



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

КГТУ им. И. Раззакова

к.т.н., доцент

Арзыбаев А.М.

2025 г.

### ВЫПИСКА

из протокола № 7 от 25.02.2025 г. расширенного заседания кафедры производство, экспертиза строительных материалов и конструкций КГТУ им. И.Раззакова по предварительной апробации диссертационной работы к.т.н. Джусуповой М.А на тему «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия

25.02.2025 г.

г. Бишкек

1 **Председатель:** Болотов Т.Т. - к.т.н., доцент, зав. кафедры производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия

2 **Секретарь:** Сарбаева Н.М. - к.т.н., доцент кафедры производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия

#### Присутствовали:

3 Курдюмова В.М. - д.т.н., профессор кафедры строительные конструкции зданий и сооружений КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия (приглашенный);

4 Тургумбаев Ж.Ж. - д.т.н., профессор кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И.Раззакова, 05.05.04 - дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);

5 Матыева А.К. - д.т.н., доцент, профессор кафедры строительные конструкции зданий и сооружений КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия (приглашенный);

6 Абдыкалыков А.А. - д.т.н., профессор кафедры производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия;

7 Темикеев К.Т. - к.т.н., профессор кафедры строительные конструкции зданий и сооружений КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.01 – строительные конструкции, зданий сооружений (приглашенный);

8 Апсеметов М.Ч. – к.т.н., профессор кафедры автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.01 – строительные конструкции, зданий и сооружений (приглашенный);

9 Чымыров А.У. - к.т.н., доцент кафедры геодезии и геоинформатики КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 – строительные материалы и изделия (приглашенный);

10 Абдраимов Ж.А. - к.т.н., доцент кафедры производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия;

11 Курбанбаев А.Б – к.т.н., доцент, профессор кафедры автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.11 – проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей (приглашенный);

12 Раджапова Н.А. – к.т.н., доцент кафедры эксплуатация транспортных и технологических машин КГТУ им. И.Раззакова, 05.05.04 - дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);

13 Омурбеков И.К. - к.т.н., доцент кафедры производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия;

14 Омурканова А.Т. - к.т.н., и.о. доцент кафедры строительные конструкции зданий и сооружений КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия (приглашенный);

15 Дыйканбаева Н.А. - к.т.н., и.о. доцент кафедры строительные конструкции зданий и сооружений КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия (приглашенный);

**Всего 15 человек**

**Повестка дня:**

1. Предварительное рассмотрение диссертации к.т.н., доцента кафедры производство и экспертиза строительных материалов, изделий и конструкций КГТУ им. И.Раззакова Джусуповой Махават Абдысадыковны на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия.

Тема докторской диссертации и научный консультант утверждены на основании решения Ученого совета КГУСТА им. Н. Исанова от 25 января 2012 года, протокол № 5.

**Научный консультант**– д.т.н., профессор Абдыкалыков Акымбек Абдыкалыкович (05.23.05 - строительные материалы и изделия).

**Назначенные рецензенты:**

Курдюмова В.М. - д.т.н., профессор кафедры строительные конструкции зданий и сооружений КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия

Матыева А.К. – д.т.н., доцент, профессор кафедры строительные конструкции зданий и сооружений КГТУ им. И.Раззакова, 05.23.05 - строительные материалы и изделия

**Слушали:** доклад к.т.н., доцента Джусуповой М.А. на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» (Доклад сопровождался демонстрацией слайдов).

Уважаемый председатель, уважаемые коллеги!

Внедрение ресурсосберегающих и малоотходных технологий признаны одними из ключевых направлений развития науки и экономики Кыргызской республики.

Строительная отрасль, являясь одним из крупнейших потребителей природных ресурсов, требует разработки стратегий их рационального использования. Это позволит снизить антропогенную нагрузку на экосистемы и повысить эффективность ресурсопотребления. Золошлаковые отходы (ЗШО), образующиеся в топливно-энергетической промышленности, относятся к наиболее массовым техногенным отходам.

Технология производства цементных вяжущих и изделий на их основе в современных условиях должна быть эффективной и оцениваться комплексно, с учетом не только экономических, но и экологических факторов.

**Цель работы:** Разработка научно-обоснованных подходов к утилизации золошлаковых отходов и золы рисовой шелухи в составе композиционных цементных вяжущих и мелкозернистых бетонов путем изучения их химического состава, физико-механических и структурных характеристик, а также закономерностей влияния на свойства цементных композитов.

**Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:**

1. Изучение теоретических основ создания композиционных вяжущих и бетонов с учетом современной теории твердения цементных вяжущих, а также механизмов структурообразования композиционных материалов.
2. Провести анализ микроструктуры, химического, минералогического, фазового и гранулометрического состава топливных отходов и золы рисовой шелухи, и установить эффективное направление их использования в производстве композиционных вяжущих, заполнителей и бетонов.
3. Оптимизация рецептурно - технологических факторов и свойств композиционных цементных вяжущих с использованием золошлаковых отходов (зола гидроудаления, золошлаковая смесь, топливный шлак).
4. Исследование зернового состава природных мелких заполнителей и золошлаковых отходов для использования в качестве заполнителя для бетонов.
5. Оценка эффективности использования золошлаковых отходов при получении мелкозернистых бетонов с заданными эксплуатационными характеристиками.
6. Оптимизация рецептурно - технологических факторов и свойств мелкозернистых бетонов с использованием золошлаковых отходов на заполнителе из топливных шлаков.
7. Оптимизация составов мелкозернистых бетонов с на цементных вяжущих с наполнителем из рисовой шелухи и заполнителем с золой гидроудаления.
8. Оптимизация составов мелкозернистых бетонов на низкомарочных цементнозолошл-х вяжущих и природном заполнителе оптимального зернового состава.
9. Разработка технологии и расчет технико-экономических показателей композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов и апробация результатов исследований в производственных условиях.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

1. Результаты комплексного анализа основных свойств и микроструктуры золошлаковых отходов и золы рисовой шелухи для определения направления их использования.
2. Оптимальные составы композиционных вяжущих веществ, полученных разными способами и наполненных в разной степени золой гидроудаления, золошлаковой смесью и топливным шлаком.
3. Результаты оптимизации зернового состава мелких заполнителей природного и техногенного происхождения (зола гидроудаления, золошлаковая смесь, топливный шлак) для полной или частичной их замены в мелкозернистом бетоне.
4. Оптимальные составы МЗБ классов В7,5 - В-20,5 на основе композиционного вяжущего вещества с наполнителями из золы гидроудаления, золошлаковой смеси, топливного шлака и заполнителя из топливного шлака.

5. Оптимальные составы МЗБ классов В7,5 – В15 на основе низкомарочного активизированного и наполненного золошлаковой смесью вяжущего, суперпластификатора и природного заполнителя.
6. Оптимальные составы МЗБ классов В7,5 - В-20 МЗБ на основе композиционного вяжущего вещества, наполненного золой рисовой шелухи и природного заполнителя с дисперсными частицами золы гидроудаления (Патент №2293).
7. Оптимальные составы МЗБ класса В25 на основе цементнозолошлакового вяжущего и природном мелком заполнителе оптимальной granulometрии.
8. Технологическая схема и технико-экономические показатели производства композиционных вяжущих веществ, бетонов и изделий на их основе.

