозных органических заполнителей минерализаторами, обязательной при применении в качестве вяжущего портландцемента.

Это объясняется высокой щелочностью шлакощелочного вяжущего раствора, которая нейтрализует отрицательное влияние присутствующих в древесных и других растительных органических заполнителях водорастворимых веществ и, тем самым, позволяет получать строительные материалы и конструкции с

достаточно высокими строительно-техническими и эксплуатационными характеристиками.

Учитывая все факторы, доказанные методы и методики предшественников при изготовлении легких бетонов на основе отходов растительности, в исследованиях мы решили использовать методы замачивания кукурузных отходов и удаление водозэкстрактивных веществ водной вытяжкой.

Производство легкого бетона на основе свежих кукурузных отходов без предварительной обработки затруднительно. Известно, что он замачивает измельченную древесину и растительные отходы на 15 минут [80-89,169]. Выдерживание до 24 часов и удаление водоизвлекаемых компонентов улучшают показатель прочности легкого бетона на основе растительных отходов.

Однако такой обработки недостаточно для нейтрализации действия водорастворимых компонентов сырых кукурузных початков. В результате получается строительный материал или изделие, обладающее определенной прочностью легкого бетона. Замачивание выдержанных кукурузных отходов может дополнительно увеличить прочность легкого бетона на основе кукурузных отходов на 15-30%.

Высвобождение водорастворимых веществ из кукурузных отходов в процессе мацерации начинается в момент добавления воды и проявляется в виде темного цвета водного экстракта и образования коллоидной дымки из мелких частиц в суспензии кукурузного отхода. Их размер варьируется от 5 до 30 микрон.

Как показывают наши исследования влияния водорастворимых веществ в кукурузных отходах на формирование структуры при испытаниях шлакового щелочного вяжущего, эти вещества, а также гидрофильные поверхностно-активные вещества оказывают положительное влияние на начальное формирование шлакового щелочного камня [58,138].

Было установлено, что прочность шлакового щелочного камня снижается, если образцы отверждаются в воздушно-сухом состоянии.

Это подтверждает наш предыдущий вывод о том, что кукурузные отходы должны быть предварительно очищены от водорастворимых материалов, чтобы повысить прочность легкого бетона, изготовленного из растительных отходов.

Подготовка оптимального фракционного состава кукурузных отходов для производства легкого бетона на основе растительных отходов связана с отсутствием специализированного дробильно-размольного оборудования для данного вида растительного материала. Поэтому измельчители, дробилки и оборудование, уже используемые в сельскохозяйственном и промышленном производстве, следует выбирать для разных целей.

Для измельчения кукурузных початок использовали измельчительную машину Tazz K32 с выходным решетом с небольшими отверстиями от 15 до 40 мм.

Основным требованием при выборе состава легкого бетона на основе кукурузных отходов является получение заданных значений средней плотности и прочности на сжатие образцов легкого бетона при минимально возможном расходе шлакощелочных вяжущих, что в равной степени зависит от фракционного состава целлюлозоорганического наполнителя из кукурузных отходов [41,70,117].

Для определения оптимального фракционного состава кукурузных отходов для производства легких бетонов проведены экспериментальные исследования на образцах различными размерами частицы органического заполнителя (длинами измельченных кукурузных отходов 10, 20, 30 и 40мм) шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов.

Для проведения исследования определяли активность композиционных шлакощелочных вяжущих растворов методом испытания по ГОСТ 10180-2012. Стандартные образцы размерами 100x100x100 мм изготавливали из шлакощелочной легкобетонной смеси (композиционные шлакощелочные вяжущие растворы: измельченные кукурузные отходы) при растворо-заполнительном отношении $R/Z = 1,4$, твердевших 28 суток в нормальных условиях при температуре $(20\pm 3)^\circ\text{C}$. Прочность шлакощелочного легкого бетона

на основе кукурузных отходов измеряли на образцах размерами 100x100x100 мм, выдержанных в соответствующих условиях.

Часть образцов была обработана термической влажностью при температуре $80\pm 5^{\circ}\text{C}$ для ускорения процесса отверждения шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов. Прочность образцов была проверена через 1, 3, 7, 14, 28, 90, 180, 360 и 720 дней после тепло-влажностной обработки.

Для исследования были изготовлены четыре серии образцов из шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов разной длины 10, 20, 30 и 40 мм.

По результатам экспериментальных работ установлено, что увеличением размеров частиц органического заполнителя из кукурузных отходов средняя плотность легкого бетона уменьшается, а пределы прочности при сжатии увеличивается. Это объясняется тем, что органический заполнитель на основе кукурузных початок служат как армирующий материал и могут нести большую нагрузку. Проведенные исследования позволяют целенаправленно планировать производство шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов различной прочности в зависимости от доли зерен или длины измельченного органического заполнителя.

Влияние размера частиц органического заполнителя из кукурузных отходов на прочностные характеристики легкого бетона на основе отходов растительности показано в таблице 3.5. Как видно из таблицы 3.5. средняя плотность легкого бетона уменьшается, а прочность на сжатие увеличивается с увеличением размера частиц органического заполнителя из кукурузных отходов. Поэтому в дальнейших исследованиях использовали кукурузные початки с размерами до 40 мм.

Таблица 3.5. Изменение прочностных свойств легких бетонов по групповым зернам материала кукурузных отходов

№	Размеры	Физико-механические свойства изделий из легкого бетона на основе
---	---------	------------------------------------------------------------------

п/п.	кукурузных отходов, мм	растительных отходов			
		Средняя плотность легкого бетона на основе сухих кукурузных отходов, кг/м ³	Предел прочности при осевом сжатии, МПа	Марка по прочности при осевом сжатии	Класс по прочности при осевом сжатии
1	10-15	700	3,11	М 30	В 2,5
2	15-20	680	2,83	М 25	В 2
3	25-30	650	2,85	М 25	В 2,5
4	35-40	620	3,71	М 35	В 3,0

Расходы составляющих компонентов шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6. Расходы составляющих компонентов легких бетонов смеси на основе кукурузных отходов на 1 м³ бетона

№ п/п.	Легкий бетон на основе кукурузных отходов класса (марки)	Расход компонентов на 1 м ³ легкого бетона на основе кукурузных отходов, кг					
		Заполнитель из кукурузных отходов, кг	Щелочной раствор, л		Фосфорный шлак, кг	Портландцемент, кг	Зола-унос
			ССС	ЖС			
1	В 2,0 (25)	150	130	150	210	40	165
2	В 2,0 (25)	160	120	160	220	50	170
3	В 2,5(25)	170	130	150	230	60	175
4	В 3,0 (35)	180	140	140	240	70	180

Прим.: СССР-Содосульфатная смесь; ЖС-Жидкое стекло

Экспериментально установлено, что предварительная обработка органического растительного сырья щелочным раствором для удаления гидролизуемых и водорастворимых веществ повышает качество легких бетонов на основе кукурузных отходов.

Исследование также показало, что увеличение размера частиц кукурузных отходов снижает среднюю плотность легкого бетона и увеличивает прочность бетона.

3.5. Влияние физических свойств кукурузных отходов на физико-механические свойства легкого бетона на основе отходов растительности

Для исследования влияния физических свойств кукурузных отходов на физико-механические свойства легкого бетона на основе отходов растительности проводилось следующей схеме технологической последовательности. Кукурузные отходы 2021г. урожая, хранившиеся на открытом воздухе, имеющие влажность 8% по массе, подвергали дроблению на измельчительном машине марки Tazz K32, предназначенного для регулирования фракционного состава получаемых частиц кукурузных отходов, на стандартной решето-сите с размерами отверстий: 10мм, 15мм, 20мм, 25мм, 30мм, 35мм, 40мм.

Для получения истинных физико-механических свойств разрабатываемого органического заполнителя, мы провели опытные исследования по определению физического свойства и фракционные составы измельченных кукурузных отходов.

Для определения физического свойства, измельченных кукурузных отходов мы определяли их среднюю плотность и водопоглощение на лабораторных приборах и оборудовании по стандартной методике.

Также определяли фракционный состав измельченных кукурузных отходов на стандартных ситах с отверстиями 40мм, 20мм, 10мм, 5мм, 2,5мм и менее 2,5мм % по массе.

В ходе нашего исследования было установлено, что шестая проба проб кукурузных отходов была получена при помощи сита с диаметром отверстий 35мм.

При измельчении кукурузных початок с влажностью 65 массовых % и 70 массовых % седьмой образец помещают на сито с диаметром отверстий 40 мм.

Одним из основных факторов, влияющих на физические свойства молотых кукурузных отходов, является содержание влаги и состав органических заполнителей частиц корки (см. таблицы 3.7 и 3.8). Физические свойства и фракционный состав измельченных кукурузных отходов приведены в таблице.3.7 и 3.8.

Таблица 3.7. Физические свойства измельченных кукурузных отходов

Номер пробы опыта	Решета с диаметром отверстий, мм	Средняя плотность органического заполнителя, кг/м ³	Водопоглощение за 15 мин., по % массе	Содержания органического заполнителя, % по массе	
				Корки кукурузных початок	Влажность
1	10	130-150	180	20-25	8
2	15	120-130	190	20-25	8
3	20	110-115	200	17-20	8
4	25	105-108	170	16-17	50
5	30	101-105	175	10-12	60
6	35	97-103	160	8-10	65
7	40	100-110	210	6-9	70

Таблица 3.8 Фракционный состав измельченных кукурузных отходов

Номер пробы опыта	Решета с диаметром отверстий, мм	Частные остатки на стандартных ситах, % по массе					
		40	20	10	5	2,5	Менее 2,5
1	10	-	-	2-4	26-29	38-42	38
2	15	-	5-7	5-9	36-40	27-41	37
3	20	2-3	7-8	10-15	46-48	21-27	20
4	25	8-15	6-8	9-13	36-38	22-25	21
5	30	17-25	7-9	20-23	21-25	12-17	7-9
6	35	27	9	15	29	19	7
7	40	30	18	11	21	20	7

Из таблиц 3.1 и 3.2 видно, что измельчение кукурузных отходов в 6-х и 7-х пробах кукурузных отходов с влажностью от 65 до 70% масс. привело к укрупнению органической фракции заполнителя. Для образца 2.5, содержащего фракции 35-40 мм, степень вытеснения составила 91-92%, для более мелких фракций 2,5 мм и менее она была значительно снижена на 7%.

При дроблении кукурузных отходов в образцах 8-1 с содержанием влаги 3% по массе они стали хрупкими, и при дроблении образовалось много мелких фрагментов (менее 2,5 мм), из этих образцов было получено от 18 до 38% собранной массы.

Результаты испытаний также показали, что отходы измельчения кукурузных отходов влажностью 7% массы, в пятой пробе образцов фракция 40 мм составляет 17-25% массы, и менее 2,5 мм - 7-9% массы.

Таким образом, для дальнейшего исследования мы приняли пятой, шестой и седьмой пробы образцов с размерами диаметров 30, 35 и 40 мм.

[51] известно, что качество светлого древесно-бетонного камня зависит от качества органического наполнителя, главным образом от фракционного состава камня и качества содержащихся в нем солей.

Установлено, что введение смешанных добавок из золы-уноса и портландцементного клинкера в состав легкого бетона на щелочных растворах, состоящих из растительных отходов и смесей жидкого стекла и содосульфатной смеси, приводит к появлению новых гидратированных соединений. Их наличие повышает степень гидратации шлаковых вяжущих в легких бетонах на основе кукурузных отходов. Эти данные подтверждаются анализами рентгенограмм, термограмм и петрограмм (рисунки 3.4 и 3.15).

Таким образом, экспериментальные данные показывают, что основная прочность легкого бетона на основе кукурузных отходов обусловлена следующими факторами: наличие шлакощелочных вяжущих на основе щелочных растворов, но они способны гидратироваться только при введении минеральных добавок портландцементного клинкерного и золы-уноса.

Водорастворимые вещества, такие как поверхностно-активные органические наполнители (например, кукурузные отходы), обволакивают частицы шлакощелочного вяжущего по адсорбционному механизму [35,46,72,163].

Этот слой препятствует глубокому проникновению воды для смачивания шлакощелочных вяжущих минералов с образованием отдельных фракций, покрытых ПАВ, разрыхляет структуру шлакощелочного вяжущего камня и ухудшает контакт (адгезию) между шлакощелочным вяжущим камнем и органическим наполнителем.

Процесс замачивания органического заполнителя очищает его поверхность от измельченных частиц, коры, хвои и листовых примесей, образующихся при измельчении кукурузных отходов, и других показателей состояния заполнителя. Разница между измельченной кукурузной стружкой и древесной стружкой заключается в наличии или отсутствии сора и коры.

В нашем экспериментальном исследовании при изучении влияния этих факторов на физико-механические свойства легкого бетона на основе кукурузных отходов использовались сита с диаметром отверстий 10, 15, 20, 25 и 30 мм., 35 и 40 мм, для семи составов легких бетонных смесей на основе кукурузных отходов (таблица 3.8.).

Исследования влияния фракции измельченных кукурузных отходов на свойства изучаемого легкого бетона показало, что использование в легком бетоне на основе кукурузных отходов органического заполнителя с большим содержанием крупных фракций от 30 до 40 мм (таблица 3.8 состав 1 и 3.9) не очень активно повышается средняя плотность легкого бетона и при этом прочность его повышается очень существенно и в 28 суточном возрасте достигает до 3,5 МПа.

При использовании дробленых кукурузных отходов со значительным содержанием больших долей (составы 6 и 7) в легком бетоне на растительной основе с наличием частиц корки 6-10% от массы кукурузных отходов ухудшается смешиваемость формовочной смеси (установлено визуально), становится затруднительным получение легкого бетонного раствора однородной по объему

массы, увеличиваются модуль сжатия и удельное давление прессования при производстве строительных изделий (рисунок 3.17).

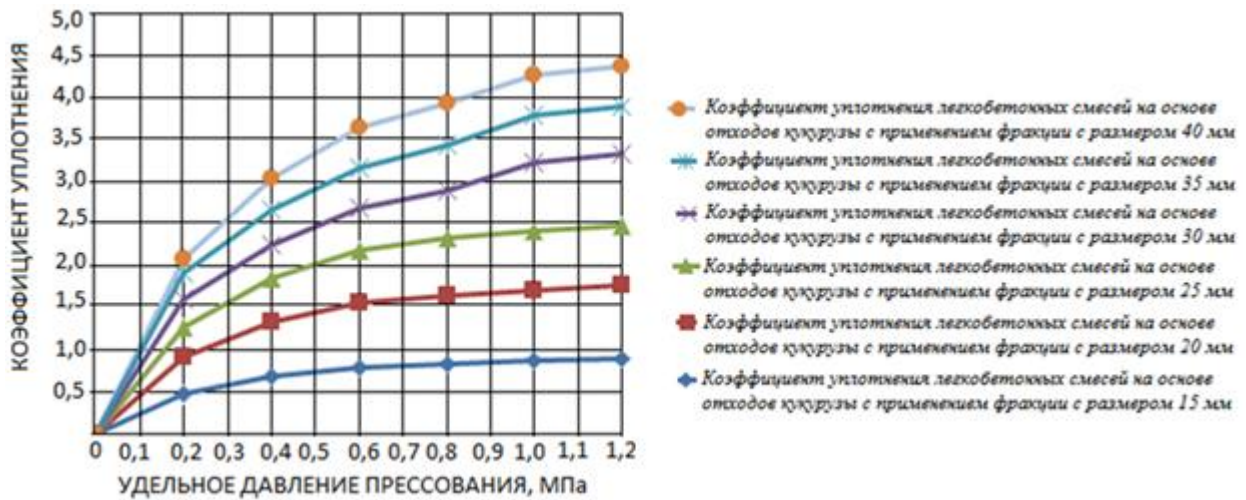


Рисунок 3.17. Влияние удельного давления прессы на модуль сжатия

Эти факторы приводят к получению легкого бетона с относительно не высокой прочностью 1,3МПа в 28-суточном возрасте, что усложняет технологию его производства. Прочность легкого бетона, изготовленного из растительных отходов, также снижается из-за того, что кукурузная шелуха и стебли не полностью отделяются при измельчении кукурузных отходов, что снижает адгезию шлакощелочного вяжущего к стеблям. Этот более крупный кусок с меньшей средней плотностью и равным общим расходом легкого бетона на единицу объема требует большего давления для уплотнения (формования) смеси. Таким образом, упругая деформация (релаксация) легкого бетона на основе кукурузных отходов заканчивается через 24 часа и более, что дает больше времени для сохранения формы изделия.

Это снижает текучесть опалубки, или, если опалубка не сформировалась через 24 часа, выраженные напряжения в конструкциях из легкого бетона вызывают изменение геометрии изделия. Установлено, что при увеличении удельного давления прессования при формованиях изделий более 0,7-1,2 МПа приводит к выделению жидкости вяжущего раствора составов 1, 3, 5 и 7 (рисунок 3.18).