К наиболее массовым техногенным отходам В республике являются золошлаковые отходы (ЗШО), образующиеся в результате деятельности топливно-энергетической промышленности. Однако низкий уровень технологического развития приводит к значительным потерям сырья, несмотря на сходство ЗШО с природными материалами. Использование ЗШО в строительных технологиях позволяет покрыть до 40% потребности в сырье и снизить затраты на производство материалов на 10–30%.

Другим видом отходов сельского хозяйства является расовая шелуха, при обжиге которой образуется зола рисовой шелухи (ЗРШ).

Золошлаковые отходы и зола рисовой шелухи (ЗРШ) обладают выраженными пуццолановыми свойствами и низкой стоимостью, что делает их перспективными компонентами для композиционных цементных вяжущих.

Использование золошлаковых отходов и ЗРШ также снижает потребление цемента, производство которого сопровождается значительными выбросами  $\text{CO}_2$  (0,97 т на 1 т клинкера). Замена части цемента и заполнителей данными отходами уменьшает экологическую нагрузку и повышает экономическую эффективность строительства, способствуя устойчивому развитию отрасли и снижению зависимости от традиционных природных ресурсов. ЗРШ и ЗШО содержат высокое количество аморфного диоксида кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), который активно участвует в гидратации цемента, способствуя образованию прочных гидросиликатов кальция (CSH-гелей). При высокой дисперсности частиц, заполняющих микропоры цементной матрицы, снижается пористость, повышается прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и долговечность материалов.

Создание новых, отвечающих требованиям времени вяжущих веществ, базируется на уже известных знаниях. Структура и свойства многокомпонентных вяжущих предопределяются выбором необходимых исходных материалов, а также их соотношением, дисперсностью и активностью. Закономерности структурообразования композиционных строительных материалов на различных структурных уровнях наиболее полно раскрываются в рамках полиструктурной теории, которая выделяет строительные композиты на определенные их типы по размерному признаку: субмикроструктура на уровне продуктов новообразований минеральных вяжущих; микроструктура на уровне цементного камня; мезоструктура – растворная часть и микроструктура на уровне крупного заполнителя. Задача исследования заключается в правильном подборе элементов системы с учетом их свойств и вклада в общую структуру системы.

В связи с вышеизложенным изучались основные характеристики ЗШО и ЗРШ, систематизировались и определялось направление их использование для максимального вовлечения в производство композиционных вяжущих веществ и бетонов при сохранении или

улучшении их эксплуатационных свойств. В качестве сырьевых компонентов использовали золошлаковые отходы, которые были классифицированы как зола гидроудаления (ЗГУ), золошлаковая смесь (ЗШС) и топливный шлак (ТШ), а также зола из рисовой шелухи Баткенской области (ЗРШ).

По результатам физико-химического и микроструктурного анализов установлено, что ЗШО имеют содержание  $\text{SiO}_2$  примерно 52–55% и потери при прокаливании от 4,07% (топливный шлак) до 15,30% (ЗШС). Свободное  $\text{CaO}$  в этих материалах варьируется от 5,74% до 7,67%, что важно для их пуццолановой активности. По содержанию  $\text{CaO}$  не > 10%,  $\text{MgO}$  не > 5%,  $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$  не >3%,  $\text{SO}_3$  не >3%, п.п.п. не >25%, что соответствует нормам согласно ГОСТ 25592-91 и Техническим условиям «Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов». Состав ЗРШ в основном представлен оксидом  $\text{SiO}_2$  -81,3 % в аморфной форме. Средний размер частиц золы рисовой шелухи обычно находится в диапазоне 4–9 мкм.

При измельчении ЗГУ установили ее легкую размалываемость, т.к. при помоле в шаровой мельнице в течении 3 часов ее дисперсность возрастает от 310 до 390 м<sup>2</sup>/кг.

Для исследование физико-механических характеристик композиционных вяжущих (с ЗГУ, ЗШО и ТШ), полученных разными способами ведения в цемент (механическое перемешивание измельченных отходов или совместное измельчение с цементом) они классифицировались на следующие виды:

1. ЦЗВ<sub>м</sub> – механическая смесь просеянной золы гидроудаления и цемента;
2. ЦЗВ<sub>и</sub> - активированная совместным помолом смесь золы гидроудаления и цемента;
3. ЦЗШВ<sub>м</sub> - механическая смесь просеянной золошлаковой смеси и цемента;
4. ЦЗШВ<sub>и</sub>- активированная совместным помолом смесь золошлаковой смеси и цемента;
5. ЦШВ<sub>м</sub> - механическая смесь просеянного шлака и цемента;
6. ЦШВ<sub>и</sub>- активированная совместным помолом смесь топливного шлака и цемента;
7. ЦШВ<sub>IIм</sub>- механическая смесь тонкоизмельченного шлака и цемента;
8. ЦШВ<sub>IIи</sub> - активированная совместным помолом смесь тонкоизмельченного шлака и цемента.

Предварительные исследования, реализация двухфакторного эксперимента и анализ полученных ЭСМ основных свойств композиционных вяжущих позволили установить следующее:

- начало схватывания композиционных вяжущих растёт: для ЦЗВ<sub>и</sub> от 96 до 212, 204 минут по мере наполнения; для ЦЗШВ<sub>и</sub> от 96 до 212, 214 мин., для ЦШВ<sub>IIи</sub> от 447 до 293 минут. А время конца схватывания наоборот снижается для ЦЗВ<sub>м</sub> от 447 до 361; для ЦЗШВ<sub>и</sub> от 447 до 330; для ЦШВ<sub>IIи</sub> от 447 до 293, что объясняется пуццолановой активностью золы;

- при замене цемента 10 % золой гидроудаления дисперсностью 3000–5000 см<sup>2</sup>/г прочность вяжущего увеличивается на 14 %. Для активированного 2 часа вяжущего ЦЗВ<sub>и</sub> с ЗГУ 30 % прочность возрастает на 50%. Наибольший технический эффект  $R^{28}_{сж} = 37$  МПа достигается при концентрации 10 % ЗГУ, а при 30%  $R^{28}_{сж} = 33$  МПа. Выявлена эффективность твердения цементозольного вяжущего в условиях ТВО;

- для вяжущего ЦЗШВ<sub>м</sub> при замене цемента ЗШС 10 % обеспечивается прочность  $R^{28}_{сж} = 33,04$  МПа, что равнозначно с прочностью исходного цемента (33,46 МПа). Для активированного вяжущего ЦЗШВ<sub>и</sub> наблюдается рост прочностных характеристик до 50% ЗШС);

- для вяжущего (ЦШВ-I<sub>и</sub>) с топливным шлаком 0; 10; 30% прочность составила  $R^{28}_{сж}$  - 33,46; 33,7; 32,5 МПа соответственно. Для вяжущего ЦШВ-II<sub>и</sub> с тонкоизмельченным шлаком

10-30%, активированного 1 час прочность составила  $R_{сж}^{28} = 34,28$  и  $32,98$  МПа, что равнозначно исходному цементу  $R_{сж}^{28} = 33,46$  МПа.

- Анализ коэффициента эффективности использования цемента  $K_3$  показал, что наибольшие значения наблюдаются у ЦЗШВи ( $K_3 = 0,563$ ), по сравнению с вяжущими ЦЗВи ( $K_3 = 0,432$ ) и ЦЗВВи ( $K_3 = 0,464-0,47$ ). Эффективность использования цемента в композиционных вяжущих зависит от вида и подготовки золошлаковых отходов.

Известно, что не маловажную роль в формировании прочной структуры бетонов играет зерновой состав заполнителей. Для чего была проведена оценка гранулометрического состава мелких заполнителей: природных Чу (МК-2,55) и Аламедин (МК-3,26) и топливных отходов: ЗГУ, ЗШС и ТШ. Корректировка их зернового состава до оптимального состава проводилась с использованием компьютерного метода моделирования, основанная на алгоритме перекатывающих частиц «drop and roll», что дает количественную оценку полученной упаковки.

Результаты оптимизации рецептурно-технологических факторов композиционных вяжущих ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦЗВВи были использованы при разработке мелкозернистых бетонов на заполнителях природного и техногенного происхождения.

Дальнейшие исследования по разработке составов МЗБ проводилось на активированных совместным измельчением композиционных вяжущих с наполнителями из золы гидроудаления (ЦЗВи), золошлаковой смеси ЦЗШВи и тонкомолотого шлака ЦШВи. Составы МЗБ представляют собой различные сочетания вяжущих и фракций заполнителя из топливного шлака: 1) - (ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦШВи):Ш (5-10мм) :П - 1:2:1; 2) - (ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦШВи): Ш (5-10мм) - 1:2; 3) - (ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦШВи): Ш (5-10мм) - 1:3; 4) - (ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦШВи) : Ш (0-5мм) - 1:3; 5) (ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦШВи): Ш (5-10 мм) - 1:3:1; 6) (ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦШВи): Ш (0-5 и 5-10 м) - 1:2; 7) (ЦЗВи, ЦЗШВи и ЦШВи): Ш (0-5 и 5-10 мм) - 1:3.

Анализ прочностных свойств вяжущих по моделям и их графическим образам показал, что наиболее положительные результаты оказались у составов МЗБ №1, 6 и 7.

- В *составе №1*, где КВВ :Ш (5-10мм) :П - 1:2:1 лучшие результаты показывает вяжущее с использованием золы ГУ и ЗШС. ЗШС 10-50 % обеспечивает прочность после ТВО  $R_{сж}^{тво} = 15-10$  МПа. С золой ГУ в  $R_{сж}^{тво} = 18-12$  МПа. Та же тенденция сохраняется для МЗБ 28 суток, здесь  $R_{сж}^{28сут}$  в пределах 22 -14 МПа;

- для *МЗБ состава № 6* КВВ : Ш (смесь фр.0-5 и 5-10 мм) - 1:2 установлено, что наибольшие  $R_{сж}^{тво}$  и  $R_{сж}^{28сут}$  обеспечиваются для МЗБ на вяжущем ЦЗВи (с золой ГУ) и ШЦВи (с шлаком), но при нижних уровнях 10%. При 40% наполнителя обеспечивается  $R_{сж}^{28сут} \geq 20,0$  МПа и плотности 1800-1820 кг/м<sup>3</sup>;

- для *МЗБ состава № 7* КВВ : Ш (смесь фр.0-5 и 5-10 мм) - 1:3 содержание мелкого шлакового заполнителя увеличено, что привело к снижению плотности МЗБ до 1720-1820 кг/м<sup>3</sup> и прочности до 10- 18 МПа.  $R_{сж}^{28сут} = 20,0$  МПа обеспечиваются при 10% содержании в вяжущих золы ГУ и шлака;

- выявлена единая закономерность: образцы твердеющие 28 суток в нормальных условиях, характеризуются более высокими показателями прочности, чем после ТВО, что обусловлено превалирующей ролью цементных минералов в процессе гидратации, нежели активированными частицами золы гидроудаления;

- анализ результатов прочности МЗБ на вяжущих с золой гидроудаления, золошлаковой смесью и шлака показал, что чем ниже марка бетона, тем большее количество цемента можно заменить топливными отходами;

- основе шлакового заполнителя и шлакоцементных вяжущих состава 1:2 получен облегченный МЗБ – М 200,300;  $\rho=1800-1880\text{кг/м}^3$ ; Мрз 100;  $\lambda=0,72\text{ Вт/мК}$ , а из состава 1:3 – МЗБ плотностью  $1700-1870\text{ кг/м}^3$ ; М150-200; Мрз 75;  $\lambda=0,67\text{ Вт/мК}$ ;
- на основе шлакового заполнителя с использованием песка фр 0-5 и фр 5-10 и шлакоцементных вяжущих получен МЗБ -  $\rho=1300-1380\text{кг/м}^3$ ; М 50; Мрз 20;  $\lambda=0,35\text{ Вт/мК}$ ;
- изделия, изготовленные на основе композиционных шлакоцементных вяжущих веществ и заполнителей из шлака, отвечают требованиям ГОСТ 6133-99 «Камни бетонные стеновые».

В МЗБ на вяжущем с ЗРШ и мелком заполнителе с ЗГУ прочность поле 90 суток твердения  $R_{сж}^{90} = 30\text{ МПа}$  соответствует области рецептур (ЗГУ = 0...7 %; ЗРШ = 0...20 %; Neolit 303 = 0.8%). Практически во всей области факторного пространства при условии, что пластификатор находится в пределах 0,4...0,8 % прочность МЗБ обеспечивается в пределах  $R_{сж}^{90} = 20...30\text{ МПа}$  (патент на состав МЗБ).

Исследования основных физико-технических характеристик МЗБ на природных заполнителях показали эффективность использования оптимальных зерновых составов заполнителей и суперпластификаторов. При этом обеспечивается наиболее плотной упаковки зёрен заполнителя, снижается пористость, что даёт возможность сократить расход цемента. Результаты экспериментальных исследований, полученные на 8 различных составах МЗБ с различной концентрацией ЗШС и количеством в вяжущего ЦЗШВ<sub>н</sub>, суперпластификаторов MasterGlenium 116 и 917 показали что, наиболее эффективным по содержанию цемента оказался состав № 8. Прочность МЗБ после ТВО максимальна  $R_{сж}^{тв0} = 27,4\text{ МПа}$  и ОК 5,8 см, плотность  $2270\text{ кг/м}^3$ . Оптимизация гранулометрического состава песка и использование добавки MasterGlenium 116 (1%) позволило снизить содержание цемента на 30%. По сравнению с эталонным составом прочность возросла на 6 МПа при экономии цемента 30%.

Изучение возможности получения МЗБ на низкомарочных цементах позволили по результатам исследований установить, что при активации ЦЗШВ ( $300-400\text{ кг/м}^3$ ) из «лежалого» цемента и ЗШС (10-30%) при оптимальной дозировке суперпластификатора (0,08% от массы цемента) возможно обеспечить класс бетона В7,5...В15.