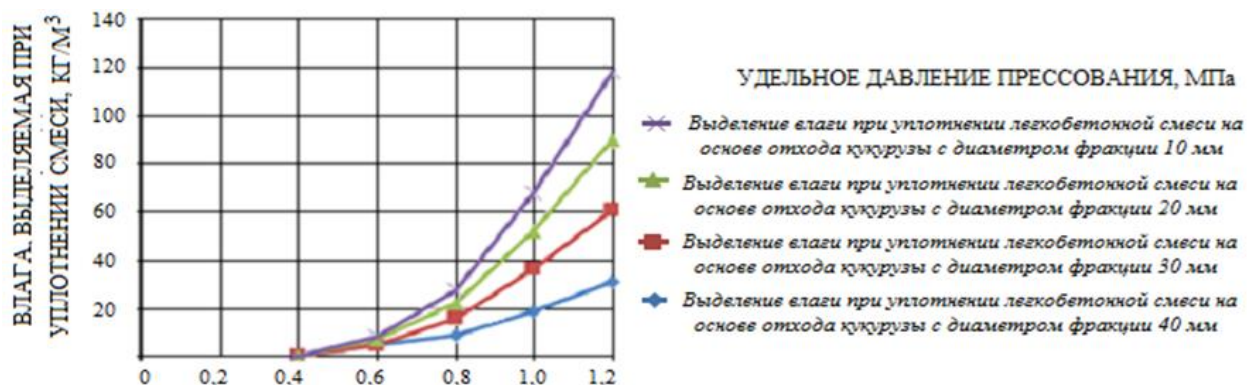


Рисунок 3.18. Влияние удельного давления прессования на влаговыделение легких бетонных смесей на основе кукурузных отходов

Подтверждено также, что влага, накопившаяся в органическом заполнителе при замачивании, в нормальных условиях не улетучивается без дополнительных технических мероприятий.

Удаление воды из состава легкого бетона на основе кукурузных отходов возможно только физическими методами: прессованием, вакуумированием или сушкой изделия.

При наличии большого количества влаги вместе скопления массы при уплотнении и уплотнении смеси выдавленная из смеси влага уносит вяжущий раствор и добавки, в результате чего в затвердевшем легком бетоне образуются поры, приводит к большому расходу шлакощелочных вяжущих и усложняет технологические процессы изготовления строительных материалов и изделий.

В ходе исследования проведены работы по определению составов легкого бетона в зависимости от фракционного размера органических заполнителей на основе кукурузных отходов и их физико-механические свойства.

Установлено, что наибольшей прочностью обладают составы легкого бетона, применяемые в качестве органического заполнителя на основе кукурузных отходов с фракционным диаметром 35-40 мм.

Предел прочности при сжатии этих материалов в 7 суточном возрасте составляет 2,27 и 2,51 МПа, а в 28 суточном возрасте достигает 3,41 и 3,64 МПа,

соответственно. Средняя плотность разрабатываемых легких бетонов составляет 600 и 590 кг/м³ соответственно, и они обладает теплопроводностью 0,07 Вт/(м⁰С). В таблице 3,9 и 3,10 приведены предлагаемые составы легкобетонных смесей в зависимости от фракционного размера органических заполнителей на основе кукурузных отходов и их физико-механическая свойства.

Таблица 3.9 Предложение состава легкобетонной смеси по фракционному размеру органического заполнителя на основе кукурузных отходов

Наименование составляющих компонентов легкого бетона на основе кукурузных отходов	Составы легкобетонных смесей, % по массе на органических заполнителях, полученных размерами фракции, мм						
	10	15	20	25	30	35	40
Измельченные кукурузные отходы, %	33,5	33	32,5	30	31	31,3	31,5
Фосфорный шлак, %	16,5	17	17,5	20	19	18,7	18,5
Содосульфатная смесь, %	10,5	11	11,5	10	9,5	9,5	8,5
Жидкое стекло, %	9,5	9	8,5	10	10,5	10,5	11,5
Портландцементный клинкер, %	10,5	11	11,5	10	11,5	11,2	9,7
Зола-унос, %	19,5	19	18,5	20	18,5	18,8	18,5

Таблица 3.10. Физико-механическая свойства легкого бетона на основе кукурузных отходов

№ п/п	Свойства	Свойства легкого бетона при использовании органического заполнителя на основе кукурузных отходов размерами фракции, мм						
		10	15	20	25	30	35	40
1	Предел прочности при сжатии, МПа при сроках твердения: - 7 суток - 28 суток	1,72	1,83	1,87	1,91	1,97	2,27	2,51
		1,57	1,94	2,56	2,87	3,19	3,41	3,64
2	Средняя плотность, кг/м ³	630	630	620	610	610	600	590
3	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м ⁰ С)	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07
4	Морозостойкость, Мпрз не менее	25	25	25	25	25	25	25

Далее в исследованиях мы будем использовать в качестве органического заполнителя измельченные кукурузные отходы с фракционным диаметром 35 и 40мм.

По сравнению с органическими заполнителями, полученными с применением сит с фракциями 10, 15, 20 и 25 мм, дробленые кукурузные отходы, полученные с применением сит с фракциями 30, 35 и 40 мм - легкие на основе отходов растений с относительно высокими физико-механическими свойствами, такими как средняя плотность и наиболее экономичное вяжущее вещество. Было доказано, что можно производить бетонные изделия. Полученные результаты также позволяют повысить технологичности и уменьшение времени для достижения однородности легкогобетонной смеси на основе кукурузных отходов.

Также установлено, что получить оптимальную и однородную структуру легкого бетона на основе отходов растительности.

Нашими экспериментальными исследованиями доказано, что наиболее оптимальными фракциями для получения теплоизоляционно-конструкционного легкого бетона на основе отходов растительности являются измельченные кукурузные отходы, полученные с диаметром фракции 30, 35 и 40 мм.

3.6. Изучение влияния физико-механических свойств легкого бетона на основе кукурузных отходов от расхода шлакощелочного вяжущего и целлюлозного органического заполнителя

Исследовалось влияние использования смешанных компонентов шлакового щелочного вяжущего и органического заполнителя в виде измельченных кукурузных початков в зависимости от расхода вяжущего и органического заполнителя (ШЩР/ОЗ) на прочность и структуру легкого бетона на основе шлакового щелочного вяжущего из растительных отходов.

Для постановки экспериментальных работ использовались составы шлакощелочных вяжущих компонентов (портландцемент марки 500, фосфорный шлак, золы-уноса, содосульфатная смесь и жидкое стекло), измельченные

кукурузные початки с диаметрами 20-40 мм полученные на измельчительной машине марки Tazz K32.

Формование шлакощелочной легкобетонной смеси осуществлялось на вибропрессовом оборудовании с удельным давлением от 0,1 до 0,35 МПа. Изготавливались образцы-кубы размерами 100x100x100мм хранились в течение 28 сут в нормальных условиях и далее определялась их прочности на сжатия и на изгиб на гидравлическом прессе методом разрушающего контроля.

При изучении влияния расхода щелочного компонента на шлакощелочную легкобетонную смесь на основе кукурузных отходов учитывались различные характеристики органического заполнителя и шлакощелочных вяжущих компонентов.

При исследованиях приходится иметь дело с фиктивным водоцементным отношением (для нашего случая раствора-заполнительным отношением), так, как значительная часть воды поглощается органическим заполнителем, вследствие чего «истинная» водоцементная отношения является неизвестной.

Снижение водоцементного отношения незначительно при производстве легкого бетона на основе растительных отходов, потому что, целлюлозно-органический наполнитель начинает бурно поглощать раствор щелочного компонента из смеси, вызывая обезвоживание зоны контакта между связующими органическим наполнителем. Поэтому при приготовлении легких бетонных смесей следует поддерживать высокую загрузку раствора, чтобы предотвратить удаление воды из приготовленной смеси и обезвоживание контактной зоны. В первую очередь это связано с тем, что целлюлозные органические наполнители отличаются повышенным водопоглощением.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что оптимальный коэффициент наполнения раствора составляет от 0,9 до 1,5 в зависимости от вида органического наполнителя для получения материала соответствующего качества, прочности и структурной однородности.

Результаты экспериментов показывают, что дальнейшее увеличение расхода щелочи улучшает обрабатываемость легких бетонных смесей, полученных на

основе растительных отходов, а увеличение расхода щелочи приводит к снижению прочности и увеличению плотности и влагосодержания легкого бетона, полученного на основе растительных отходов. Кроме того, увеличение расхода щелочного раствора при уплотнении (прессовании) приводит к чрезмерному выделению жидкости, что ухудшает однородность структуры получаемого материала. Повышенная влажность легкого бетона на основе отходов растительности приводит к увеличению продолжительности тепловой обработки для достижения изделиями отпускной прочности.

Анализы показали, что оптимальная загрузка раствора для легкого бетона на основе кукурузных отходов колеблется от 0,9 до 1,5 в зависимости от типа органического заполнителя (таблица 3.11).

В ходе опытных работ установлено, что с увеличением содержания органических целлюлозных наполнителей увеличивается количество шлакощелочного раствора (рисунок 3.19).

С учетом влажности пленки средняя влажность измельченных кукурузных отходов, испытанных после замачивания, минерализации и введения ускорителей, колебалась в пределах 10-32% по массе.

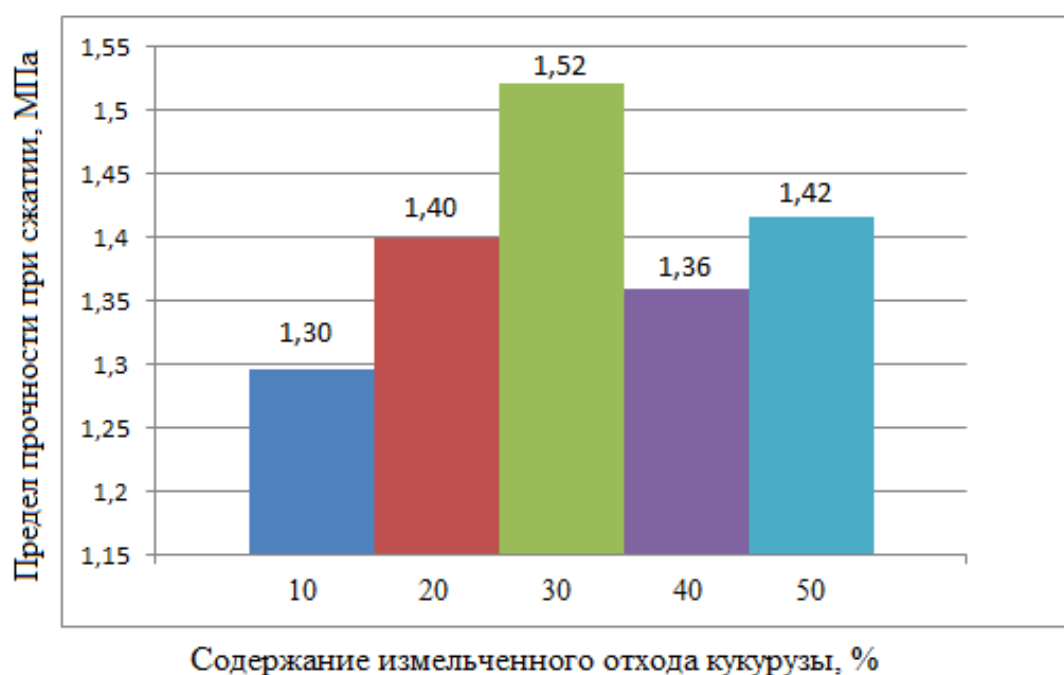


Рисунок 3.19 - Влияние содержания измельченных кукурузных отходов на прочность легкого бетона

Когда содержание заполнителя превышает 50 массовых процентов, негативные факторы, в основном водопоглощающие вещества заполнителя, значительно влияют на прочность цементного камня и деревобетона, что приводит к резкому снижению прочности на сжатие.

Таблица 3.11 Влияние расхода шлакощелочного вяжущего на свойства легких бетонов на основе растительных отходов

№ п/п	Расход шлакощелочного вяжущего, Р/З	Растворошлаковое отношение, Р/Ш	Средняя плотность кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа
1	0,9	0,8	500	1,1
2	1,2	0,9	530	1,5
3	1,5	1,0	580	1,7
4	1,7	1,1	600	2,5
5	1,9	1,2	650	3,5

При постоянном удельном давлении вибрационного уплотнения (0,7 МПа) и содержании заполнителя (230 кг/м³) изменение средней прочности легкого бетона из кукурузных отходов зависит от количества шлакового вяжущего и раствора, а также от коэффициента заполнения. Из рисунка видно, что чем выше удельный расход шлакощелочного вяжущего и чем больше толщина вяжущего, тем выше структурная прочность и оптимальная средняя плотность.

3.7. Исследование адгезии между органическим целлюлозным наполнителем растительного происхождения и шлакощелочным камнем

Крупнопористая структура легкого бетона на основе растительных отходов с незаполненными межзерновыми промежутками (70–90% объема твердых веществ в легком бетоне занимают растительные органические заполнители, из них 10–20. Только 10% органических растительных заполнителей (связующих камней) характеризуются недостаточным количеством связующего вещества для заполнения промежутков между органическими целлюлозными частицами [51,80-

89]. Долговечность и прочность конструкций из легких бетонов на сжатие в значительной степени определяются сцеплением между органическими растительными заполнителями и неорганическими вяжущими, т.е. сцеплением между вяжущими растительными заполнителями и камнями.

По этой причине производство легкого бетона на основе кукурузных отходов осуществляется с использованием растительных органических заполнителей марок от 5 до 35 (ГОСТ 19222-2019) из расчета от 250 до 420 кг вяжущего на м³ бетона.

Это может быть связано с тем, что прочность компонентов легкого бетона используется не полностью. Это происходит потому, что связующая структура легкого бетона высокопрочного компонента ослаблена из-за нарушения адгезии между целлюлозными вяжущими.

Концепция легкого бетона на основе растительных отходов как композитной структуры, в которой твердый каркас образует тонкая пленка связующего камня, согласуется с общей теорией и положениями по агрегатно-композитным материалам для искусственных сооружений, разработанными видными учеными [В. И. Соломатов], а промежуточный слой органического наполнителя и связующего камня исследователями [51,70,89], считающими его одним из основных факторов, упрочняющих структуру бетона и повышающих его адгезию.

Эти фундаментальные факторы являются ключевыми условиями, при которых рассмотренные свойства двух разрозненных материалов (целлюлозоорганического заполнителя и вяжущего камня) определяют долговечность и прочность легких бетонов на основе отходов растительности.

Особое значение для повышения прочности легких бетонов на растительных отходах имеет изучение адгезионной прочности растительных органических заполнителей с вяжущими камнями с учетом склонности растительных органических заполнителей к деформации и расширению во влаге. При твердении и сушке легкого бетона на основе растительных отходов эти деформационные свойства оказывают определенное влияние на конструкционную

прочность композиции легкого бетона «Растительно- органический заполнитель - вяжущий камень».

В данное время не существует общепринятой теории адгезии, и трудно объяснить природу процесса адгезии сложных строительных материалов, таких как вяжущие вещества и органические заполнители растительного происхождения. Отсутствие стандартизированных методов испытаний означает, что результаты, полученные разными исследователями, весьма противоречивы и трудно сопоставимы.

Исследования, измеряющие степень сцепления между древесными материалами и каменными зёрнами, скрепленными цементом, привели к рассмотрению вопроса об использовании арболита (бетона, армированного древесиной) в строительстве. Арболит - это конститутивная комбинация двух материалов с различными структурными и механическими свойствами. Влияние различных факторов на сцепление древесины с цементным бетоном, раствором и камнем описано в литературе [72,135-148].

Проблема с этими продуктами заключается в совместимости материалов, из которых они состоят. Сложность решения этой проблемы заключается в том, что при использовании термообработанной или насыщенной водой арматуры усадка бетона или дерева приводит к тому, что бетон и дерево (деревянная арматура) свариваются и образуют вокруг себя зазоры. В случае сухого армирования расширение древесины приводит к появлению трещин в бетоне. Проблема адгезии между древесиной и цементом была изучена в следующих работах [25-28,41,].

Установлено, что сцепление между древесиной и цементным раствором или бетоном зависит от состава смеси, условий хранения конструкции, содержания влаги, шероховатости бревна и опалубки. Значения адгезии варьировались от 0,05 до 1,25 Мпа в зависимости от принятых условий (из-за несовершенства используемой методики истинная адгезия значительно ниже).

В [51,70,89] было показано, что водорастворимые сахара в древесине оказывают значительное влияние на адгезию к цементному камню. Аналогичные

выводы были сделаны и в [80-89]. Значения адгезии для дерева и бетонного блока варьируются от 0,26 до 0,3 МПа. К сожалению, результаты этого исследования сильно отличаются, что затрудняет их сравнение, по причине:

- В экспериментальных исследованиях использовались различные методы.
- Использовались различные породы древесины с различной плотностью, ориентацией связующего заполнителя и начальным содержанием влаги.
- Использовались различные сорта и отделка (шероховатость) древесины.

При этом брали конкретные размеры склеиваемого образца и характер разрушения клея, активность и степень измельчения связующего, толщину клеевого шва. Помимо силы сцепления, на величину сцепления влияла сила заземления (трение при вытягивании деревянной стержни).

В настоящее время не существует общепринятого метода определения показателей адгезии между древесиной и минеральными вяжущими в лабораторной практике.

При извлечении стержня из затвердевшего раствора регистрируется сила трения материала о затвердевший раствор, при этом учитывается не только сила сцепления, но и заземление, вызванное расширением и деформацией деревянного стержня.

ЦНИИМЭ испытал эту методику [20,42,53] на образцах, полученных путем формования цементной призмы 40х40х160 мм с деревянной пластиной 40х40х20 мм (образцы хранились в течение 14 дней до отбора). Однако зафиксировать значение адгезии в приспособлении не удалось.

Чтобы определить способность органических наполнителей к адгезии к шлаковым и щелочным вяжущим, необходимо было разработать методику, учитывающую все характеристики кукурузных отходов.

Для этого предлагается метод определения прочности сцепления составов легкого бетона "из растительного материала-шлака-камня, связанного щелочным вяжущим". Таким образом, величина адгезии может быть определена только по способности этих материалов. Клейкий и вялый раствор щелочного вяжущего

исключает возможность повышения адгезии клеевых пробок из кукурузных опилок.

Была изучена специфическая адгезия кукурузной стружки и шлакового вяжущего камня и предложен метод, учитывающий характеристики кукурузной стружки, плоскость резания (радиальная или тангенциальная), ориентацию фрагментов заполнителя, шероховатость поверхности, толщину слоя шлакового вяжущего камня, разработку модели и условия хранения для получения сопоставимых результатов.

Проведены исследования по изучению адгезионной способности различных видов растительных органических заполнителей с растворной частью шлакощелочного легкого бетона на основе растительных отходов и ее влияния на прочностные свойства, при этом использовали образцы, измельченные в те же фракции на основе кукурузных отходов, стеблей хлопчатника и рисовой соломы, введенных в состав шлакового вяжущего.

Адгезия служила мерой процессов, происходящих в зоне контакта между шлакощелочной растворной частью легкого бетона и органическим наполнителем [130-138].

Коэффициент полезного действия (α) органического заполнителя в легком бетоне был выбран для характеристики сцепления между целлюлозным органическим заполнителем и частью шлакощелочного раствора и влияния на прочность шлакощелочного легкого. Его рассчитывал и по результатам измерения прочности на разрыв органического заполнителя.

Известно, что адгезия определяется процессом химического взаимодействия, происходящего в зоне контакта [58,130-138], и очевидно, что коэффициент эффективности α изменяется при разделении поверхности наполнителя и части бетонного раствора.

Коэффициент ϕ был принят в качестве величины, характеризующей влияние химического взаимодействия на прочность связи исследуемого легкого бетона, так как возникает вопрос, во сколько раз снижается эффективность

органического заполнителя в бетоне при устранении химического взаимодействия контактным способом:

$$\varphi = \frac{\alpha_{\text{неизол}}}{\alpha_{\text{изолир}}}, \quad (3.1)$$

Где, $\alpha_{\text{неизол}}$, $\alpha_{\text{изолир}}$ – коэффициенты эффективности неизолированных и изолированных органических заполнителей в шлакощелочном легком бетоне.

Наши опыты показали, что эффективными являются органические заполнители, когда коэффициент их эффективности (α) больше единицы ($\alpha > 1$). Таким органическим заполнителям относятся измельченные кукурузные отходы и стебли хлопчатника.

Образцы на основе рисовой соломы имеют более низкие коэффициенты эффективности (таблица 3.12).

Наши экспериментальные исследования показывают, что наиболее высокие коэффициенты эффективности органических заполнителей в шлакощелочных легких бетонах на основе отходов растительности имеют образцы на основе кукурузных отходов и стеблей хлопчатника с коэффициентами эффективности 1,03 и 1,01 (таблица 3.12).

Химические взаимодействия между фракциями шлакощелочного легкого бетона и раствора интенсивно наблюдаются в органических наполнителях из кукурузных метелок и стеблей хлопка с коэффициентами эффективности φ от 2,1 до 2,6.

Если исключить химическое взаимодействие между растворной частью легкого бетона и рисовой соломой, то его эффективность снижается вдвое. Это можно объяснить структурными характеристиками органических заполнителей.

Предметом настоящего исследования является изучение влияния рыхлой пористой структуры целлюлозоорганических наполнителей на свойства шлаковующих камней и зоны контакта между ними.

Известно, что пористые органические наполнители отводят часть воды из соседних слоев каменношлакового вяжущего и способствуют уплотнению. Затем изменяется и контактный слой шлакового вяжущего.

Методом определения микротвердости исследованы микромеханические свойства контактного слоя целлюлозоорганического наполнителя и шлакового вяжущего камня.

Испытание проводили на полированном шлифе образца-куба размером 30х30х30мм из шлакощелочной вяжущей ткани с размещенным в центре измельченными кукурузными отходами.

Поскольку основное изменение структуры контактного слоя шлакощелочного вяжущего связано с перемещением влаги внутри целлюлозоорганического наполнителя, установлена зависимость изменения микротвердости шлакощелочного вяжущего от исходного раствора в течение 3 суток были установлены исследования с различным соотношением компонентов в 3-дневном, 7-дневном и 28-дневном возрасте.

Наряду с измерениями микротвердости проводили испытания образцов на прочность при сжатии. Результаты экспериментальных испытаний представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12. Определение коэффициента эффективности различных целлюлозных органических заполнителей в легких бетона на основе отходов растительности

Вид целлюлозного органического заполнителя	Предел прочности органического заполнителя при растяжениях, МПа			Коэффициент эффективности органического заполнителя в легких бетонах	Величина, характеризующую влияние химического взаимодействия на силу сцепления, φ
	Легкого бетона на основе отходов растительности	Целлюлозного органического заполнителя	Камня шлакощелочного вяжущего		
Измельченные кукурузные отходы фракции 35-40мм	3,7	1,34	4,7	1,03	2,6
Измельченные стебли рисовой соломы фракции 25-30мм	1,27	0,88	4,7	0,85	2,1
Измельченные	2,74	1,21	4,7	1,01	2,3

стебли хлопчатника фракции 20-30мм					
------------------------------------------	--	--	--	--	--

Было обнаружено, что высокая микротвердость контактного слоя связующего и заполнителей уменьшается по мере удаления от линии контакта.

Исследование структуры зоны контакта шлакощелочное вяжущее на образцах из теста шлаково-щелочного вяжущего, содержащего измельченные кукурузные отходы, показало, что она имеет плотную и прочную вяжущую оболочку шириной 35-60 мкм.

Микротвердость контактного слоя между шлаковым щелочным вязким камнем и измельченным кукурузным отходам составляет 1560 МПа, что примерно на 15% выше, чем микротвердость вязкого камня в пространствах между частицами. Благодаря высокой пористости органического наполнителя, связующее проникает в целлюлозные частицы органического наполнителя на глубину 105-135 мкм. Пористая оболочка измельченных кукурузных отходов способствует взаимодействию шлакощелочных вяжущих в составе органопробного наполнителя за счет эффекта самовакуумного эффекта, взаимодействуя с поверхностью стенок пор наполнителя и активируя шлак. Щелочное тесто прочно прилипает к поверхности частиц кукурузных отходов. Зона контакта шлакового, вяжущего с измельченным камышом, характеризуется плотной структурой и шириной 105-135 мкм. Микротвердость и когезия органических заполнителей в легком бетоне на основе растительных отходов являются новыми, возникающими в зоне контакта в результате физико-механических процессов взаимодействия заполнителей и компонентов шлакощелочного состава. Это также определяется характером связующего.

Исследования также показали, что прочность сцепления легкого бетона на основе кукурузных отходов и металлической арматуры составляет 0,08-0,45 МПа в зависимости от типа легкого бетона, формы арматуры (гладкая или периодическая) и наличия защитного покрытия. Прочность сцепления

текстурированного слоя легкого бетона на основе кукурузных отходов и шлакощелочного раствора составляет 1,45-1,56 МПа.

3.8. Исследования гигроскопичности и механических свойств кукурузных отходов рыхлой структуры

Существуют общие закономерности в физико-механических свойствах самых разнообразных видов растительного сырья (кукурузные початки, тростник, конопляная костра, стебли винограда, лубяные растения, рисовая солома, рисовая и подсолнечная шелуха, стебли хлопчатника) стран Центральной Азии, которые в достаточном количестве представлены в научной литературе и источниках. Как видно из предыдущих глав статьи, наиболее распространенными отходами агропромышленных парков Казахстана являются кукурузные отходы, и утилизация этих отходов в составе легких бетонов является важной частью строительной отрасли республики. В связи с этим будут проведены дальнейшие исследования данного материала и использованы данные исследований других видов растительного сырья, распространенных в Республике Казахстан, для определения общих закономерностей.

Насыпная плотность относится к основным физическим свойствам растительного материала, и его свойства как органического заполнителя для легкого бетона оказывают значительное влияние на его прочностные характеристики. В таблице 3.13 приведена насыпная плотность нескольких растительных материалов после полного высыхания. [21,80-89].

Таблица 3.13. Объемная плотность сельскохозяйственных отходов и дикорастущих однолетников

№ п/п	Растительное сырье	Насыпная плотность, кг/м ³
1	Кукурузные отходы	110 - 120
2	Лузга подсолнуха	90 - 100
3	Тростники камыша	110 -130

4	Стебли хлопчатника	110 - 120
5	Рисовая лузга	110 - 115
6	Костры конопли	130 - 140

Насыпная плотность растительного материала зависит от средней плотности сырого растительного материала, формы и размера частиц, размера контейнера и метода заполнения.

Кукурузные отходы транспортируются на перерабатывающие предприятия автотранспортом в сыпучем виде. Затем он поступает в дробилку и измельчается до требуемого размера фракции. Склад отработанных кукурузных отходов будет построен на открытой площадке с подветренной стороны с хорошей дренажной сетью, а вокруг склада будет построена дренажная система. Складывать в кучу только кукурузные отходы с влажностью 15% и менее.

Из литературных источников известно, что водорастворимость кукурузных отходов и древесных материалов должна содержать комплекс органических соединений. Вследствие биологических и климатических воздействий содержание водорастворимых веществ в кукурузе уменьшается по мере созревания кукурузных отходов (таблица 3.14) [24,132,172].

Таблица 3.14. Изменение химического состава кукурузных початок, (%)

Дата взятия пробы	Влажност ь	Легкогидролизуемы е вещества	Трудно- гидролизуемы е вещества	Растворимы е в воде продукты	Линги н	Зольност ь
Октябрь	65,02-65,2	15,61-15,81	31,7-32,1	11,9-12,1	29,9- 30,1	6,4-6,6
Апрель	24,01-24,2	16,95-17,05	34,1-34,5	9,8-10,2	31,1- 31,3	6,3-6,5
Август	9,14-9,34	18,5-18,7	35,7-35,9	3,7-3,9	34,3- 34,5	-

Кукурузные отходы собирают один раз в год, поэтому для очистки органического заполнителя требуется длительный процесс выдержки и старения.

Подготовка фракции кукурузных отходов, которая лучше всего подходит для производства легкого бетона растительного происхождения, обусловлена отсутствием специального дробильно-сортировочного оборудования для данного вида растительного материала. Поэтому необходимо выбирать дробилки и измельчители соломы, которые использовались для других целей в сельскохозяйственных перерабатывающих комплексах. В ходе исследования было протестировано различное дробильно-измельчительное оборудование.

В таблице 3.15 представлен фракционный состав различных отходов растительности, используемых для производства легких бетонов на основе отходов [114,128,173].

Таблица 3.15 Фракционный состав кукурузных отходов, измельченных с помощью различного оборудования

Наименование агрегатов	Частные остатки, (%) на ситах с размером ячеек, мм								
	10	7	5	3	2	1	0,5	0,25	Менее 0,25
Дробилка ДМ-1	27,2	12,9	19,0	21,9	9,0	7,0	1,0	1,2	0,8
Дробилка ДМ-2 (без сита)	62,9	22,7	9,3	3,6	0,6	0,6	0,3	--	—
Дробилка ДКУ-М	10,0	12,0	15,3	2,0	15,3	18,4	1,8	5,0	2,6
ДКУ-М (со снятыми решетками)	29,2	16,2	15,7	13,6	14,4	6,0	1,7	2,0	1,2
Измельчительная машина Tazz - K32)	29,5	16,5	16,1	13,9	14,9	6,2	1,9	2,1	1,3

Из данных таблицы видно, что наиболее приемлемой машиной, обеспечивающей оптимальную долю кукурузных отходов, является измельчитель Tazz K32, с удаленной решеткой для контроля степени измельчения. Мощная машина, которая работает от бензинового двигателя. Конструкция здесь преимущественно металлическая, что обеспечивает прочность и стойкость к

механическим повреждениям. Аппарат хорошо подходит для измельчения сухих кукурузных початок.

Древесные наполнители также гигроскопичны, и когда они поглощают влагу, древесина расширяется с сопутствующим давлением расширения. При впитывании воды в клеточную оболочку происходит набухание и одновременно увеличивается объем, но поглощение воды капиллярами дерева не вызывает набухания. При расчете состава легкого бетона на основе растительных отходов учитывается набухание целлюлозоорганических наполнителей [4,103,170].

Далее подробно экспериментальные исследования гигроскопических и механических свойств кукурузных отходов с рыхлой структурой.

Кукурузные отходы в основном характеризуются более однородной складчатой структурой. Это подтверждает сходство химического состава и структуры кукурузных отходов и древесных отходов и позволяет использовать ключевые свойства древесных наполнителей для рыхло структурированных кукурузных отходов.[140,167].

В рисунке 3.1.2 представлены результаты исследования, проведенного учеными для изучения изменений содержания воды в органических заполнителях растительного происхождения, хранящихся на воздухе в течение одного года в упакованном состоянии [22,112].

Как видно из рисунка, влажность исследованных образцов зимой высока, а летом минимальна.

С середины весны, начиная с мая, влажность кукурузных отходов быстро падает, достигая постоянного значения от 15% до 9% в последующие месяцы, и только с наступлением осени и повышением относительной влажности кукурузные отходы изменение влажности. Влажность материала меняется, начинает подниматься.

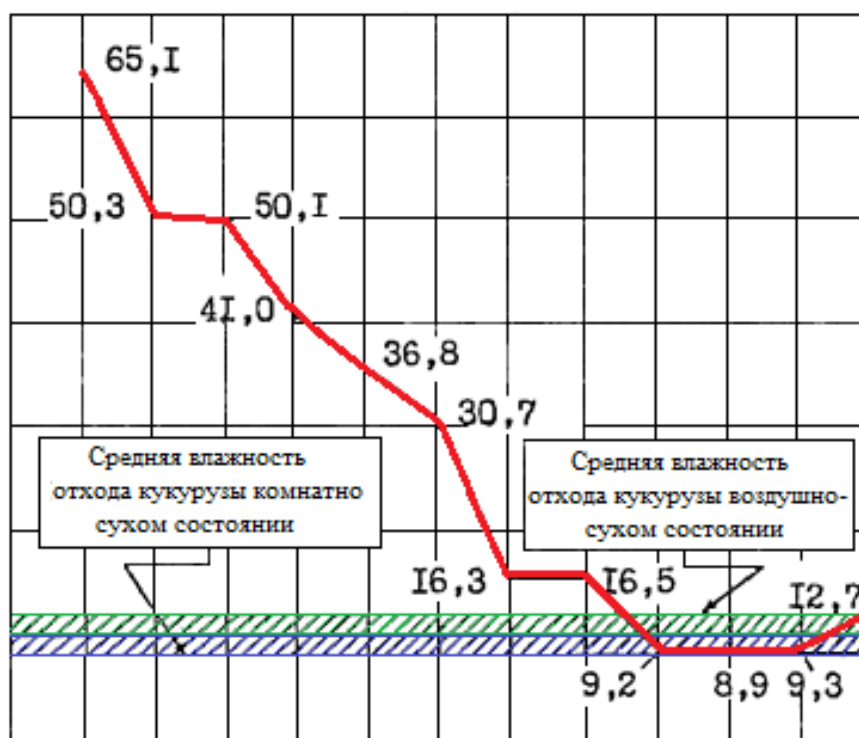


Рисунок 3.20. Изменение влажности кукурузных отходов, хранящихся на открытом воздухе

В среднем влажность кукурузных отходов в воздушно-сухом состоянии и находится в пределах 10-12%, а в сухом помещении - в пределах 8-10%. Что касается влажных кукурузных отходов, то содержание влаги в них очень высокое и сильно варьируется в зависимости от времени года и влажности окружающего воздуха.

Значение насыпной плотности кукурузных отходов зависит от содержания влаги в растительном теле и степени измельчения, а также от условий развития растений, почвы и хранения. [21,141].

Согласно результатам исследований [21,80-89,141], насыпная плотность органических наполнителей, содержащих измельченные фракции от 0,5 мм до 1,0 мм, составляла от 225 до 197 кг/м³ при влажности 10 %; насыпная плотность полностью высушенного сырья, содержащего фракции от 1,0 до 5,0 мм, достигала 170 кг/м³, а насыпная плотность различных гранулометрических. Насыпная плотность (сухая) изготовленных фракций композиции составляла от 102 до 114 кг/м³, а насыпная плотность от 20 до 24 % достигала 139 - 143 кг/м³.

Также были проведены исследования по определению насыпного веса кукурузных отходов. Кукурузные отходы сбора 2021 года Таразского агропромышленного предприятия Республики Казахстан измельчалась на измельчительном машине марки Tazz K32 со снятыми решетками. Насыпная плотность кукурузных отходов, измельченных в разных фракциях, определялась взвешиванием в пятикратной повторности свободного насыпного веса кукурузных отходов.

Результаты опытных работ при 12% влажности кукурузных отходов приведены в таблице 3.16.

Таблица 3.16 Насыпная масса кукурузных отходов при влажности 12% для различных фракций помола

Материал	Кукурузные отходы размером фракции 40 мм	Кукурузные отходы размером фракции 30 мм	Кукурузные отходы размером фракции 20 мм	Кукурузные отходы размером фракции 1,25 мм	Кукурузные отходы размером фракции 0,63 мм	Кукурузные отходы размером фракции 2,5 мм	Кукурузные отходы размером фракции 20-30 мм
Насыпная плотность, кг/м ³	170	190	170	250	110	162	165

Как видно из результатов опроса (Таблица 3.14), они также согласуются с выводами других исследователей [22,151]. Полученные результаты по насыпной массе кукурузных отходов позволяют использовать данные экспериментального исследования для дальнейших исследований.