По результатам исследований разработаны и апробированы на предприятиях ЗАО «Кум-Шагыл» и ОсОО «Шерой» разработанные составы композиционных цементозольных, цементозолошлаковых и цементшлаковых вяжущих, МЗБ и изделий на их основе. Также рассчитаны технико-экономические показатели их производства с использованием техногенных отходов: Экономический эффект за 1 год от выпуска композиционного цементозольного вяжущего (ЦЗВ) 10 000т составит 3 422 300 сом; При выпуске ЦЗВ 10 000 тонн тяжелого бетонов В-15 (М200) экономия составит 2 490 000 сом и В-7,5 (М100) экономический эффект составит 1 700 000 сом. Экономический эффект за 1 год от выпуска цементозолошлакового вяжущего (ЦЗШВ) в объеме 10 000 т составит 3 836 970 сом; для 100 штук условного стенового блока из ЦЗШВ и мелкого заполнителя из шлака при соотношении 1:3 составит экономическая эффективность составит 29600 сом; При производительности завода по производству товарного бетона 30 тыс. м<sup>3</sup>/ год экономическая эффективность от использования добавки золы рисовой шелухи (ЗРШ) в цемент и золы гидроудаления (ЗГУ) вместо части мелкого заполнителя составит при изготовлении экспериментальных мелкозернистых бетонов классов В15 - 8215500 сом, В20 15523800 сом, В22,5 26812200 сом.

#### *Заключение.*

Экспериментальные исследования и оптимизация составов композиционных вяжущих с использованием таких отходов, как зола гидроудаления, золошлаковая смесь, топливный

шлак и зола рисовой шелухи позволили улучшить и упрочнить структуру цементной матрицы. Оптимальные откорректированные зерновые составы мелкого заполнителя из природного песка и топливного шлака соответственно значительно повысили эксплуатационно-технические свойства мелкозернистого бетонов.

Полученные ЭС модели свойств композиционных вяжущих и МЗБ позволяют с определенной степенью вероятности предсказывать требуемые показатели их качества.

Таким образом, можно отметить, что имеются все предпосылки для широкого вовлечения в строительное производство выше перечисленных техногенных отходов и получения высококачественного, экономичного и экологически безопасного мелкозернистого бетона, отвечающего требованиям современного строительства и позволяющего создавать материалы с уникальными эксплуатационными характеристиками.

### **ВОПРОСЫ К ДОКЛАДЧИКУ.**

**Раджапова Н.А.- к.т.н., доцент.**

**Вопрос:** В чем заключается научная новизна вашей работы?

**Ответ:** Научная новизна диссертационных исследований заключается в следующем:

1. Разработаны научно-прикладные основы и технологические решения для создания оптимальной структуры композиционных цементных вяжущих с использованием топливных отходов, обеспечивающие необходимые показатели качества мелкозернистых бетонов на их основе.
2. Систематизированы и обобщены направления и механизмы управления структурой композиционных цементных вяжущих и бетонов для обеспечения требуемых стабильных прочностных и других эксплуатационных свойств.
3. Впервые разработаны составы композиционных цементных вяжущих с различными техногенными отходами и предложены экспериментально- статистические модели рецептурно - технологическими параметров, позволяющие прогнозировать их свойства в зависимости от способа приготовления при различных сроках и условий твердения.
4. Предложены оптимальные зерновые составы природных мелких заполнителей и заполнителей из топливных отходов для достижения их плотной упаковки в мелкозернистом бетоне требуемого качества, что позволяет снизить содержание цемента.
5. Впервые предложены составы мелкозернистого бетона на композиционных вяжущих, содержащих различных виды топливных отходов и заполнители из топливного шлака.
6. Впервые предложены составы мелкозернистого бетона на активированном низкомарочном цементе и золошлаковой смеси и предложены экспериментально-статистические модели, позволяющие прогнозировать его эксплуатационные свойства.
7. Впервые предложены составы мелкозернистого бетона классов В7,5 – В 20,5 на композиционном вяжущем с золой рисовой шелухи и мелком заполнителе с золой гидроудаления и экспериментально-статистические модели, позволяющие прогнозировать его эксплуатационных характеристики.

**Сарбаева к.т.н., доцент**

**Вопрос:** В каком регионе была взята рисовая шелуха и при какой температуре была подготовлена зола и в чем ее особенность?

**Ответ:** Зола рисовой шелухи была приготовлена обжигом при температуре 700 °С из рисовой лузги Баткенской области. Зола рисовой шелухи (ЗРШ) является одной из наиболее эффективных активных минеральных добавок для цементных вяжущих и бетонных композитов, благодаря высокой дисперсности и содержанию аморфного диоксида кремния



SiO<sub>2</sub> - от 81,3% она обладает высокой пуццолановой активностью и активно участвует в процессах гидратации цемента:

**Курдюмова В.М. - д.т.н., профессор:**

**Вопрос 1.** Была ли проведена растровая электронная микроскопия при исследовании сырья?

**Ответ:** Да, при изучении микроструктуры топливных отходов и золы рисовой шелухи была проведена растровая электронная микроскопия на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) четвертого поколения с термоэмиссионным вольфрамовым катодом TESCAN VEGA3.

**Курдюмова В.М. - д.т.н., профессор:**

**2.** Как вы определяли адгезионную прочность заполнителя к вяжущему?

**Ответ:** Адгезионную прочность мы определяли по косвенным показателям т.е. теоретически мы знаем, чем отличаются заполнители из топливных шлаков и из природного песка. Во-первых, сам по себе природный песок инертный, он не вступает в реакцию, а топливный шлак в аморфной форме имеет шероховатую остеклованную поверхность и вступает в реакцию с цементной матрицей и тем самым упрочняя контактную зону.

**Курдюмова В.М. - д.т.н.:**

**1.** На каком предприятии проведена апробация разработанных вяжущих и мелкозернистых бетонов, которые вы отметили в диссертации?

**Ответ:** **Опытно-промышленная апробация разработанных составов цементозольных и цементозолошлаковых вяжущих и бетонов на их основе** проводилась на предприятии ЗАО «Кум-Шагыл». Мелкозернистые бетоны на вяжущем с рисовой шелухой и песке с золой гидроудаления апробированы на предприятии ОсОО «Шерой» по разным видам бетонов. Составлены акты испытаний и прилагаются к диссертации в виде приложений.

**Болотов Т.Т. - к.т.н., доцент.**

**Вопрос:** Как определяли теплопроводность?

**Ответ:** Теплопроводность мелкозернистого бетона оптимального состава определялась по стандартной методике в условиях лаборатории кафедры «ПЭСМИК».

**Вопрос: Чымыров А.У. - к.т.н., доцент.**

**1.** Какое количество таких отходов накопилось в Кыргызстане?

**Ответ:** Бишкекская ТЭЦ ежедневно выбрасывает в окружающую среду 27 тонн золы, а объем золошлаковых отходов составляет более 350 тысяч тонн в год. Золошлаковую смесь (механическая смесь золы и шлаков) извлекают и гидравлическим способом транспортируют на расстояние 5–10 км от электростанции в золоотвал, занимающий 192,7 га земель близ ж/массива Бакай – Ата.