При определении водопоглотительных свойств кукурузных отходов использовали образцы кукурузных отходов размерами 30-40 мм и эквивалентные диаметры кукурузных отходов 10,15, 20, 25,10, 15, 20, 25, 30, 35 и 40 мм.10 штук были предварительно взвешены, полностью погружены в воду и удерживались под силовым агрегатом. Периодически образцы кукурузных отходов извлекали из воды, сушили на фильтровальной бумаге, взвешивали и рассчитывали среднее водопоглощение кукурузных отходов отдельно для каждого диаметра. Средний фракционный диаметр после замачивания водопоглощение образцов кукурузных

отходов разного диаметра в воде в течение 24 часов при температуре 20°C: 10мм - 69,2%, 15мм-70,1%, 15мм-65,9%, 20мм-71,1%, 25мм-67,9%, 30мм-68,1%, 35мм-65,3%, 40мм-63,5%. Экспериментальные данные, полученные при измерении водопоглощения кукурузной стружки, позволяют использовать кукурузную стружку для утепления наружных и ограждающих стен малоэтажных зданий и производства конструкционных строительных материалов.

Выводы по главе III

1. Установлено, что при введении состав шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов композиционных добавок ССФШЗУП (состоящих из содосульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного клинкера) их прочность повышается в 10-15 раз и достигает до от 2,7 до 3,0 МПа.

2. Установлено, что водно-экстрактивные вещества из кукурузных отходов в воде для замачивания не снижают прочностные характеристики при смешивании шлака со щелочным вяжущим.

3. Рост прочности легкого бетона на основе кукурузных отходов со шлаковым щелочным вяжущим на основе фосфорного шлака, золы-уноса, 7% портландцементного клинкера и щелочного раствора на основе содово-сульфатной смеси жидкого стекла, где содержание сахара составляет до 1,1% и установлено, что оно не снижается.

4. Было установлено, что расход нейтрализатора зависит от удельной площади поверхности органического наполнителя и количества сахара на поверхности кукурузы, а расход отвердителя зависит от количества и состава шлакового связующего и нейтрализатора.

5. Установлено, что увеличение размера частиц органических заполнителей из кукурузных отходов снижает среднюю плотность и увеличивает прочность на сжатие легких бетонов. Это связано с тем, что органический заполнитель кукурузных початок обеспечивает усиление и может выдерживать большие нагрузки. Проведенные исследования позволяют целенаправленно планировать

производство шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов различной прочности в зависимости от фракции зерна или длины измельченного органического заполнителя.

6. Установлено, что предварительная обработка органического растительного сырья щелочным раствором для удаления гидролизуемых и водорастворимых веществ повышает качество легких бетонов на основе кукурузных отходов.

7. Установлено, что введение смешанных добавок из золы-уноса и портландцементного клинкера в состав легких бетонов на основе щелочных растворов, состоящих из растительных отходов и смесей жидкого стекла и содосульфатной смеси, приводит к появлению новых гидратированных соединений. Их присутствие увеличивает гидратацию шлаковых вяжущих в легких бетонах на основе кукурузных отходов.

8. Установлено, что наибольшей прочностью обладают составы легкого бетона, применяемые в качестве органического заполнителя кукурузные отходы с фракционным диаметром 35-40мм и при этом прочность их повышается очень существенно и в 28 суточном возрасте достигает до 3,5 МПа.

9. Определено, что оптимальная загрузка раствора для легкого бетона на основе кукурузных отходов находится в пределах от 0,9 до 1,5 в зависимости от вида органического заполнителя.

10. Установлено, что удельное пульсационное давление уплотнения и содержание заполнителя остаются постоянными, а изменение прочности и средней плотности легкого бетона на основе кукурузных отходов зависит от количества шлакового вяжущего и растворной засыпки.

11. настоящее исследование показало, что прочность связи между легким бетоном на кукурузных отходах и металлической арматурой варьируется от 0,08 до 0,08 в зависимости от класса легкого бетона, профиля арматуры (гладкий, циклический) и защитного покрытия. Он показывает 0,45 МПа. Адгезия фактурных слоев легкого бетона на основе кукурузных отходов и шлакощелочного раствора составляет от 1,45 до 1,56 МПа.

12. Было установлено, что лучшей машиной для получения оптимальной фракции кукурузных отходов является измельчитель Tazz K32 с удаленной сеткой для контроля степени измельчения.

ГЛАВА 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА, ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ШЛАКОВОГО И ЩЕЛОЧНОГО ЛЕГКОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ.

4.1. Проектирование состава шлакощелочного легкого бетона на основе измельченных кукурузных отходов математическим методом планирования эксперимента

Для проектирования путем анализа состава легких бетонов на основе кукурузных отходов, условий эксплуатации в несущих и ограждающих конструкциях зданий необходимо было указать основные показатели строительных и эксплуатационных свойств легких бетонов, такие как плотность, прочность, морозостойкость и теплопроводность в соответствии с ГОСТ 1922 - 90 в соответствии с общими методами искусственного строительства конгломератов.

В данной работе проведены работы по разработке шлакощелочного легкого бетона на основе шлакощелочного вяжущего с добавлением измельченных кукурузных початок для получения эффективных теплоизоляционно-конструкционных строительных материалов и конструкций.

Для этого были разработаны составы шлакощелочных легких бетонов основе шлакощелочного вяжущего состава с добавлением измельченных кукурузных початок.

Для оптимизации составов шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов был проведен трехфакторный эксперимент, в ходе которого были определены основные физические свойства полученных материалов.

С использованием многофакторного планирования экспериментов была разработана математическая модель.

В качестве факторов выбирались отношение органического заполнителя в виде измельченных кукурузных початок к шлакощелочным растворным составам. Соотношение заполнителей раствора (Р/Н), количество ворсистого

шлака в шлакощелочной бетонной массе (весовой процент золы-уноса) и количество содосульфатной смеси (весовой процент цемента). Диапазон изменения для выбранных факторов показан на рисунке 4.1.

Таблица 4.1. Диапазоны изменения выбранных факторов

Фактор	Нижний уровень	Среднее значение	Верхний уровень	Обозначение
Растворо-заполнительное отношение (Р/З)	0,3	0,4	0,5	x1
Количества фосфорного шлака (в % от массы золы-уноса)	3	51,5	100	x2
Количества содосульфатной смеси (в % от массы цемента)	10	30	50	x3

Уравнение регрессии в данном случае имеет вид

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=2, j>i}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j, \quad (4.1)$$

где b_i, b_{ij} – искомые коэффициенты;

x_i и x_j – факторы;

y – отклик;

k – число независимых переменных.

В модели используются безразмерные переменные (кодированные факторы) [151]:

$$x_1 = \frac{v - v_0}{v_0 - v_{min}}, \quad x_2 = \frac{t - t_0}{t_0 - t_{min}}, \quad x_3 = \frac{C - C_0}{C_0 - C_{min}}, \quad (4.2)$$

где, v, t, C – Значение коэффициента в размерности; индексы:

0 – соответствует значению фактора в размерности величины в центре эксперимента;

min – соответствует наименьшим значениям факторов в размерных величинах.

Для выражения полиномиального отклика результаты для различного количества экспериментов (N) выражаются в матрице следующим образом [151].

$Y=X*B$; где,

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1i} & \dots & x_{1n} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2i} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ 1 & x_{j1} & \dots & x_{ji} & \dots & x_{jn} \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ 1 & x_{N1} & \dots & x_{Ni} & \dots & x_{Nn} \end{pmatrix} \quad (4.3)$$

Матрица комбинаций факторов:

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

Матричный столбец результатов опыта.

$$B = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_i \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} \quad (4.5)$$

Матрица-столбец, представляющая коэффициенты уравнения регрессии.

Здесь $0, 1, \dots, i, \dots, m$ – номера членов уравнения;

$1, \dots, i, \dots, N \dots$ – номера опытов.

Матрица X - это $(m+1)$ -столбцовая, N -строчная прямоугольная матрица.

Умножение левой и правой частей этого уравнения на одну и ту же матрицу X^T и транспонированную матрицу X дает $X^T*X*B=X^T*Y$ [151].

Введем обозначение $C=X^T*X$. Уравнение становится $C*B=X^T*Y$.

Чтобы получить столбцы матрицы коэффициентов регрессии B , умножьте обе части левого определителя на матрицу C^{-1} (обратную матрице C .) Получим $C^{-1}*C*B=C^{-1}*X^T*Y$.

Положение $C^{-1} \cdot C = E$ дает определитель $B = C^{-1} \cdot X^T \cdot Y$ коэффициентов полинома.

Ковариационная матрица оценок параметров регрессионной модели:

$$K_{b_i b_j} = S^2 \cdot (B^T \cdot B)^{-1}, \text{ где, } S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2}{N - m' - 1} - \text{оценка дисперсии } \sigma^2, \quad (4.6)$$

где, m' – число оцениваемых параметров (коэффициентов регрессии), включая b_0 ; \tilde{y}_i – расчетные значения отклика.

Дисперсия параметров модели определяется соотношением $S^2 b_i = K_{b_i b_i} J$.

При построении модели для оценки значимости коэффициентов регрессии использовался t-тест Стьюдента [151].

Фактор b_i является значимым, если выполняется условие $t \cdot S_{b_i}^2 \leq |b_i|$. Где t — значение определяется из таблицы теста Стьюдента по числу степеней свободы при уровне значимости $\alpha = 0,05$.

В результате расчета было получено уравнение регрессии. В форме учитывались только значимые коэффициенты.

$$\tilde{y} = 7,016 - 0,277 x_2 + 0,208 x_1 x_3 + 0,217 x_2 x_3 \quad (4.7)$$

Коэффициенты проверялись на значимость с помощью T-критерия Стьюдента, а модели проверялись на пригодность с помощью теста Фишера [151].

Поверхность была создана для каждого отклика на основе полученных уравнений. Это графическое изображение зависимости этого отклика на два фактора от фиксированного значения третьего фактора [151].

Для разработки оптимального состава шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов был разработан план трёхуровневого эксперимента. Матрица плана приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Матрица планирования (квадратичная модель)

i	x1	x2	x3	y
1	1	1	0	2,28

2	1	-1	0	2,18
3	-1	1	0	2,88
4	-1	-1	0	2,29
5	1	0	1	2,72
6	1	0	-1	3,10
7	-1	0	1	2,31
8	-1	0	-1	3,22
9	0	1	1	1,47
10	0	1	-1	2,27
11	0	-1	1	1,53
12	0	-1	-1	3,17
13	0	0	0	2,64
14	0	0	0	2,37
15	0	0	0	2,74
16	0	0	0	2,58
17	0	0	0	2,54

В результате расчетов было получено уравнение регрессии:

$$Y = 2,57 + 0,12625x_1 - 0,1188x_2 - 0,505x_3 + 0,175x_1x_1 - 0,365x_2x_2 + 0,2625x_1x_3 + 0,2675x_2x_3 \quad (4.8)$$

Модель адекватна,

если $F = \frac{S_A}{S} > 1$,

где $S = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_p)^2}{n-1}} = 0,09415$. (4.9)

В нашем случае $F = \frac{0,1334}{0,09415} = 1,4170$ и модель адекватна.

По расчетам также по полученным по уравнению регрессии построены поверхности, фиксированных значениях одного из факторов приведены в рисунке 4.1, 4.2 и 4.3.

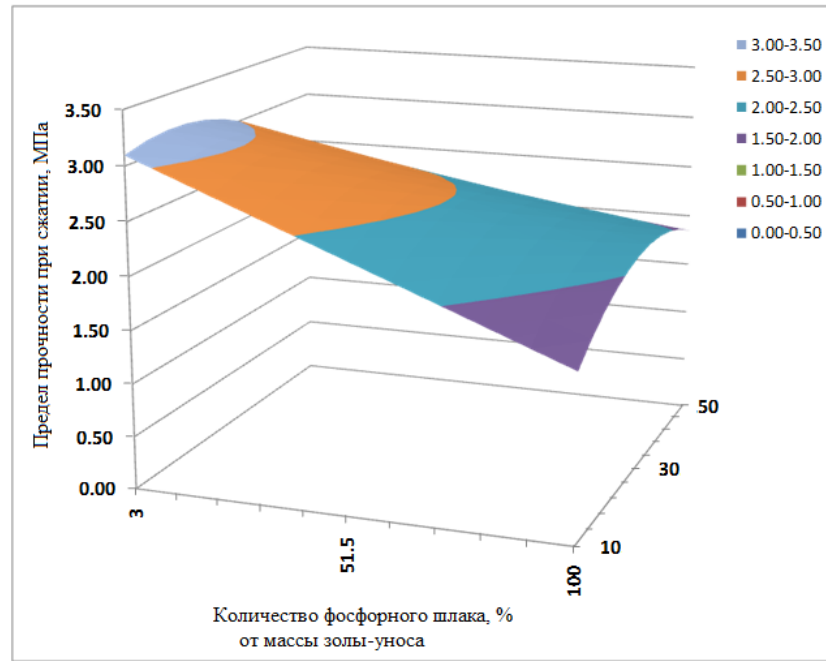


Рисунок 4.1. Зависимость предела прочности на сжатие от количества фосфорного шлака и количества содосульфатной смеси при $P/Z=0,5$

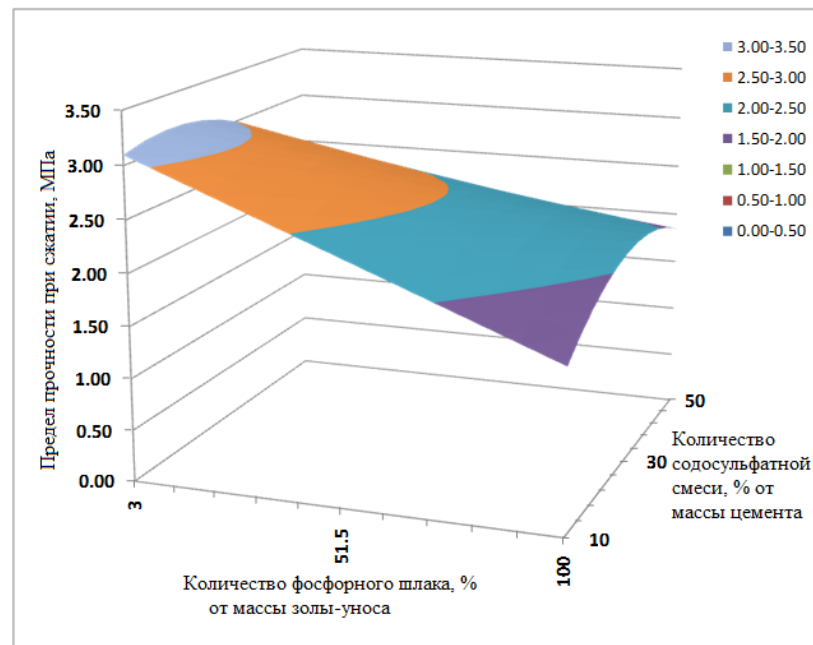


Рисунок 4.2. Зависимость предела прочности на сжатие от количества фосфорного шлака и количества содосульфатной смеси при $P/Z=0,42$

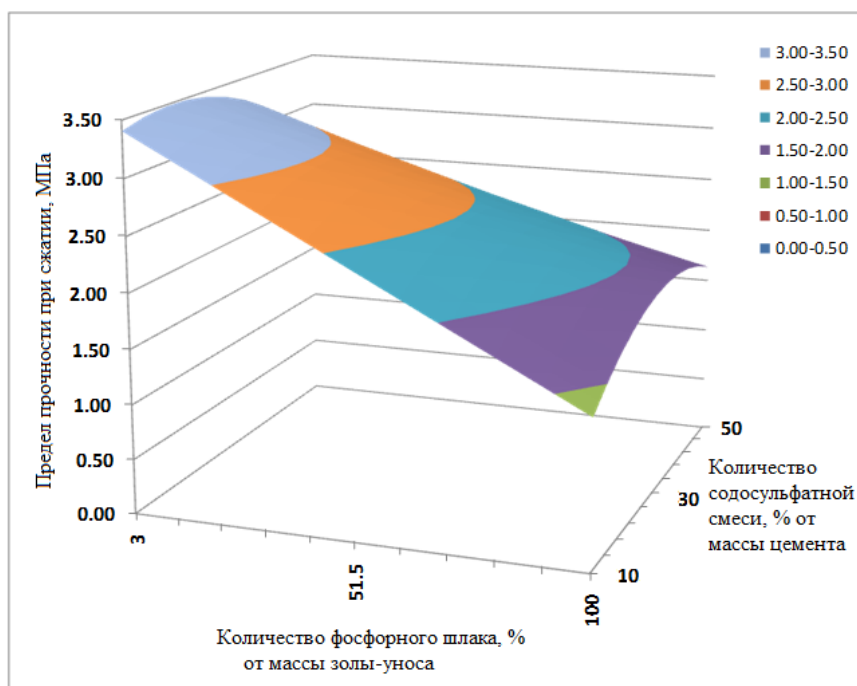


Рисунок 4.3. Зависимость предела прочности на сжатие от количества фосфорного шлака и количества содосульфатной смеси при $R/3=0,35$

Из приведенных выше графиков видно, что прочность шлакощелочных легковесных образцов возрастает с уменьшением $R/3$ отношения. Прочность наибольшая – при наименьшем содержании содосульфатной смеси (10 %) и фосфорного шлака (30 %) в составе шлакощелочного легкого бетона.

Анализ показал, что требуемая прочность шлакощелочного легкого бетона на основе шлакощелочного композиционного вяжущего и измельченных кукурузных початков средней плотностью $620-630 \text{ кг/м}^3$ получена путем корректировки широкого диапазона переменных величин. Показано, что это позволило подобрать оптимальный состав легкого бетона на основе кукурузных отходов по технологическим, технико-экономическим и другим соображениям.

Для получения шлакощелочных теплоизоляционных и конструктивных легких бетонов на основе кукурузных отходов содержание компонентов в составе легкого бетона составляет: сульфатно-содовая смесь - 10%, портландцемент - 20%, фосфорный шлак - 20%, зола-унос - 20%, измельченные кукурузные початки - 30%. Изменяя количество используемого органического заполнителя и

щелочного компонента, можно значительно снизить себестоимость портландцемента. Оптимальное соотношение компонентов для легких бетонов на основе кукурузных отходов плотностью 600-650 кг/м³ достигает 2,7-3,5 МПа. Поэтому при шлакощелочном вяжущем с использованием дробленых кукурузных початок можно получить теплоизоляционный конструкционный легкий бетон с прочностью на сжатие до 3,5 МПа.

4.2. Исследования физико-механических свойств шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов

4.2.1. Влияние составляющих на физико-механические свойства шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов

Плотность легкого бетона на основе растительных отходов зависит от насыпного веса, расхода органического заполнителя и состава, вяжущего на 1м³ конечного продукта. Постепенно увеличивая расход органического заполнителя и удельное давление легкобетонной смеси при снижении расхода вяжущего, можно повысить плотность легкого бетона из растительных отходов без снижения его прочности. Плотность легкого бетона из растительных отходов оказывает значительное влияние на прочностные характеристики, а также на другие свойства, например, теплофизические. Прочностные характеристики легкого бетона на основе отходов растительности является главной характеристикой готового строительного материала. Зависимость прочности и плотности легких бетонов на основе отходов растительности от вида вяжущего вещества приведена в таблице 4.3. На кубических образцах со средней плотностью от 500 до 650кг/м³ изучали изменение прочностных свойств легкого бетона на основе кукурузных отходов. Образцы хранились при естественной влажности и лабораторных условиях.

Таблица 4.3. Зависимость плотности и прочностных свойств шлакобетона на основе растительных отходов от вида вяжущего.

Органический наполнитель	Плотность легкого бетона на основе отходов растительности, кг/м ³	Предел прочности при сжатии в 28 сут, МПа	
		Виды легкого бетона на основе отходов растительности на основе вяжущих	
		На основе портландцемента	На основе шлакощелочных вяжущих
Измельченные кукурузные початки	600	2,9	3,1
	620	3,1	3,3
	550	1,9	2,7
	650	3,4	3,7

В результате исследования наблюдалось интенсивное увеличение прочности легкого бетона на основе растительных отходов в пределах от 30 до 120 % от исходного значения как для естественно затвердевших, так и для образцов первой термообработки. Через 28 дней твердения прочность снижается (рисунок 4.4).

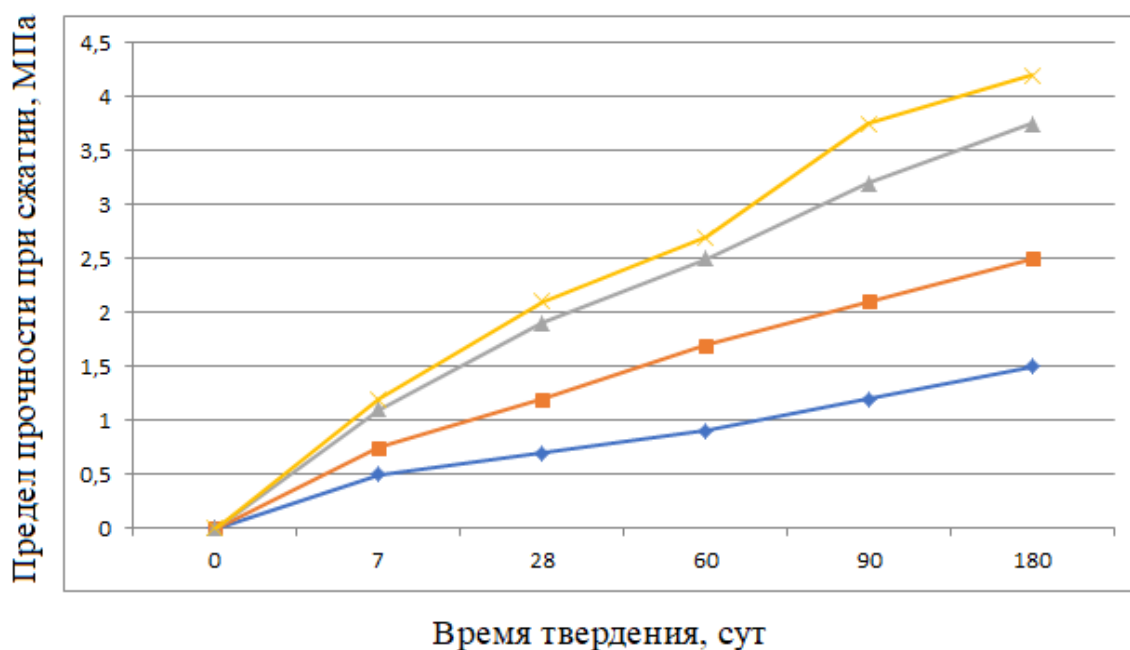


Рисунок 4.4. Влияние тепловой обработки на изменение прочностных свойств шлакощелочного легкого бетона с кукурузными отходами различной средней плотности:

x – легкие бетона на основе кукурузных отходов при средней плотности 650 кг/м³; ▲ – легкие бетона на основе кукурузных отходов при средней при плотности 600 кг/м³; ■ – легкие бетона на основе кукурузных отходов при средней при плотности 550 кг/м³; ♦ – легкие бетона на основе кукурузных отходов при средней при плотности 500 кг/м³

Влияние термической обработки на изменение прочностных свойств шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов объясняется тем, что в процессе термической обработки продолжается процесс гидратации шлакощелочного вяжущего камня. Раствор шлаковой щелочи, поглощенный органическим заполнителем из кукурузных отходов во время приготовления легкой бетонной смеси, мигрирует в тело бетона в процессе твердения, задерживая процесс гидратации вяжущего из шлаковой щелочи. Гидратация каменного материала во время твердения углубляется.

Повышения прочности наблюдается у образцов, изготовленных на измельченных кукурузных отходах в 90 суточном возрасте от 15 до 40 % (рисунок 4.5). В основном это связано с тем, что кукурузные початки обладают высоким водопоглощением. Можно также предположить, что щелочь, впитавшаяся в состав легкого бетона, начинает кристаллизоваться внутри органического заполнителя, тем самым упрочняя органический заполнитель и тем самым повышая прочность шлакощелочного легкого бетона.

1	140	200	250	100	125	650	3,9
2	145	300	200	100	125	630	3,5
3	150	250	250	100	125	650	3,7
4	160	250	250	100	100	600	3,5
5	170	300	-	90	100	580	3,1
6	175	200	150	80	100	560	2,9
7	180	200	250	70	150	550	2,7

4.2.2. Влияние влажности на прочностные характеристики шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов

Как известно [1,4, 5, 17], прочность на сжатие легких бетонов на основе отходов растительности зависит от содержания воды в самом разрабатываемом материале. При снижении влажности прочность образца пропорционально возрастает.

При этом повышения прочности образцов легкого бетона не наблюдается, поэтому увеличение продолжительности термообработки не оказывает положительного влияния. Скорость потери влаги у шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов зависит от габаритного размера разрабатываемого изделия. Так как, легкобетонные кубики влажностью до 25% достигают требуемой повышенной прочности через 17 суток после формовки, а разрабатываемое изделия размерами 400×200×200 мм – через 29 суток (рисунок 4.6).

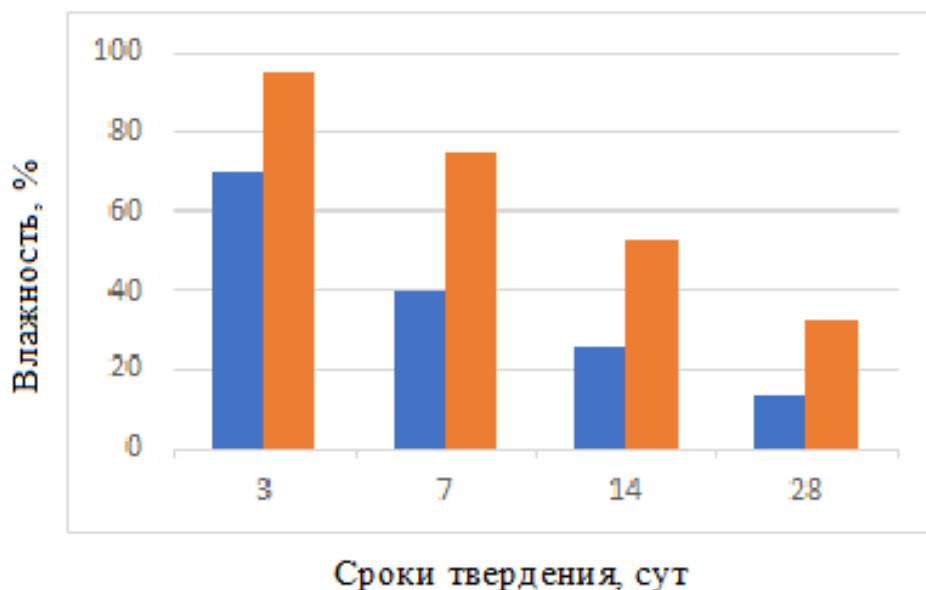


Рисунок 4.6. Зависимость качества легкого бетона на основе кукурузных отходов от влажности и условий твердения:

1 – кубики с размерами ребра 100×100×100 мм, твердевших в естественных условиях; 2 – изделия с размерами 400×200×200 мм, прошедшие тепловую обработку

Водопоглощение шлакощелочного легкого бетона, разработанного на основе кукурузных отходов, сильно зависит от его средней плотности (рисунок 4.7). С увеличением плотности шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов водопоглощение резко снижается и зависит от расхода вяжущего.



Рисунок 4.7. Зависимость водопоглощения от средней плотности шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов

Изделия из шлакощелочного легкого бетона из кукурузных отходов позволяют снизить водопоглощение, защищая открытые поверхности различными пленками и покрытиями.

4.2.3. Исследования свойств теплопроводности, биостойкости, морозостойкости и огнестойкости шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов

Теплофизические свойства шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов. Определение параметров теплопереноса и теплопроводности разработанного шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов проводилось на кафедре физики «НАО» Актюбинский региональный государственный университет имени К.Жубанова (Казахстан) совместно с учреждением «Баишев Университет» (Казахстан) и Ивановским государственным политехническим университетом (Российская Федерация).

Для определения тепловых свойств шлакощелочного легкого бетона, изготовленного из кукурузных отходов, был выбран теплоимпульсный метод с использованием линейного источника тепла [1, 5].

Результаты исследования теплопроводности шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов представлены в таблице 4.5, основные характеристики шлакощелочного легкого бетона приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.5. Теплофизические характеристики шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов

Плотность, кг/м ³	Влажность, %	Теплопроводность, Вт/м·К	Теплоемкость, Дж/кг·К
550	18,0	0,180	1226
590	23,0	0,183	950
600	21,0	0,173	1162
650	14,2,	0,379	706

Таблица 4.6 Основные характеристики шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов

Вид свойств	Конструкционные легкие бетоны на основе кукурузных отходов
Плотность, кг/м ³	600–650
Предел прочности при сжатии, МПа	2,1–5,1

Класс прочности, В	1,5– 3,5
Коэффициент теплопроводности, Вт/(мК)	0,10–0,18
Модуль упругости, МПа	440–900
Морозостойкость, циклы	25–50
Биостойкость	Биостоек
Огнестойкость	Огнестоек
Обрабатываемость после затвердевания	Обрабатывается

Огнестойкость шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов. Разработанный состав композиционного шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов прошел испытания на показатели огнестойкости в НИИДЧС Актюбинской области Республики Казахстан. Результаты испытаний, проведенных по ГОСТ 12.1-044-84, подтверждают, что разработанный состав шлакощелочного легкого бетона горит медленно.

Биостойкость шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов. Исследование биологической устойчивости образцов шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов проведено в лаборатории «Батысэкопроект» Института экологии и микробиологии Актюбинской области Республики Казахстан. Результаты исследований показали, что термические и конструкционные шлакощелочные легкие бетоны, разработанные на основе кукурузных отходов, относятся к группе биостойких материалов.

Морозостойкость шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов. Результаты испытаний на морозостойкость адиабатического шлакощелочного легкого бетона, изготовленного из кукурузных отходов, показали коэффициенты морозостойкости 0,8 и 0,57 для образцов, замороженных 15 и 25 раз при температуре от -19 до -25°C и оттаявших при температуре +18°C.

На основании этих данных установлено, что морозостойкость шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов соответствует маркам Мрз 10-15, а конструкционного бетона – Мрз 25-50.

Выводы по главе IV

1. Установлено, что прочность шлакощелочных легкобетонных образцов возрастает с уменьшением $R/3$ отношения.
2. Установлено, что требуемая прочность шлакощелочного легкого бетона на основе шлакощелочных композиционных вяжущих и молотой кукурузной стружки средней плотностью 620-630 кг/м³ может быть получена путем регулирования переменных величин в широком диапазоне. Это позволило подобрать оптимальный состав легкого бетона на основе кукурузных отходов по техническим, технико-экономическим и другим причинам.
3. Установлено, что на шлакощелочном вяжущем с использованием дробленых кукурузных початок можно получить легкие бетоны для теплоизоляционных конструкций с прочностью на сжатие до 3,5 МПа.
4. Установлено, что интенсивное повышение прочности легкого бетона на основе растительных отходов в пределах от 30 до 120 % от исходного легкого бетона на растительных отходах наблюдается как в естественно затвердевших, так и в образцах первой термообработки. После 28 дней повышение его прочности снижается.
5. Повышения прочности наблюдается у образцов, изготовленных на измельченных кукурузных отходах в 90 суточном возрасте от 15 до 40 %. В основном это связано с тем, что кукурузные початки обладают высоким водопоглощением. Можно также предположить, что щелочь, впитавшаяся в состав легкого бетона, начинает кристаллизоваться внутри органического заполнителя, тем самым упрочняя органический заполнитель и тем самым повышая прочность шлакощелочного легкого бетона.
6. Установлено, что с увеличением плотности шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов водопоглощение резко снижается в зависимости от расхода вяжущего.

7. Установлено, что морозостойкость шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов соответствует классам Мрз 10-15, а конструкционных бетонов - Мрз25-50.

Глава V. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ЛЕГКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КУКУРУЗНЫХ ОТХОДОВ И АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

5.1. Подбор оптимального оборудования для измельчения кукурузных отходов для использования их в составе шлакощелочных легких бетонов на основе отходов растительности

Приготовление оптимального фракционного состава кукурузных отходов для производства легких бетонов на основе растительных отходов связано с отсутствием специального дробильно-сортировочного оборудования для этого вида растительного сырья.

Поэтому дробилки и соломорезки, которые используются в парках переработки сельскохозяйственной продукции, необходимо использовать для разных целей. Существует множество видов оборудования для измельчения материалов. У каждого из этих видов оборудования имеются свои достоинства и недостатки, соответственно, для каждого конкретного технологического решения лучшим образом будут подходить разные варианты оборудования [116,162].

Для определения оптимального типа дробильно-измельчительного оборудования были опробованы несколько видов измельчительных машин и оборудований, используемых в агропромышленном комплексе в странах СНГ.

В таблице 5.1 приводятся различные виды измельчительных приборов и оборудования используемой при производстве шлакощелочных легких бетонов на основе отходов растительности [33,71,116].

Из данных таблицы видно, что наиболее приемлемой машиной, обеспечивающей оптимальную долю кукурузных отходов, является измельчитель Tazz K32, с удаленной решеткой для контроля степени измельчения. Мощная машина, работающая на бензиновом двигателе. Конструкция здесь преимущественно металлическая, что обеспечивает прочность и устойчивость к

механическим повреждениям. Данное оборудование подходит для измельчения сухих кукурузных початок [33, 116,162].

Таблица 5.1 Различные виды измельчительных приборов и оборудования для производства легких бетонов на основе отходов растительности

№ п/п	Наименование агрегатов
1	Молотковые дробилки ДМ-1
2	ДМ-2 (без сита)
3	ДКУ-М
4	ДКУ-М (со снятыми решетками)
5	Измельчительная машина Tazz - K32)
6	РСС-6
7	Измельчитель стебли хлопчатника

5.2. Технология производства шлакощелочного легкого бетона на основе измельченных кукурузных початок

Технология изготовления легкого бетона из кукурузных отходов по сути является такой же операцией, как и технология изготовления обычного арболита. Процесс приготовления изделий и конструкций из легкого бетона на большинстве действующих заводов состоит из дробления, помола и подготовки органического заполнителя по гранулометрическому составу, обработки заполнителя, подачи компонентов легкого бетона, приготовления легкобетонной смеси, укладки и уплотнения в опалубку, тепловой обработки опалубки, выдержки при положительной температуре и транспортировки продукции на склад. Процесс состоит из следующих этапов [71,116].

Среди технических факторов, влияющих на физико-механические свойства легкого бетона из кукурузных отходов и экономику его производства, наиболее важными являются методы уплотнения и прессования. От этого в первую очередь зависят такие свойства, как макроструктура, плотность, теплопроводность, звукопроводность и влагостойкость [26,48,114].

Производство органического заполнителя для легкого бетона из растительных отходов заключается в измельчении органического заполнителя до необходимого объема.