**Вопрос: Чымыров А.У. - к.т.н., доцент.**

**2.** Оптимальные составы МЗБ (1) и (6) чем это обосновано?

**Ответ:** На предварительном этапе исследований установлено, что наиболее приемлемыми оказались составы МЗБ № 1, 6 и 7, где обеспечиваются высокие показатели прочности  $R_{сж}^{тво}$  и  $R_{сж}^{28сут}$  на вяжущем ЦЗВи и ШЦВи, но при нижних уровнях их содержания 10%. При 40% наполнителя обеспечивается  $R_{сж}^{28сут} \geq 20,0$  МПа. Дальнейшие исследования проводились при реализации двухфакторного эксперимента. В качестве первого фактора выбран -  $X_1$  количество наполнителя в цемент (зола гидроудаления, золошлаковая смесь и топливный шлак  $30 \pm 20$  %) и второй -  $X_2$  вид вяжущего (ЦЗВи, ЦЗШВи и ШЦВи). В качестве выходных параметров выбраны:  $Y_1$ - плотность МЗБ, кг/м<sup>3</sup>,  $Y_2$  -  $R_{сж}^{тво}$ , МПа и  $Y_3$ - и  $R_{сж}^{28сут}$

прочность после 28 суток. Рассчитаны коэффициенты регрессии экспериментально-статистических моделей второго порядка свойств МЗБ и построены их графические образы в виде номограмм.

**Вопрос: Матыева А.К. – д.т.н., доцент:** В чем различие микроструктуры золы гидроудаления и топливного шлака?

**Ответ:** Исследования микроструктуры топливных отходов проводились на сканирующем электронном микроскопе VEGA3 TESCAN. В зависимости от вида топлива, метода отбора, условий горения и хранения топливные отходы могут отличаться по химическому, минералогическому, фазовому составу и соответственно микроструктурой.

Детальный анализ золы гидроудаления (ГУ) позволил рассмотреть при увеличениях  $\times 246$ ,  $\times 348$ ,  $\times 718$ ,  $\times 2210$  и  $\times 37\,900$  распределение сферических частиц и микроагрегатов микроструктуре. Поверхность частиц ЗГУ имеет остеклованную фактуру, а сами частицы в большинстве случаев имеют сферическую форму. Также наблюдаются стекловидные частицы неправильной формы, а при увеличении  $\times 60$  и  $\times 246$  видно, что немолотая зола гидроудаления состоит преимущественно из сферических дисперсных частиц с диаметром от 12 до 71 мкм. Наиболее ценным компонентом золы гидроудаления являются микросферы легкой фракции, представляющие собой мелкодисперсный порошок, состоящий из полых тонкостенных частиц сферической формы алюмосиликатного состава. Размер частиц варьируется в широком диапазоне: алюмосиликатные полые микросферы представляют собой дисперсный материал с размером частиц от 10 до 200 мкм. При увеличении разряжения 5650 и  $\times 7880$  видно, что внешняя поверхность микросфер размером 50–500 мкм в основном гладкая или шероховатая и непористая.

Шлак, образующийся из минеральной части твердого топлива, представляет собой грубодисперсный материал с размером зерен от 0,315 до 40 мм. Он формируется в нижней части топочного пространства тепловых агрегатов и удаляется в жидком, кусковом или частично порошкообразном состоянии. В отличие от золы, шлак образуется при более высоких температурах (1300–1700 °С), практически не содержит несгоревшего топлива (углеродных частиц) и отличается большей однородностью. Шлаковый гравий из-за отсутствия условий равновесной кристаллизации и быстрого охлаждения расплавленной минеральной части топлива приводит к образованию стекловидной фазы. В зависимости от химического состава шлаки содержат 40-60% стеклофазы, от структуры которой зависит активность шлака.

**Вопрос: Омурбеков И.К.- к.т.н., доцент.** По каким нормативным показателям вы определяли направления использования топливных отходов? И что показали исследования в данном контексте?

**Ответ:** Для определения возможности использования ЗШО (зола гидроудаления, золошлаковая смесь и шлак) необходимо знать основные классификационные признаки: модуль кислотности и основности, силикатный модуль и коэффициент качества. По данным показателям определяется тип зол и косвенно определяется их способность к самостоятельному твердению. Показателем активности ЗШО как активных минеральных добавок является их гидравлическая активность, которая оценивается по коэффициенту качества  $K = (\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3) / \text{SiO}_2$ . Этот показатель указывает на способность взаимодействия оксидов  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в щелочной среде гидроксида кальция, выделившегося при гидратации цемента с образованием в дальнейшем гидросиликатов и гидроалюминатов Са. Гидравлическая активность золошлаковых отходов может также оцениваться по «модулю

активности»  $M_a = Al_2O_3/SiO_2$ , т.е. чем больше глинозема в ЗШО тем легче он гидратируется в щелочной среде. Интегральной характеристикой, обобщающей химический состав различных ЗШО является модуль основности  $M_o = (CaO + MgO + Na_2O + K_2O) / (SiO_2 + Al_2O_3)$ . Если  $M_o < 1,0$ , то ЗШО относится к кислым, при  $M_o > 0,9$  сверхкислым. Как известно с повышением показателей  $M_a$  и  $M_o$  гидравлическая активность шлаков и зол возрастает. Модуль кислотности:  $M_k = (Al_2O_3 + SiO_2) / (CaO + MgO)$ ; Силикатный (кремнеземистый) модуль:  $n = (SiO_2) / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ . Соблюдение нормативных требований к химическому составу зол ТЭС позволяет обеспечить надлежащую прочность и долговечность бетона. В исследованиях установлено, что данные ЗШО по модулю основности  $M_o$  и по содержанию  $SiO_2 > 45\%$  относятся к кислым с не стабильным химическим составом, малым количеством свободного оксида кальция и большим содержанием оксида кремния. Такие золы не обладают самостоятельными вяжущими свойствами, но при добавлении интенсификаторов твердения они могут обладать вяжущими свойствами.

#### **Выступление научного консультанта**

**1. Абдыкалыков А.А. д.т.н., профессор:** Уважаемые коллеги благодарю всех, что пришли выслушать выступление Махават Абдысадыковну. Как научный консультант, хочу подчеркнуть, что работа диссертация и имеет практическую значимость. Это первая редакция диссертации Джусуповой Махават Абдысадыковны. В работе имеется новизна и практическое значение. Диссертация соискателя выполнена в соответствии с установленными требованиями к диссертациям. Тема исследования полностью соответствует профилю специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия. Считаю, что при условии устранения замечаний, высказанных специалистами, данную работу можно рекомендовать к защите. В качестве рекомендации хочется отметить, научная гипотеза формируется после анализа, цели очень емкие, двухфакторные стандартные эксперименты предлагаю отвести в виде таблицы в приложения отнести, можно добавить циклические результаты например, морозостойкость, это будет утвердительное предложение, предлагаю писать только минеральные добавки без добавки активные. Если вы ставите 7 задач то и выводов должно быть 7. Я поддерживаю данную работу. Это огромный труд. Я думаю при достойной доработке можно будет порекомендовать к защите.