Уплотнение легких бетонных смесей при получении изделий требуемых типоразмеров проводят по ГОСТ 19222-2019 «Арболит и изделия из него» при стандартном или близком к нормативному расходе сырья [1,135-148].

При разработке технологической линии производства шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов учитывались характеристики шлакощелочных вяжущих и молотых кукурузных отходов [10,47,164-168].

Предлагаемый состав в конструкции технологической линии производства теплоизоляционного и конструкционного шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Предлагаемый состав шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов

№ п/п	Предлагаемый состав шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов	Состав, % масс
1	Фосфорный шлак	25 – 30
2	Содосульфатная смесь + жидкое стекло	10 - 15
3	Портландцемент	20 - 25
4	Измельченные кукурузные початки	20 - 30
5	Зола-унос	20 - 30

Традиционные технологии производства деревобетона с портландцементом не позволяют качественно приготовить и уложить смесь и получить изделия с показателями плотности и прочности, соответствующими требованиям ГОСТ 19222-2019 [61-63].

В связи с этим при совместном участии завода г.Актобе ТОО " А.Е.Н.Д." была разработана новая методика, основанная на основных правилах теории прочности для агрегатно-структурированных материалов, которая позволяет уменьшить фазовое соотношение металлоорганических заполнителей (уменьшить толщину слоя матрицы) и улучшить адгезию и когезию.

Приготовление сырьевых смесей из этих материалов и производство изделий из них осуществляется по технологии, представленной на рисунке 1.5.1.

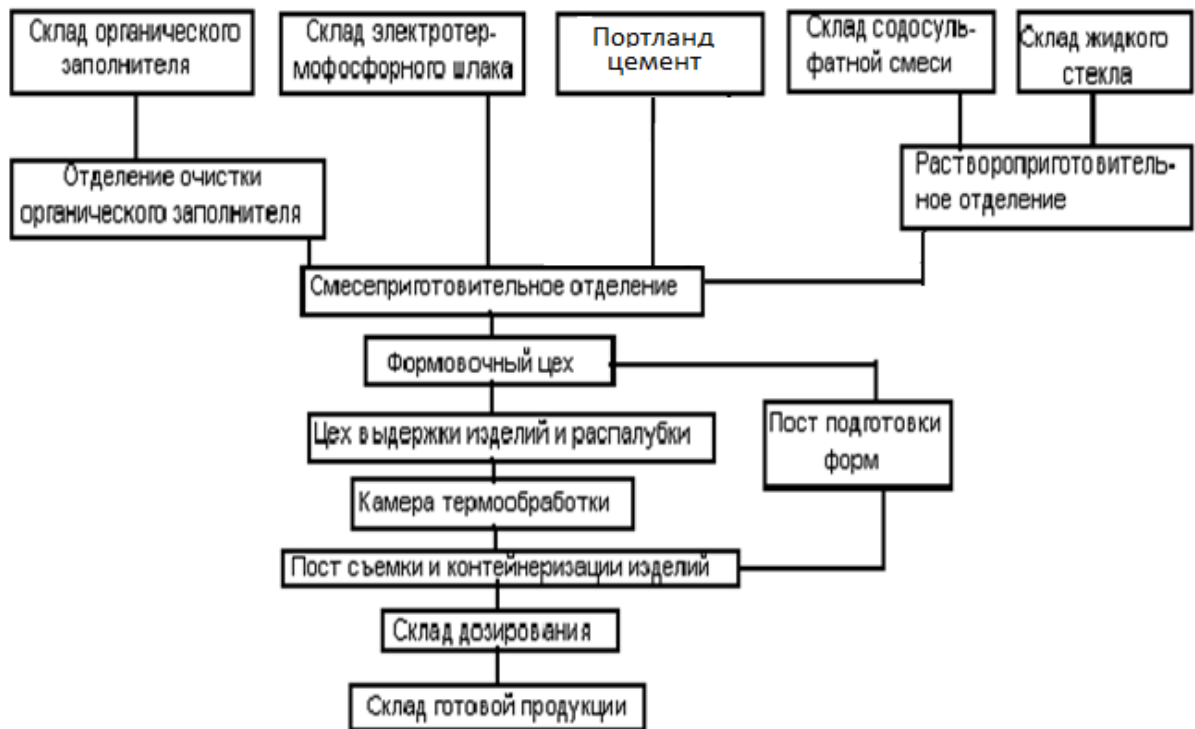


Рисунок 5.1. Основная техническая схема производства шлакощелочного легкого бетона из кукурузных отходов

По сравнению с традиционной технологией производства легкого бетона с использованием кукурузных отходов, данная технология сокращает время и энергозатраты на производство легкой бетонной смеси в 1,7-1,9 раза, время на распределение и уплотнение смеси в 2-2,5 раза, продолжительность цикла твердения изделий в 7-8 раз, производительность и удельное содержание металла в 1,8-2,5 раза.

Внедрение общих принципов этой технологии при организации производства изделий и конструкций из легких бетонов на основе растительных отходов различного сырья позволяет сохранить специфические свойства материала и технико-экономические показатели его производства.

5.3. Производственное внедрение шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов и его технико-экономическая эффективность

На Актюбинской организации ТОО "А.Е.Н.Д." были изготовлены опытные образцы легкого бетона для теплоизоляции и строительства с использованием кукурузных отходов и шлакощелочного вяжущего.

К ним относятся тонкодисперсный шлак от электротермической очистки, зола-унос от электронагревателей Актобе, жидкое натриевое стекло и содосульфатная смесь Актобе от "Электрохимпрома". И органический наполнитель - кукурузные отходы.

Легкая бетонная смесь была приготовлена из комбинированного щелочного раствора жидкого натриевого стекла (1300 кг/м³) и сульфата натрия (1200 кг/м³) в объемном соотношении 1:1.

Необходимую дозу органического наполнителя (кукурузные отходы) смешивали с комплексным щелочным раствором, затем подавали алюмосиликатный компонент и производили окончательное смешивание компонентов. Все ингредиенты шлаково-щелочного раствора смешивали до получения однородной массы и помещали в форму.

Время приготовления шлакощелочной легкобетонной смеси составило 7-9 минут. В дальнейшем изделия с разным временем выдержки отправлялись на термообработку в специально оборудованные сушильные камеры.

Термическую обработку проводили в сухой среде до 80°С в течение 6–8 часов по разработанному режиму.

После термообработки изделия извлекали из форм и хранили в цехе при температуре 18-24°С, предохраняя от влаги и прямых солнечных лучей.

При разработке технологии изготовления щелочного легкого шлакобетона из кукурузных отходов в заводских условиях учитывалось влияние следующих факторов

- последовательность смешивания ингредиентов и общее время обработки.

- Соотношение количества компонентов в зависимости от показателей прочности и плотности легкого бетона с кукурузными отходами.
- Тип смазочного материала и условия смазки пресс-форм и крышек пресс-форм.
- Тип и размер уплотнения.
- Условия термообработки и параметры изделия из легкого бетона из кукурузных отходов до термообработки и время выдержки.
- время фиксации силы формования;
- термическая обработка закрытых и открытых фасонных изделий.

Обоснованные параметры для этих факторов определялись по плотности полученного легкого бетона, прочности на сжатие после твердения в нормальных условиях и прочности на сжатие после термической обработки в разном возрасте.

Также учитывались однородность структуры полученного материала, внешний вид изделия, шероховатость и целостность поверхности и поверхностей, содержание влаги в легком бетоне на основе кукурузных отходов при испытаниях и срок достижения товарной влажности продукции (по ГОСТ 19222) -25%.

При опытном производстве партий блоков из легкого щелочного шлакобетона, используемых в жилищном строительстве, были использованы следующие технологии производства легкого бетона:

- Смешивание - В двухосном противоточном смесителе основные компоненты органического наполнителя частично измельчаются гравитационной вибрацией до удельного веса 0,02-0,04 МПа и формируются в форме с неподвижной крышкой.
- Термообработка в сушильной камере при температуре изотермической выдержки $T = 80^{\circ}\text{C}$ в течение 6-8 часов.
- Готовая продукция укладывается в штабеля и поступает на этап охлаждения по прочности и содержанию влаги.

Партия блоков размером 400x200x200 мм была изготовлена из легкого бетона, изготовленного из шлакощелочного и теплоизоляции из кукурузных отходов (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2. Шлакощелочной легкобетонный блок на основе кукурузных
отходов

Выпущенная партия продукции использовалась для строительства частных домов в селах. Каргалы в Актюбинской области позволил использовать в качестве строительной корки шлакощелочной легкий бетон на основе кукурузных отходов вместо керамзитобетона и тяжелого бетона (рисунок 5.3).



Рисунок 5.3. Строительство малоэтажных домов в поселке Каргалы Актюбинской
области из шлакощелочных блоков

Производство опытной партии шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов показало высокую технико-экономическую эффективность

за счет низкой себестоимости и высокой активности шлакощелочного вяжущего на заполнителе.

Эффективность производства шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов определялась приведенной себестоимостью 1м³ готового продукта.

Таким образом, общий экономический эффект от внедрения технологии шлакощелочных легких бетонов на основе кукурузных отходов составляет:

$$Э_{и} = 669450 + 9550 = 679\ 000 \text{ руб. в год.}$$

Экономический эффект от применения теплоизоляционного бетона из щелочного шлака, изготовленного из кукурузных отходов, в системе Актобестрой составляет 679 000 рублей в год. Полный расчет технико-экономической эффективности внедрения приведен в приложении.

Выводы по главе V

1. Измельчительная машина Tazz K32 со съемной решеткой для регулировки степени дробления оказалась наиболее подходящей машиной для получения оптимального уровня кукурузных отходов. Мощная машина, которая работает от бензинового двигателя. Конструкция здесь преимущественно металлическая, что обеспечивает прочность и стойкость к механическим повреждениям. Аппарат хорошо подходит для измельчения сухих кукурузных початков.

2. Технология шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов позволяет сократить временные и энергетические затраты при приготовлении легких бетонных смесей в 1,7-1,9 раза и в 2-2,5 раза при укладке и уплотнении смесей по сравнению с традиционными технологиями. время, 7-8 раз- продолжительность цикла заделки изделия, 1,8-2,5 раза-удельная металлоемкость продукции.

3. Изготовлена партия теплоизоляционных блоков 400x200x200 мм из шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов.

4. Выпущенные партии продукции использовались для строительства частных домов в поселке Каргалы в Актюбинской области позволил использовать в качестве строительной корки шлакощелочной легкий бетон на основе кукурузных отходов вместо керамзита или тяжелого бетона.

5. Установлено, что экономический эффект от внедрения изоляционного шлакощелочного легкого бетона в кукурузоотходное производство системы «Актобестрой» составил 679 000 рублей в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ использования бетона и вяжущих показывает, что наиболее эффективным в резко континентальных климатических регионах России и Казахстана является легкий бетон на органических заполнителях, обладающий высокими теплоизоляционными и физико-механическими свойствами. Показана возможность использования в качестве заполнителя легких бетонов кукурузных отходов. Также в регионах России и Казахстана имеется большое количество промышленных отходов шлаков и шламов, которые могут использоваться в смешанных вяжущих.

2. Установлено, что введение в состав шлакощелочного легкого бетона на основе кукурузных отходов композиционной добавки ССФШЗУП (состоящей из содовой сульфатной смеси, фосфорного шлака, золы-уноса и портландцементного клинкера) приводит к увеличению предела его прочности при сжатии до 2,7–3,0 МПа. Установлено, что шлакощелочные вяжущие с добавками практически не снижают своих прочностных свойств в присутствии водоекстрагируемых материалов из кукурузных отходов.

3. Установлена динамика повышения прочности шлакощелочных вяжущих с добавлением фосфорных шлаков, золы-уноса, портландцементного клинкера и жидкого стекла с содосульфатными смесями в составе легких бетонов с кукурузными отходами. Максимальное содержание добавок составляет 1,1% от массы шлакового вяжущего. Расход нейтрализатора зависит от удельной поверхности органического наполнителя, а расход отвердителя - от количества шлакощелочного связующего и нейтрализатора.

4. Установлено, что увеличение размера частиц органических заполнителей из кукурузных отходов снижает плотность и повышает предел прочности при сжатии легких бетонов. Это связано с тем, что органический заполнитель из измельченных кукурузных початков действует как армирующий материал и может выдерживать большую нагрузку. Проведенные исследования позволяют целенаправленно планировать производство шлакощелочных легких бетонов на

основе кукурузных отходов разной прочности в зависимости от доли органического заполнителя.

5. Методами рентгенофазового анализа установлено, что при введении в состав легких бетонов смешанных добавок из золы-уноса и портландцементного клинкера на основе щелочных растворов, состоящих из отходов производства, смесей жидкого стекла и содосульфатной смеси, возникают новые гидратные соединения.

6. Установлено, что наибольшей прочностью обладает состав легкого бетона, использующий в качестве заполнителя кукурузные отходы фракций 35–40 мм, достигающий 3,5 МПа через 28 суток. Установлено, что в зависимости от фракции заполнителя оптимальное соотношение раствора и заполнителя для легкого бетона на основе кукурузных отходов находится в диапазоне от 0,9 до 1,5.

7. На основе разработанных смесей изготовлена опытная партия блоков, из которых построены частные дома в поселке Каргала Актюбинской области. Экономический эффект от внедрения шлакощелочного легкого бетона с заполнителем из отходов кукурузы в производство «Актобестрой» составил 679 000 рублей в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдрахимов, В.З. Технология стеновых материалов и изделий / В.З. Абдрахимов. Самара, 2005. 192 с.
2. Абн-Ганнам Файсал, М. Бетон на активированном цементном вяжущем для автодорожного строительства: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.Абн-Ганнам Файсал. Ташкент, 1995. 21 с.
3. Абраменко, Н.И. Поризованный цементный арболит на древесных заполнителях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Н.И. Абраменко. М.: НИИЖБ, 1980. 18 с.
4. Авраменко, Валерий Викторович. Легкие бетоны на основе растительного сырья и минеральных вяжущих для стеновых ограждений : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Авраменко Валерий Викторович; [Место защиты: Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т].- Новосибирск, 2010.- 180 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/784
5. Агаджанов, В.И. Экономическая эффективность применения серы для модификации бетонов / В.И. Агаджанов, Т.В. Михайлова, Ю.И. Орловский // Бетон и железобетон. 1984. № 10. С 20–21.
6. Азимов, А. Особенности твердения шлакощелочных песчаных бетонов и тампонажных растворов при повышенных температурах и давлениях: автореф. дис. ... техн. канд. наук / А.Азимов. Киев, 1983. С. 22–23.
7. Акулова, М.В. Механохимическая активация и детоксикация промышленных отходов для получения вяжущих легких бетонов / М.В. Акулова, Б.Р. Исакулов // Вестник ВолГАСУ. Сер. Строительство и архитектура. Волгоград, 2013. Вып. 31 (50). Ч. 2. Строительные науки. С. 75–80.
8. Акчабаев, А.А. Активация вяжущего поляризацией как способ повышения прочности арболита / А.А. Акчабаев, К.А. Бисенов, С.С. Удербает // Доклады Министерства науки и высшего образования. Алматы: НАН РК, 1999. № 4. С. 57–60.
9. Акчабаев, А.А. Основы прогрессивной технологии прессуемого арболита: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / А.А. Акчабаев. СПб.: ЛИСИ, 1992. 297 с.

10. Андреев, Василий Леонидович. Снижение энергоемкости процесса очистки семян путем разработки замкнуто-разомкнутой пневмосистемы с инерционным жалюзийно-противоточным воздухоочистителем : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01.- Санкт-Петербург-Пушкин, 1994.- 21 с.: ил.
11. Арболит – проблемы и перспективы: науч.-темат. сб. / об-ние «Росколхозстрой»; проект.-технол. произв. об-ние «Сельхозстройматериалы»; ред.: М.И. Клименко [и др.]. Саратов: Изд-во Саратов.ун-та, 1982. 79 с.
12. Арсенцев, В. А. Экономическая эффективность производства арболита в строительстве. /Арболит и его применение: сборник статей под ред. М. И. Клименко. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1976. - 133 с.:ил.
13. Арутюнян, Маргарита Размиковна. Легкие бетоны на основе пеностеклогранулята с насыпной плотностью 200-350 кг/м³ и их основные физико-механические и теплофизические свойства : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Научно-исслед. ин-т бетона и железобетона Госстроя.- Москва, 1991.- 18 с.: ил. РГБ ОД, 9 01-2/4065-7
14. Арутюнян, Н.Х. Расчет строительных конструкций с учетом ползучести / Н.Х. Арутюнян, А.А. Зевин. М.: Стройиздат, 1988. 256 с.
15. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетона / И.Н. Ахвердов. М.: Стройиздат, 1981. 464 с.
16. Аяпов, У.А. Вяжущие и бетоны из минеральных отходов промышленности Казахстана / У.А. Аяпов, С.А. Архабаев, З.Б. Шорманова. Алма-Ата: Наука, 1982. 234 с.
17. Баженов, Ю.М. Безобжиговый зольный гравий – новый эффективный заполнитель для бетона / Ю.М. Баженов, К.В. Гладких, И.Л. Данилович [и др.] // Строительные материалы. 1980. № 8. С. 6–7.
18. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, С.В. Демьянова, И.В. Калашников. М.: АСВ, 2006. 368 с.
19. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учеб.пособие для вузов спец. «Производство строительных изделий и конструкций» / Ю.М. Баженов. Изд. 2-е, перераб. М.: Высш. шк., 1987. 55 с.

20. Баженов, Ю.М. Технология сухих строительных смесей: учеб.пособие для вузов / Ю.М. Баженов. М.: АСВ, 2003. 95 с.
21. Байбулов, Амиржан Конысбаевич. Разработка и обоснование параметров посевной секции сеялки для раннего посева кукурузы : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Оренбургский сельскохоз. ин-т.- Оренбург, 1992.- 16 с.: ил. РГБ ОД, 9 93-3/2611-1
22. Бакиев Илшат Талгатович. Интенсификация процесса сушки початков кукурузы : Дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 : Уфа, 2005 137 с. РГБ ОД, 61:05-5/2126
23. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика Текст. / В. Г. Батраков. М.: Стройиздат, 1998. - 768 с.
24. Батырбаев, Г.А. Изготовление и испытание панелей на основе стеблей хлопчатника и рисовой лузги / Г.А. Батырбаев, А.Г. Есельбаев, М.К. Нургаев [и др.] // Архитектурно-строительные конструкции и инженерное оборудование зданий и сооружений: сб. Алма-Ата: КазПИ, 1980. С.75–80.
25. Батырбаев, Г.А. К подбору состава арболита / Г.А. Батырбаев // Бетон и железобетон. 1975. № 6. С. 117.
26. Батырбаев, Г.А. Оборудование для измельчения стеблей хлопчатника для производства арболита / Г.А. Батырбаев // Арболит и его применение/ под ред. М.И. Клименко. Саратов: Изд-во Саратов.ун-та, 1976. С. 65–71.
27. Батырбаев, Г.А. Параметры изготовления и эффективность арболита дробленых стеблях хлопчатника / Г.А. Батырбаев // Бетон и железобетон. 1977. № 7. С. 28–29.
28. Беленький, Ю.С. Конструктивные свойства арболита / Ю.С. Беленький // Арболит. Производство и применение. М.: Стройиздат, 1977. С. 178-187.
29. Бисенов, К.А. Ячеистые бетоны на основе отходов обогащения флюоритовых руд и шлака: дис. канд. техн. наук:05.23.05 / К.А. Бисенов. М., 1985. 190 с.
30. Бисенов, К.А. Ячеистые бетоны на основе отходов промышленности / К.А. Бисенов. М., 1994. 124 с.
31. Битуев Александр Васильевич. Эффективные бетоны с комплексным

использованием перлитовых пород : диссертация ... доктора технических наук : 05.23.05.- Улан-Удэ, 2002.- 267 с.: ил. РГБ ОД, 71 03-5/132-0

32. Борковская, Ю.Б. Теория поляризации тонкого двойного слоя в концентрированных дисперсных системах / Ю.Б. Борковская, Н.И.Жарких // Тезисы докладов VIII всесоюзной конференции по коллоидной химии и физико-химической механике. Ташкент, 1983.

33. Борщевский, А.А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: учеб. для вузов / А.А. Борщевский, А.С.Ильин. М.: Высш. шк., 1987. 367 с.

34. Бужевич, Г.А. Арболит. Текст. / Г. А. Бужевич. М.: Стройиздат, 1982.-244 с.

35. Бутт, Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов: учеб. для вузов по спец. «Химическая технология вяжущих материалов» / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев; под ред. В.В. Тимашева. М.: Высш. шк., 1980. 472 с.

36. Бухаркин, В.И. Основные факторы формования арболитовой смеси и их влияние на качество изготавливаемых изделий / В.И. Бухаркин, Г.В. Тирновская // Арболит. Производство и применение/ В.А. Арсенцев [и др.]; под ред. А.С. Щербакова, Н.К. Якунина. М.: Стройиздат, 1977. С. 157–165.

37. Бучаченко, А.Л. Магнитные взаимодействия в химических реакциях / А.Л.Бучаченко. М.: Химия, 1980. 228 с.

38. Ваганов, А.И. Зависимость прочности легкого бетона от свойств раствора и заполнителей / А.И. Ваганов// Строительная промышленность. 1950. №5. С. 15–18.

39. Вайнштейн, М.З. Формирование прочности легкого бетона и механизм его деформации и разрушения / М.З. Вайнштейн // Бетон и железобетон. 1984. № 6. С.8–10.

40. Ваньков, П.И. Новые метода повышения прочности арболита / П.И. Ваньков, Г.В. Клар. Красноярск, 1970. С. 84–89.

41. Васильков, С.Г. Влияние различных факторов на сырцовую прочность и кажущуюся плотность гранулята / С.Г. Васильков // Эффективные строительные материалы на основе отходов промышленности. Ташкент, 1988. С. 4–11.

42. Васюнина Светлана Владимировна. Строительные материалы с пониженной радиоактивностью : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Васюнина Светлана Владимировна; [Место защиты: Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова].- Белгород, 2007.- 170 с.: ил. РГБ ОД, 61 07-5/5608
43. Верижников Игорь Владимирович. Стратегия и механизмы инновационного развития промышленности строительных материалов в регионах России : Дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 : Орел, 2002 176 с. РГБ ОД, 61:03-8/735-8
44. Виткул, А.Б. Активизация металлургических шлаков для получения вяжущих масс и бетонов высокой прочности и стойкости. Гидратация и твердение вяжущих / А.Б. Виткул, Ю.В. Мелешко, А.Н. Рябцев // Тезисы докладов совещания. Уфа, 1978. С. 321.
45. Волженский, А.В. О перспективах дальнейшего развития производства экономичных бетонов / А.В. Волженский, Ю.Д. Чистов // Бетон и железобетон. 1991. № 2. С. 10–11.
46. Волженский, А.В. Смешанные портландцементы повторного помола и бетоны на их основе / А.В. Волженский, Л.Н. Попов. М., 1961. 220 с.
47. Волокна с особыми свойствами / Л.А. Вольф [и др.] М.: Химия, 1980. 240 с.
48. Временные рекомендации по механизации уборки и заготовки стеблей хлопчатника для промышленных целей // МСХ УзССР. Ташкент, 1972. С. 19.
49. Временные указания по применению в строительстве изделий из арболита на дробленых стеблях хлопчатника или одубине (РСН 13-71) / Госстрой КазССР. Алма-Ата, 1971. С. 24.
50. Высоцкий, С.А. Оценка эффективности и классификация многокомпонентных цементов / С.А. Высоцкий, А.М. Царик // Бетон и железобетон. 1993. № 1. С.4-8.
51. Галебуй, Сара. Теплоизоляционный материал на основе отходов хлопчатника Центральной Африки : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Сара Галебуй; [Место защиты: Иван. гос. архитектур.-строит. ун-т]. - Иваново, 2013. - 18 с.
52. Геворкян, Альберт Ашотович. Плазмированные изделия

- из легких бетонов для использования в нейтральных средах : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Томск, 1991.- 25 с.: ил.
53. Глуховский, В.Д. Грунтосиликаты / В.Д. Глуховский. Киев: Госстройиздат, 1959. 126 с.
54. Глуховский, В.Д. Грунтосиликаты, их свойства, технология изготовления и области применения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.05 / В.Д. Глуховский. Киев, 1965. 41 с.
55. Глуховский, В.Д. Новый строительный материал / В.Д. Глуховский, И.А. Пашков, Г.А. Яворский // Бюллетень информации Главкиевгорстроя. 1957. № 2. С. 13–15.
56. Глуховский, В.Д. Шлакощелочные цементы и бетоны / В.Д. Глуховский, В.А.Пахомов. Киев: Будивельник, 1978. 184 с.
57. Гольдштейн, Л.Я. Использование топливных зол и шлаков при производстве цемента / Л.Я. Гольдштейн, Н.П. Штейерт. Л.: Стройиздат. Ленингр.отд-ние, 1977. 108 с.
58. Гончаров, Ю.И. Шлакобетоны с активным заполнителем / Ю.И. Гончаров, Ш.М. Рахимбаев, М.Ю. Гончарова // Бетон и железобетон в третьем тысячелетии: материалы междунар. науч.-практ. конф. Ростов-н/Д, 2000. С 128–133.
59. Гончарова, М.Ю. Строительные материалы гидратационного твердения из низкоосновных доменных шлаков: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.Ю. Гончарова; Белгород.гос. технол. акад. строит. материалов. Белгород, 2000. 16 с.
60. Горчаков, Г.И. Основы стандартизации и управления качеством продукции промышленности строительных материалов: учеб. пособие для студ. вузов по спец. «Производство строительных изделий и конструкции» / Г.И. Горчаков, Э.Г. Мурадов. М.: Высш. шк., 1987. 335 с.
61. ГОСТ 10181-2000. Бетонные смеси. Методы испытаний Текст. Взамен ГОСТ 10181.0-81 - ГОСТ 10181.4-81; введ. 01.07.2001.- М.: Изд-во стандартов, 2001. - 19 с.
62. ГОСТ 19222-2019. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. (протокол от 29 марта 2019 г. N 117-П).

63. ГОСТ 25820-2000. Бетоны легкие. Технические условия Текст. -Введ. 07.01.2001.-М.: Изд-во стандартов, 2000.-21 с.
64. Гранулируемость высококальциевых зол ТЭС / Ф.Л. Капустин [и др.] // Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов: материалы междунар. науч.-техн. конф. Белгород, 2000. Ч. 1. С. 124–128.
65. Грушко, Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах: справ. / Я.М. Грушко. Л.: Химия, 1979. 169 с.
66. Данг, Ши Лан. Высокоэффективный пенобетон с применением золы рисовой шелухи: автореф. дис. ... канд. техн наук: 05.23.05 / Данг Ши Лан. М., 2006. 25 с.
67. Данилович, И.Ю. Использование топливных шлаков и зол для производства строительных материалов: учеб.пособие для СПТУ / И.Ю. Данилович, Н.А. Сканави. М.: Высш. шк., 1988. 67 с.
68. Дворкин, Л.И. Высокопрочные бетоны с активированным зольным наполнителем / Л.И. Дворкин // Бетон и железобетон. 1993. № 6. С. 4–6.
69. Демин, В.И. Экономика предприятий по производству строительных материалов, изделий и конструкций: учеб.пособие / В.И. Демин, Л.В. Заруева. Новосибирск: НГАСУ, 2001. 180 с.
70. Джумабаев Мурат Давлетович. Легкий арболитобетон на основе композиционных цементозольношламовых вяжущих и твердых органических отходов (на примере побочных продуктов сельского хозяйства Республики Казахстан): диссертация ... кандидата Технические наук: 05.23.05 / Джумабаев Мурат Давлетович; [Место защиты: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный политехнический университет], 2017
71. Долидзе, Д.Е. Испытания конструкций и сооружений / Д.Е. Долидзе. М.: Высш. шк., 1975. 252 с.
72. Дьяченко, Д.А. Исследование возможности повышения прочности сцепления неорганического связующего с органическим заполнителем / Д.А. Дьяченко // Исследование в области лесной и деревообрабатывающей

промышленности. М., 1971. Вып. 4. С. 102–108.

73. Евстратова, К.И. Физическая и коллоидная химия / К.И. Евстратова, И.А. Купина, Е.Е. Малахова. М.: Высш. шк., 1990. 487 с.

74. Евтушенко, Е.И. Процессы кристаллизации и активность доменных граншлаков / Е.И. Евтушенко, И.В. Старостина, Е.И. Кварцов // Современные проблемы строительного материаловедения: материалы пятых акад. чтений РААСН. Воронеж, 1999. С. 130–133.

75. Ефременко, Антон Сергеевич. Высокопрочные легкие бетоны на основе тонкомолотых композиционных вяжущих с использованием золы терриконики : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Ефременко Антон Сергеевич; [Место защиты: Вост.-Сиб. гос. ун-т технологий и упр.]- Иркутск, 2013.- 158 с.: ил. РГБ ОД, 61 14-5/408

76. Ехаб Мохамед Хосни Рагаб Жаростойкие легкие бетоны на композиционных вяжущих с полыми зольными микросферами : Дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 Москва, 2005 119 с. РГБ ОД, 61:05-5/4256

77. Жолнерович, В.Г. Повышение эффективности использования портландцемента в золонаполненных вяжущих / В.Г. Жолнерович, В.А. Кудинов // Строительные материалы. 1998. № 2. С. 26–27.

78. Журба Ольга Васильевна. Легкие бетоны на основе регенерированного пенополистирольного сырья : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 Улан-Удэ, 2007 144 с., Библиогр.: с. 133-143 РГБ ОД, 61:07-5/4720

79. Ильин, В.П. Высокопрочный кирпич на шлакощелочном вяжущем / В.П. Ильин, Г.Г. Рябов // Строительные материалы и конструкции. 1979. № 1. С. 12.

80. Исакулов Баизак Разакович. Получение высокопрочных арболитобетонов на основе композиционных шлакощелочных и серосодержащих вяжущих: диссертация ... доктора технических наук: 05.23.05 / Исакулов Баизак Разакович; [Место защиты: Ивановский государственный политехнический университет - ФГБОУ ВПО].- Иваново, 2016

81. Исакулов, Б.Р. Использование промышленных и сельскохозяйственных

отходов Казахстана для получения легких бетонов /Б.Р.Исакулов// Науч.-техн. еестн. Поволжья. Казань, 2011. № 4. С. 180–183.

82. Исакулов, Б.Р. Исследование прочностных характеристик поризованных легких бетонов на основе отходов промышленности и растительного сырья Центральной Азии / Б.Р. Исакулов // Научно-технический вестник Поволжья. Казань, 2011. № 5. С. 125–131.

83. Исакулов, Б.Р. Исследование свойств шлакощелочных вяжущих на основе промышленных отходов Казахстана / Б.Р. Исакулов, М.Д. Джумабаев, У.К. Акишев [и др.] // NaukowaprzestrzenEuropy – 2012:[материалы VIII междунар. науч.-практ. конф.].Przemysl, 2012. С. 58–64.

84. Исакулов, Б.Р. Исследование характера и механизма разрушения легких поризованных арболитобетонов на основе отходов промышленности и растительного сырья / Б.Р. Исакулов, А.С.Жив // Строительные материалы, М., 2012. №12. С. 6–12.

85. Исакулов, Б.Р. Подбор состава и исследование свойств бетона с добавками золы-уноса и пластификатора /Б.Р.Исакулов// Проблемы архитектуры и строительства: науч.-техн. журн. Самарканд, 2009. №4. С. 46–48.

86. Исакулов, Б.Р. Применение промышленных отходов в строительстве / Б.Р. Исакулов // Вестник Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан. Нукус, 2005. № 2 (201). С. 33–34.

87. Исакулов, Б.Р. Разработка рецептур, технология получения гипсошлаковых вяжущих /Б.Р.Исакулов // Поиск. Научно-технический журнал. Алматы, 2011. №1. С. 127–131.

88. Исакулов, Б.Р. Экспериментальные исследования свойств шлакощелочных вяжущих на основе отходов промышленности Западного Казахстана / Б.Р. Исакулов // Поиск.Научно-технический журнал. Алматы, 2011. № 1. С. 121–127.

89. Исакулов, Байзак Разакович. Исследование прочности и деформативности поризованного арболита на основе отходов хлопчатника: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Владимир, 2000.- 21 с.: ил.

90. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе. Справочное пособие / под ред. Ю.П. Горлова. М.: Стройиздат, 1987. 304 с.
91. Ицкович, С.М. Технология заполнителей бетона / С.М. Ицкович, Л.Д. Чумаков, Ю.М. Баженов. М.: Высш. шк., 1991. 272 с.
92. Калашников, В.И. Кинетика процессов структурообразования шлаковых вяжущих / В.И. Калашников, В.Ю. Нестеров // Актуальные проблемы современного строительства: сб. ст. докторантов. СПб.: СПбГАСУ, 1994. С. 43–50.
93. Камилов, Х.Х. Технология и свойства арболита на основе безобжигового вяжущего и сельскохозяйственных отходов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Х.Х. Камилов. Ташкент, 1997. 20 с.
94. Карасев, Е.И. Теплоизоляционные плиты из отходов деревообработки / Е.И. Карасев, В.В. Стриженко // Научные труды. М.: МГУЛ, 1997. Вып. 293. С. 33–37.
95. Касимов, И.К. Забытая гуза-пая / И.К. Касимов // Правда востока. 1984. № 269. С. 4.
96. Касимов, И.К. Особенности получения арболита на основе гуза-пай / И.К. Касимов, А.А. Тулаганов, Ш.Т. Абдукамилов // Бетон и железобетон. 1991. № 5. С. 20–22.
97. Касимов, И.К. Шлакощелочной арболит: пути использования вторичных ресурсов для производства строительных материалов и изделий / И.К. Касимов, А.А. Тулаганов // Тезисы докладов всесоюзного совещания. Чимкент, 1986. С. 467.
98. Каушанский, В.Е. Термообработка доменного гранулированного шлака как один из способов его гидравлической активности / В.Е. Каушанский, О.Ю. Баженова, А.С. Трубицын // Известия вузов. Сер. Строительство. 2002. № 4. С. 54–56.
99. Клименко, М.И. Исследование арболита на основе высокопрочного гипса. / Автореф. дисс. канд. техн. наук. М.: ВНИИНСМ, 1970. - 18 с.
100. Книгина Г.И. Лабораторные работы по технологии строительной керамики и искусственных пористых заполнителей: учеб. пособие / Г.И. Книгина,

Э.Н. Вершинина, Л.Н. Тацки. М.: Высш. шк., 1985. 223 с.