#### **Выступление рецензентов:**

**1. Курдюмова В.М.. – доктор технических наук, профессор:**

Актуальность темы диссертации. Рецензируемая работа посвящена актуальной теме, одной из проблем КР утилизации промышленных и сельскохозяйственных отходов. Исследования соискателя заключается в рациональном использовании природного сырья, экономии дорогостоящих компонентов, снижения тепло-энергозатрат при сохранении эксплуатационных характеристик строительных изделий и конструкций. В современном строительстве пристальное внимание уделяется не только рациональному использованию природных ресурсов, но и использованию промышленных отходов, что способствует решению проблем их хранения и оздоровления окружающей среды.

*Научная новизна исследования.* Научная новизна представленной работы заключается в том, что показана возможность использования техногенных отходов в мелкозернистом бетоне, применение которых может привести к улучшению физико-механических свойств МЗБ.

*Практическая значимость исследования.*

1. Проведена систематизация золошлаковых отходов, определена и обоснована направленность их использования в качестве наполнителя цемент и в качестве заполнителей для бетонов.
2. Получены и рекомендованы композиционные вяжущие вещества, наполненные золой гидроудаления, золошлаковой смесью, топливным шлаком.
3. Получены оптимальные составы мелкозернистых бетонов на разработанных композиционных цементных вяжущих веществах и заполнителях природного и техногенного происхождения.
4. Получены мелкозернистые бетоны на низкомарочных цементах, активированных и наполненных золошлаковой смесью.
5. Разработан оптимальный состав мелкозернистого бетона с использованием золы рисовой шелухи как наполнителя в цемент и золы гидроудаления как дисперсная часть мелкого заполнителя.
6. Разработаны оптимальные гранулометрические составы мелких заполнителей и природного песка, золошлаковой смеси, золы гидроудаления и топливного шлака.
7. Разработаны технологические карты на производство композиционных вяжущих и изделий из мелкозернистых бетонов.
8. Рассчитаны основные технико-экономические показатели производства разработанных композиционных вяжущих и бетонов на их основе.
9. Результаты диссертационных исследований апробированы на предприятиях г. Бишкек ЗАО Кум-Шагыл и ОсОО "Шерой".

*Обзор литературы* предстает собой критический анализ зарубежных и отечественных литературных источников по актуальным вопросам утилизации техногенных отходов при получении композиционных вяжущих веществ и бетонов.

*В первой главе* В частности описаны современные представления и особенности твердения цементных вяжущих с использованием активных минеральных добавок к которым относятся топливные отходы (зола гидроудаления, золошлаковая смесь и топливный шлак) и зола рисовой шелухи. Рассмотрены вопросы по оценке эффективности их использования в вяжущих и бетонах. Раскрыты экологические и экономические аспекты использования отходов топливно-энергетического и растительного производств. рассмотрены особенности твердения цементных вяжущих веществ в присутствии активных минеральных добавок.

Применение золошлаковых отходов способствует снижению потребления цемента, производство которого сопровождается значительными выбросами CO<sub>2</sub> (0,97 т на 1 т клинкера). Замена части цемента активированными минеральными добавками снижает экологическую нагрузку и повышает экономическую эффективность строительства. Внедрение таких решений способствует более устойчивому развитию отрасли и снижению зависимости от традиционных природных ресурсов.

*Во второй главе* даны характеристики используемых сырьевых материалов (цемент, ЗГУ, ЗШС, топливный шлак, песок месторождений Чу и Аламедин, суперпластификаторы на карбоксилатной основе), описаны методы и методики для проведения испытаний вяжущих и заполнителей для мелкозернистого бетона в лабораторных условиях (химические, физико-химические, микроструктурные, физико-механические). Исследования, которые проводились автором в полной мере обеспечивают достоверность результатов экспериментальных данных при решении рецептурно-технологических задач при разработке составов композиционных вяжущих и бетонов на их основе. Используются современные методики экспериментально-

статистического моделирования рецептурно-технологических факторов и свойств композиционных вяжущих с использованием отходов и мелкозернистых бетонов на их основе. Корректировка зерновых составов мелких заполнителей из природного и техногенного сырья проводилась по современной методике по программе «Granumetrik». Экспериментальные исследования по определению физико-технических характеристик сырьевых материалов, подготовка образцов МЗБ и испытание его физико-механических характеристик проводили в лабораториях КИСИ им. Н. Исанова каф. ПЭСМИиК.

В третьей главе представлены исследования микроструктуры и физико-химических свойств золошлаковых отходов и золы рисовой шелухи. Исследования топливных отходов ТЭЦ проводились на различных пробах, которые, в зависимости от метода отбора, условий горения и хранения, были разделены на золу гидроудаления, золошлаковую смесь и топливный шлак. Для определения направления ЗШО и золы рисовой шелухи определены основные классификационные признаки: модуль кислотности, модуль основности, силикатный (кремнеземистый модуль), модуль активности и коэффициент качества, которые позволили установить, что данные отходы можно отнести к кислым, т.е. не способным к самостоятельному твердению. Выявлена легкая размалываемость ЗГУ при начальной дисперсности по мере измельчения 3 ч. она возрастает от 310 до 390 м<sup>2</sup>/кг. При ее введении взамен 10 % цемента и совместном помоле достигнут максимальный технический эффект, где прочность составила  $R_{сж}^{28} = 37$  МПа, а при 30%  $R_{сж}^{28} = 33$  МПа, что равнозначно прочности исходного цемента. Замена цемента ЗШС 10 % обеспечивает вяжущему ЦЗШВм прочность  $R_{сж}^{28} = 33,04$  МПа, что также равнозначно прочности исходного цемента.

Цементношлаковое вяжущее (ЦШВ-I<sub>и</sub>) с топливным шлаком 0; 10; 30% имеет прочность  $R_{сж}^{28}$  - 33,46; 33,7; 32,5 МПа соответственно. Для вяжущего (ЦЦВ-II<sub>и</sub>), полученного совместным помолом цемента и тонкоизмельченного шлака (10-30%) в течении 1 часа прочность  $R_{сж}^{28} = 34,28$  и 32,98 МПа, что равнозначно исходному цементу  $R_{сж}^{28} = 33,46$ . Установлено, что активация помолом вяжущих увеличивает  $K_3$  коэффициент эффективности использования цемента. Наибольшие значения наблюдаются у ЦЗШВ ( $K_3 = 0,563$ ), по сравнению с вяжущими ЦЗВ гидроудаления ( $K_3 = 0,432$ ) и ( $K_3 = 0,464-0,47$ ).

В четвертой главе исследованы основные свойства природных мелких заполнителей и золошлаковых отходов в качестве заполнителей для бетона. В главе проведена оценка гранулометрического состава заполнителей из природного сырья и топливных отходов и далее сделана корректировка их зернового состава по методике оптимизации упаковки частиц с использованием компьютерного метода моделирования, основанная на алгоритме перекатывающих частиц «drop and roll», дает количественную оценку полученной упаковки. Выбор оптимального соотношения известного фракционного состава заполнителей из топливных отходов заключался в приближении гранулометрического состава смеси к эталонной кривой распределения. Уплотнении структуры бетона, за счет заполнения пор мелкодисперсными ЗШО между цементными зернами и крупными заполнителями позволяют снижать пористость и водопоглощение, что способствует повышению водонепроницаемости и прочности бетона. За счет замены (полной или частичной) природного песка ЗШО снижаются затраты на сырье, а пуццолановая активность ЗШО позволяет уменьшить расход цемента, сокращая производственные расходы.

В пятой главе исследования посвящены разработке составов МЗБ на активированных совместным измельчением композиционных вяжущих с наполнителями из золы гидроудаления (ЦЗВ<sub>и</sub>), золошлаковой смеси ЦЗШВ<sub>и</sub> и тонкомолотого шлака ЦШВ<sub>и</sub>. В

качестве мелкого заполнителя использовался природный песок Васильевского месторождения и различные фракции (5-10 мм и 0-5 мм) предварительно раздробленного топливного шлака. Предварительные исследования свойств МЗБ проводились на семи составах мелкозернистого бетона с различным видами композиционных вяжущих и при различном соотношении вяжущего к заполнителю. Анализ результатов предварительных исследований позволил определить наиболее эффективные составы бетона № 1, 6, 7. В составе №1 при соотношении вяжущее:заполнитель (шлак 5-10 мм) - 1:2:1 лучшие результаты показывает вяжущее с использованием золы ГУ и ЗШС. При содержании в вяжущем ЗШС 10-50 % после ТВО прочность составила  $R^{TBO}_{сж} = 15-10$  МПа. При тех же условиях ТВО у вяжущего с увеличением добавки ЗГУ 10...50% прочность  $R^{TBO}_{сж}$  изменялась от 18 до 12 МПа. То же наблюдалось для МЗБ, выдержанных 28 суток, здесь  $R^{28}_{сж}$  в пределах 22 -14 МПа.

Для МЗБ состава № 6 при соотношении вяжущее : Ш (смесь фр.0-5 и 5-10 мм) 1:2 установлено что, прочность после ТВО  $R^{TBO}_{сж}$  и  $R^{28}_{сж}$  обеспечиваются для МЗБ на вяжущем ЦЗВи, но при нижних уровнях 10%. При 40% замене цемента обеспечивается прочность  $R^{28}_{сж} \geq 20,0$  МПа с плотностью в пределах 1800-1820 кг/м<sup>3</sup>;

МЗБ состава № 7 при соотношении вяжущее : Ш (смесь фр.0-5 и 5-10 мм) - 1:3 количество шлака увеличено, что снижает плотность МЗБ до 1720-1820 кг/м<sup>3</sup> и прочность до 10- 18 МПа. При 10% замене цемента в вяжущем золой ГУ и соотношением вяжущее : Ш- 1:3 прочность МЗБ достигает  $R^{28}_{сж} = 20,0$  МПа. Далее проведена оптимизация составов № 1, 6, 7 по математическим моделям свойств МЗБ. В качестве переменных взяты:  $X_1$  - количество ЗШО 30 ± 20 % и  $X_2$  - вид вяжущего - ЦЗВи; ЦЗШВи и ЦШВи. Параметры качества МЗБ: плотность и прочность после 28 суток на сжатие, МПа -  $R^{TBO}_{сж}$  и  $R^{28сут}_{сж}$ . По результатам двухфакторного эксперимента были получены математические модели свойств МЗБ и построены номограммы. Установлено, что в

В составе № 1 для МЗБ с 10% ЗГУ в вяжущем ЦЗВи прочность  $R^{28сут}_{сж} \sim 20$  МПа. На вяжущем с ЗШС 10% прочность  $R^{28сут}_{сж} \sim 23$  МПа и на вяжущем с добавкой тонкомолого шлака  $R^{28сут}_{сж} \sim 20$  МПа.

МЗБ состава № 6 с содержанием в ЦЗВи вяжущем количества ЗГУ 10% прочность после ТВО составляет  $R^{TBO}_{сж} \sim 24$  МПа, а после 28 суток  $R^{28сут}_{сж} \sim 27$  МПа и плотность 1940 кг/м<sup>3</sup>. Максимальная прочность МЗБ №1 на вяжущем ЦЗШВи при ЗШС (10%) прочность равна  $R^{TBO}_{сж} \sim 20$  МПа и  $R^{28сут}_{сж} \sim 21$  МПа. Для бетона на вяжущем ЦШВи прочность при количестве тонкомолотого шлака 10 % прочность  $R^{TBO}_{сж} \sim 28$  МПа и  $R^{28сут}_{сж} \sim 33$  МПа.

Прочность МЗБ №7 на вяжущем ЦЗВи (10% ЗГУ) прочность составила  $R^{TBO}_{сж}$  и  $R^{28сут}_{сж} \sim 20-21$  МПа. Бетон на вяжущем ЦЗШВи при ЗШС (10%) прочность равна  $R^{TBO}_{сж}$  и  $R^{28сут}_{сж} \sim 14$  МПа. И на вяжущем ЦШВи  $R^{TBO}_{сж} \sim 18$  МПа и  $R^{28сут}_{сж} \sim 22$  МПа. Таким образом, наибольшая активность у вяжущего ЦШВи, обеспечивающего максимальную прочность МЗБ  $R^{28сут}_{сж} \sim 33$  МПа.

В шестой главе исследования посвящены разработке составов мелкозернистого бетона на вяжущем ЦЗШВи (ЗШС 30%) и природном заполнителе. На песках Аламедин ( $M_k = 3,26$ ) и Чу ( $M_k = 2,55$ ) оптимального состава был получен МЗБ с оптимальным содержанием суперпластификаторов MasterGlenium 116 и 917 и с меньшим содержанием цемента прочность составила  $R_{сж}^{TBO} = 27,4$  МПа и ОК 5,8 см, плотность 2270 кг/м<sup>3</sup>. Данный состав сравнивали с производственными составами (ЗАО «Кум-Шагыл») тяжелого бетона классов В15 (200) с расходом цемента 290 кг/м<sup>3</sup> и В20 (250) с расходом цемента 340 кг/м<sup>3</sup> и марки по подвижности П2 (осадка конуса ОК 5-9 см).

Разработаны составы МЗБ на низкомарочном цементе. Для активизации вяжущего проводился совместный помол в течении 1 часа низкомарочного цемента с золошлаковой смесью 30%. Результаты 3-х факторного эксперимента позволили получить ЭС-модели свойств: МЗБ в 7, 14 и 28 суточном возрасте, плотность и коэффициент размягчения. Оптимизация состава МЗБ на таких вяжущих позволила рекомендовать МЗБ класса В7,5-15 на вяжущих с ЗШС 10-30% и количестве 300-400 кг/м<sup>3</sup>, но при регулировании химической добавки. Уменьшение количества вяжущего ЦЗШВ<sub>и</sub> приводит к снижению класса бетона.