101. Кобулиев Зайналобудин Валиевич. Физико-химические основы структурообразования и теплофизические свойства материалов на основе минерального и растительного сырья : диссертация ... доктора технических наук : 02.00.04, 01.04.14 / Ин-т химии им. В.И. Никитина АН Респ. Таджикистан.- Душанбе, 2006.- 318 с.: ил. РГБ ОД, 71 07-5/536

102. Коломиец Иван Васильевич. Аэрированные легкие бетоны и растворы с пористыми заполнителями и их применение в производстве стеновых камней и плит перегородок : Дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 : Санкт-Петербург, 2003 203 с. РГБ ОД, 61:04-5/861

103. Комар, А.Г. Строительные материалы и изделия / А.Г. Комар. М., 1983. 483 с.

104. Комплексная электромеханическая активация золошламовых вяжущих для получения легких арболитобетонов / М.В. Акулова, Б.Р. Исакулов, М.Д. Джумабаев[и др.]// Научно-технический вестник Поволжья. Казань, 2014. № 1. С. 45–49.

105. Композиты на основе низкоосновных доменных шлаков / Ю.И. Гончаров [и др.] // Современные проблемы строительного материаловедения: материалы пятых акад. чтений РААСН. Воронеж: ВГАСА, 1999. С. 94–104.

106. Корнеев, А.Д. Строительные композиты на основе шлаковых отходов / А.Д. Корнеев, Н.Ф. Сапронов, М.А. Гончарова // Современные проблемы строительного материаловедения: материалы пятых акад. чтений РААСН. Воронеж: ВГАСА, 1999. С. 215.

107. Корнеев, А.Д. Строительные композиционные материалы на основе шлаковых отходов / А.Д. Корнеев, М.Ю. Гончарова, Е.А. Бондарев. Липецк, 2002. 120 с.

108. Королев, А.С. Управление водонепроницаемостью цементных композитов путем направленного уплотнения гидратной структуры цементного камня / А.С. Королев. Челябинск, 2008. 147 с.

109. Косач Анатолий Федорович. Комплексное регулирование

- эксплуатационных свойств легких бетонов путем направленного структурообразования и активирования компонентов смеси : диссертация ... доктора технических наук : 05.23.05 / Новосибир. гос. архитектур.-строит. ун-т.- Новосибирск, 2007.- 277 с.: ил. РГБ ОД, 71 07-5/547
110. Косимое, О.Б. Шлакощелочной конструкционный арболит на основе местных отходов сельского хозяйства: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / О.Б. Косимое. Киев, 1990. 17 с.
111. Котенко, В.Д. Прогнозирование свойств композиционных материалов с древесными и другими армирующими наполнителями: дис. ... д-ра техн. наук / В.Д. Котенко. М., 1995. 364 с.
112. Кравченко, Владимир Сергеевич. Параметры и режимы обмолота початков кукурузы : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.20.01 / Всерос. н.-и. и проектно-технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва.- зерноград, 1997.- 37 с.: ил. РГБ ОД, 9 98-5/21-2
113. Кривенко, П.В. Специальные шлакощелочные цементы / П.В. Кривенко. Киев:Будивельник, 1992. С. 192.
114. Крылов, Г.А. Механизация переработки сырья в производстве древесностружечных плит / Г.А. Крылов. М.,1984.-- Вып.12.-20с.
115. Кузинец, Б.З. Изучение эффективности применения золы при производстве арболита / Б.З. Кузинец, И.М. Якушина, К.А. Левинский // Науч. тр. Моск. лесотехн. ин-та. 1989. Вып. 216. С. 17–23.
116. Куликов, В.А. Технология клееных материалов и плит / В.А. Куликов, А.Б. Чубаров. М., 1984. 338 с.
117. Кучерявый, В.И. Арболит на основе волокнистого древесного заполнителя: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В.И. Кучерявый. М.: Моск. лесотехн. ин-т, 1989. 20 с.
118. Легкие бетоны на основе безобжиговых цементов / К.А. Бисенов, И.К. Касимов, А.А. Тулаганов[и др.]. Алма-Ата, 2005. 300 с.
119. Лейкин, Алексей Павлович Формирование оптимальной структуры и свойств легкого бетона как композиционного материала : Дис. ... канд. техн. наук :

05.23.05 СПб., 2005 163 с. РГБ ОД, 61:05-5/2147

120. Лохова, Н.А. Обжиговые материалы на основе микрокремнезема: учеб.пособие / Н.А. Лохова, И.А. Макарова, С.В. Патраманская. Братск: БрГТУ, 2002. 163 с.

121. Лукутцова Наталья Петровна. Получение экологически безопасных строительных материалов из природного и техногенного сырья : Дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.05 : Брянск, 2005 443 с. РГБ ОД, 71:05-5/518

122. Макбузов Амангельды Салтыбалдиевич. Вермикулит каратас-алтынтасского месторождения (Западный Казахстан) и его применение в производстве аэрированных легких бетонов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Макбузов Амангельды Салтыбалдиевич; [Место защиты: С.-Петерб. гос. архитектур.-строит. ун-т].- Санкт-Петербург, 2009.- 156 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/1595

123. Максаков, Алексей Викторович. Гранулированный наноструктурирующий наполнитель на основе сырья различного типа для легких бетонов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Максаков Алексей Викторович; [Место защиты: Белгород. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова].- Белгород, 2012.- 191 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/483

124. Махмуд, Абу-Хасан. Легкий бетон на основе поризованных наполнителей из дисперсодержащих попутных продуктов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Санкт-Петербург, 1996.- 17 с.: ил.

125. Наназашвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. Стройиздат. Ленинград. 1990

126. Насритдинов, Мухаммад Махмутжонович. Прочностные и деформативные свойства легкого конструкционного бетона на пористых наполнителях из лессовидных суглинков и особенности работы изгибаемых элементов из него : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.01.- Москва, 1989

127. Никифоров, Александр Юрьевич. Технология и оборудование мобильных производств арболита : диссертация ... кандидата технических наук : 05.21.05.- Красноярск, 1998.- 146 с.: ил. РГБ ОД, 61 99-5/645-8

128. Обрезкова Вера Александровна. Исследование предварительно напряженных изгибаемых конструкций из поризованного арболита : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.01.- Ульяновск, 2005.- 154 с.: ил. РГБ ОД, 61 06-5/11
129. Один Антон Ильич. Влияние анизотропии строения арболита на прочность стеновых конструкций : диссертация ... кандидата технических наук : 05.21.05 / Один Антон Ильич; [Место защиты: Моск. гос. ун-т леса].- Нижний Новгород, 2009.- 189 с.: ил. РГБ ОД, 61 09-5/1706
130. Особенности фазовой и структурной неравновесности металлургических шлаков / Ю.И. Гончаров, А.С. Иванов, М.Ю. Гончарова [и др.] // Изв. вузов. Сер. Строительство. 2002. № 4. С. 50–53.
131. Отходы химической промышленности в производстве строительных материалов / Л.И. Дворкин, В.Л. Шестаков, И.А. Пашков [и др.]. Киев: Будевильник, 1986. 128 с.
132. Петунина Ирина Александровна. Разработка ресурсосберегающих процессов очистки и обмолота початков семенной кукурузы : диссертация ... доктора технических наук : 05.20.01 / Петунина Ирина Александровна; [Место защиты: ФГОУВПО "Кубанский государственный аграрный университет"].- Краснодар, 2009.- 304 с.: ил.
133. Пименов Евгений Геннадьевич. Легкие крупнопористые бетоны на шлакокерамзитовых заполнителях для многослойных стеновых блоков: автореферат дис. ... кандидата Технические наук: 05.23.05 / Пименов Евгений Геннадьевич; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»], 2020
134. Подбор составов шлакощелочноарболита / И.К. Касимов, А.А. Тулаганов, О.Б. Косимое [и др.] // Безобжиговые щелочные вяжущие и бетоны: науч. тр. ученых РУЗ. Ташкент, 1994. С. 59–64.
135. Прогнозирование прочности и деформативности арболита / А.А. Гуревич, А.С. Щербаков, Б.П. Маслов [и др.] // Комплексное использование древесины при производстве арболита: науч. тр. М.: МЛТИ, 1982. Вып. 121. С. 72–81.

136. Радзаунаси Иантара. Легкие бетоны на основе комплексного использования отходов и продуктов переработки кокосовых орехов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Москва, 2002.- 144 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/1551-9
137. Разработка и исследование свойств вяжущих на основе отходов промышленности/М.В. Акулова, Б.Р.Исакулов, М.Д.Джумабаев[и др.]// Вестник РААСН. Курск; Воронеж, 2013. С. 256–260.
138. Рахимов, М. М. Композиционные шлакощелочные вяжущие с использованием цеолитсодержащего сырья природного и техногенного происхождения, растворы и бетоны на их основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / М.М. Рахимов. Казань, 2007. 174 с.
139. Савин, В.И. Технология и свойства поризованного арболита/ В.И.Савин, Н.И. Абраменко, Л.Е. Будашкин// Тезисы докладов научно-технической конференции 2-4 сентября 1980г. Владивосток, 1980. С. 30.
140. Саяпин, Владимир Викторович. Совершенствование процесса очистки грубых стебельных кормов от инородных твердых примесей с разработкой и обоснованием параметров сепарирующего устройства : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Саратовский гос. агроинженерный ун-т.- Саратов, 1997.- 24 с.: ил. РГБ ОД, 9 98-1/1959-4
141. Сидорук, Ярослав Дмитриевич. Технология и свойства арболита на дробление с повышенным содержанием экстрактивных веществ (на примере даурской лиственницы) : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Москва, 1990.- 23 с.: ил.
142. СН 549-82. Инструкция по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита. М.: Госстрой СССР. 1983. С.47.
143. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий Текст.: утв. Госстроем России 19.04.2004: дата введ. 01.01.2005. М.: ФГУП ЦПП, 2004. - 25 с.
144. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции Текст.: утв. Госстроем СССР 04.12.87: дата введ. 01.07.88. М.: ГП ЦПП, 1996. - 192 с.
145. Соколов Валерий Васильевич. Разработка легких поризованных бетонов на вспученном сланце для стеновых ограждающих изделий сельскохозяйственных

- зданий и совершенствование технологии их изготовления : ил РГБ ОД 61:85-5/229
146. Солдатов Сергей Николаевич. Создание и исследование свойств утеплителей на основе местного сырья : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Пенза, 2001.- 138 с.: ил. РГБ ОД, 61 02-5/247-3
147. Соломонова Елена Борисовна. Лигнополимерсиликатный арболит : Дис. ... канд. техн. наук : 05.03.05 : Новосибирск, 2004 144 с. РГБ ОД, 61:04-5/3367
148. Состав, свойства и технология шлакощелочного арболита на основе сельскохозяйственных отходов: шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции / И.К. Касимов, А.А. Тулаганов, Х.Х. Камилов [и др.] // Тезисы докладов 3-й всесоюзной научно-практической конференции: в 2 т. Киев: КИСИ, 1989. Т. 2. С. 152–153.
149. Сошкина Галина Николаевна. Легкие бетоны неавтоклавного твердения на основе зол и отходов производства минеральной ваты : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Новосибирск, 2002.- 147 с.: ил. РГБ ОД, 61 02-5/2395-0
150. Справочник строителя. Бетонные и железобетонные работы. М.: Стройиздат, 1987.319 с.
151. Стрельников, Андрей Николаевич. Мелкозернистые бетоны на механомагнитоактивированных растворах неорганических добавок : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Стрельников Андрей Николаевич; [Место защиты: Иван. гос. архитектур.-строит. ун-т].- Иваново, 2011.- 145 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-5/2895
152. Сыдыков, Шурат Курбанович. Обоснование параметров вентиляционно-сушильной установки и режимов ее работы при подсушке и временном хранении початков кукурузы : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01.- Алматы, 1994.- 25 с.: ил.
153. Технология ротационно-пульсационной активации зол / А.В. Акимов [и др.] // Экологические проблемы переработки вторичных ресурсов в строительные материалы и изделия: тез. докл. всесоюз. науч.-практ. совещ. (15–17 окт. 1990 г.). Ч. II. Чимкент, 1990. С. 64–65.

154. Тихонов Юрий Михайлович. Аэрированные легкие и тепло-огнезащитные бетоны и растворы с применением вспученного вермикулита и перлита и изделия на их основе : Дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.05 СПб., 2005 410 с. РГБ ОД, 71:05-5/753
155. Торпищев, Шамиль Камильевич. Легкие бетоны с использованием бокситовых шламов: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Москва, 1991.- 27 с.
156. Труфляк Евгений Владимирович. Параметры процесса декапитации стеблей кукурузы и отделения початков стрепперным аппаратом: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 : Краснодар, 2003. 217 с. РГБ ОД, 61:04-5/616-4
157. Убонов Алексей Валерьевич. Эффективные бетоны с использованием смешанных вяжущих на основе вулканических шлаков Забайкалья: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05 Улан-Удэ, 2007 167 с. РГБ ОД, 61:07-5/4762
158. Удербаев, Сакен Сейтканович. Технология арболита на вяжущем, активированном механо-электрополяризационным способом : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Кызылорда, 2000.- 20 с.: ил.
159. Ускорение твердения арболита химическими добавками / В.М. Бутерин, А.С. Щербаков, Н.Н. Силина [и др.] // Научные труды Московского лесотехнического института. 1976. Вып. 93. С. 106–112.
160. Федосов, С.В. Нейтрализация токсичных отходов для получения вяжущих при производстве строительных материалов / М.В. Акулова, Б.Р. Исакулов, Б.А. Имангазин // Информационная среда вуза: материалы XX междунар. науч.-техн. конф. Иваново: ИГАСУ, 2013. С. 233–235.
161. Харченко Светлана Сергеевна. Мелкозернистые бетоны на шлакожидкостекольном вяжущем и недефицитных заполнителях : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Иваново, 2003.- 223 с. РГБ ОД, 61 03-5/3954-Х
162. Чепелев, Сергей Романович. Моделирование динамики рабочих режимов и разработка импульсного технологического оборудования для формования

- изделий из арболита: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.21.05 / Лесотехнический ин-т.- Москва, 1992.- 24 с. РГБ ОД, 9 92-5/384-3
163. Чухланов Владимир Юрьевич. Разработка научных основ получения легких полимербетонов и защитных покрытий на основе кремнийорганических связующих: Дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.05 : Владимир, 2003 311 с. РГБ ОД, 71:05-5/194
164. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях / В.Д. Глуховский, П.В. Кривенко [и др.]. Киев: Высш. шк., 1981. 223 с.
165. Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции: докл. и тез.докл. III всесоюз. науч.-практ. конф.: в 2 т. Киев, 1989. 564 с.
166. Шлакощелочные цементы, бетоны и конструкции: тез. докл. II всесоюз. науч.-практ. конф. / редкол.: В.Д. Глуховский (отв. ред.) [и др.]. Киев, 1984. 376 с.
167. Шонтуков Арсен Мазаниевич. Совершенствование технологии сушки, параметры и режимы работы конвективной сушилки при обработке гибридной кукурузы в початках: диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.01.- Нальчик, 2005.- 179 с. РГБ ОД, 61 06-5/898
168. Щелочные и щелочно-щелочноземельные гидравлические вяжущие и бетоны / В.Д. Глуховский, А.В. Волянский, В.А. Гончаров [и др.] Киев: Высш. шк., 1979. 231 с.
169. Щибря, Алексей Юльевич. Эффективный теплоизоляционный материал из поризованного арболита на рисовой лузге: диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05.- Краснодар, 2000.- 172 с.: РГБ ОД, 61 01-5/1130-5
170. Эгамов Исмоил. Физико-химические и технологические основы разработки арболитовых материалов: диссертация ... кандидата технических наук : 02.00.04 / Эгамов Исмоил.- Душанбе, 2010.- 141 с.
171. Электромеханическая активация золошламовых вяжущих для получения легких бетонов /М.В. Акулова, Б.Р.Исакулов, Ж.Б.Тукашев [и др.] // Новейшие достижения науки – 2013: материалы междунар. науч.-практ.конф. София, 2013. С. 72–77.
172. Якубов Самардин Эмомович. Теплопроводность и механические свойства

строительных материалов на основе минерального и растительного сырья:
диссертация ... кандидата технических наук: 01.04.14.- Душанбе, 2006.- 164 с.: ил.
РГБ ОД, 61 07-5/1571

173. Яндалеев Сергей Анатольевич. Совершенствование технологических параметров смесителей непрерывного действия для производства арболита: Дис. ... канд. техн. наук : 05.21.01 : Йошкар-Ола, 2005. 148 с. РГБ ОД, 61:05-5/3585

**АКТ
О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ
от 25.01.2018г.**

Настоящим подтверждается, что при проведении промышленной экспертизы арболитобетонных смесей на основе измельченных початок кукурузы, были использованы практические рекомендации по повышению прочности и теплопроводности арболитобетонных стеновых материалов.

Исследование по изучению физико-механических и строительно-эксплуатационных свойств арболитобетонных смесей на основе измельченных початок кукурузы проведено на кафедрах «Строительное материаловедение и специальные технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ивановский государственный архитектурно - строительный университет» (Россия) и «Строительство» Республиканское государственное предприятие «Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова (Казахстан).

Использование результатов научных исследований и предложенных мероприятий по экспертизе арболитобетонных смесей на основе измельченных початок кукурузы происходила на ТОО «А.Е.Н.Д.», что позволяет повысить прочностные характеристики изучаемых арболитобетонных конструкции и материалов.

Экономический эффект достигается за счет снижения цемента и составляет 17,7% от стоимости сметных работ.

Разработчики: д.т.н., профессор, советник РААСН, М.В. Акулова, д.т.н., доцент Б.Р. Исакулов, аспирант Б.Б.Кульшаров.

Директор
ТОО «А.Е.Н.Д.»



С.Г. Джумагалиева