Разработаны составы МЗБ на вяжущем с золой рисовой шелухи и заполнителе с золой гидроудаления. По результатам анализа, полученных ЭСМ свойств определена оптимальная рецептура (содержание ЗШС в вяжущем -  $X_1 = 0...7\%$ ; количество вяжущего ЦЗШВ<sub>и</sub> -  $X_2 = 0...20\%$ ; пластиф. 116 -  $X_3 = 0.8\%$ ), где обеспечивается прочность  $R^{90}_{сж} = 30$  МПа.

В седьмой главе разработана технология и рассчитаны технико-экономические показатели производства композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов с использованием золы гидроудаления, золошлаковой смеси, топливного шлака и золы рисовой шелухи. Результаты исследований апробированы на предприятиях ЗАО «Кум-шагыл» и ОсОО «Шерой».

*Научная новизна работы.* Разработаны научно-прикладные основы и технологические решения для создания мелкозернистых бетонов на основе вяжущих и заполнителях природного и техногенного сырья.

Систематизированы, обобщены направления и эффективные способы получения композиционных цементных вяжущих для обеспечения стабильных свойств МЗБ. Предложены экспериментально-статистические модели свойств композиционных цементных вяжущих с различными топливными отходами, позволяющие прогнозировать их свойства в различных условиях твердения. Предложены откорректированные оптимальные зерновые составы природных и техногенных заполнителей для обеспечения плотной структуры мелкозернистого бетона требуемого качества. Предложены экспериментально-статистические модели свойств мелкозернистого бетона заданного класса на низкомарочных цементах с золошлаковой смесью и заполнителях из природного и техногенного сырья.

*Практическая ценность и реализация работы.* Проведенная автором систематизация топливных отходов и золы рисовой шелухи позволяет определить направленность их использования в качестве активной минеральной добавки цемент и в качестве заполнителей для бетонов. По предложенным автором ЭС-моделям имеется возможность прогнозировать количество использованных отходов (зола гидроудаления, золошлаковая смесь, топливный шлак, зола рисовой шелухи) для получения композиционных вяжущих с набором требуемых эксплуатационных свойств. Рекомендованные композиционные вяжущие позволяют целенаправленно использовать топливные отходы в цемент и тем самым обеспечить его разумное потребление на предприятиях при производстве бетонов и изделий из него.

Рекомендованы оптимальные составы мелкозернистых бетонов на разработанных композиционных цементных вяжущих веществах и заполнителях природного и техногенного происхождения.

Предложены откорректированные оптимальные зерновые составы мелких заполнителей из природного песка, золошлаковой смеси, золы гидроудаления и топливного шлака, что позволит значительно уплотнить структуру бетона и сократить содержание цемента.

*Степень обоснованности научных положений, выводов.* Выводы и практические рекомендации соискателя основаны на результатах теоретических и экспериментальных исследований. Результаты исследования научно обоснованы и получены при использовании современных методов и методик. В целом диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной проблемы.

*Общая оценка научной работы соискателя.* В процессе выполнения исследований согласно поставленным задачам приняты принципиально новые технологические решения, имеющие научное и практическое значение для строительной области и решения экологической проблемы утилизации многотоннажного техногенного сырья.

*Замечания и предложения.* Принципиальных замечаний по содержанию диссертации не имеется. Однако имеются некоторые рекомендации, а именно:

1. Задачи исследования следует сократить.
2. Заключение по диссертационной работе необходимо сократить, написать емко и лаконично.
3. Двух и трехфакторные ЭС-модели рекомендуем оформить в табличной форме.
4. Дополнить заключение по главе 4.
5. Из главы 5 раздел, где исследуется МЗБ с золой рисовой шелухи перенести в главу 6, т.к. по содержанию он ближе.

*Полнота публикаций в печати* Основное содержание диссертационного исследования достаточно полно отражено 27 научных работах соискателя из них SCOPUS – 4. Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на 14 республиканских и зарубежных научно-практических конференциях.

*Заключение.* Диссертация Джусуповой Махават Абдысадыковны на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» является самостоятельным, законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, соответствует паспорту специальности и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия.

**Ответ соискателя рецензенту:**

Уважаемая Валентина Мифодьевна, благодарю за детальное рецензирование нашей работы, положительную оценку. Ваши замечания будут учтены при окончательном оформлении работы.

**Второй рецензент.**

**2. Матыева А.К. – д.т.н., доцент:**

*Актуальность темы диссертации.* Рецензируемая работа посвящена важной проблеме утилизации промышленных и сельскохозяйственных отходов. Использование золошлаковых отходов и ЗРШ также снижает потребление цемента, производство которого сопровождается значительными выбросами CO<sub>2</sub> (0,97 т на 1 т клинкера). Замена части цемента этими добавками уменьшает экологическую нагрузку и повышает экономическую эффективность строительства, способствуя устойчивому развитию отрасли и снижению зависимости от традиционных природных ресурсов.

*Научная новизна работы* заключается в демонстрации возможности использования золы рисовой шелухи (ЗРШ), золы гидроудаления (ЗГУ), золошлаковой смеси (ЗШС), топливного шлака в составе мелкозернистого бетона, что может способствовать улучшению его физико-механических свойств. В ходе исследований было определено оптимальное



содержание золы в мелком заполнителе, необходимое для достижения требуемых физических и механических характеристик МЗБ.

*Обзор литературы.* Соискателем проведён критический анализ литературных источников, посвящённых вопросам утилизации техногенных отходов при производстве композиционных цементных вяжущих и мелкозернистых бетонов.

*В первой главе* обоснованы современные подходы к использованию активных минеральных добавок, включающих топливные отходы (золу гидроудаления, золошлаковую смесь и топливный шлак) и золу рисовой шелухи, в процессах твердения цементных вяжущих веществ. Рассмотрены методы оценки эффективности применения данных добавок в композиционных вяжущих и бетонах, а также экологические и экономические аспекты использования отходов топливно-энергетического и растительного производств. Особое внимание уделено анализу особенностей твердения цементных систем в присутствии активных минеральных добавок, что позволяет снизить потребление цемента и, соответственно, выбросы  $\text{CO}_2$  (до 0,97 т на 1 т клинкера), повышая экономическую эффективность строительства и способствуя устойчивому развитию отрасли.

*Во второй главе* приведены характеристики основных сырьевых материалов: цемента, зол гидроудаления (ЗГУ), золошлаковой смеси (ЗШС), топливного шлака, песков месторождений Чу и Аламедин, а также суперпластификаторов на карбоксилатной основе. Описаны методы и методики проведения химических, физико-химических, микроструктурных и физико-механических испытаний вяжущих веществ и заполнителей для мелкозернистого бетона в лабораторных условиях. Проведённые исследования обеспечивают достоверность экспериментальных данных, что позволяет решать рецептурно-технологические задачи при разработке композитных вяжущих и бетонов. Корректировка зерновых составов заполнителей проводилась по современной методике в рамках программы «Granumetrik», а испытания осуществлялись в лабораториях КИСИ им. Н. Исанова кафедры ПЭСМИиК.

*В третьей главе* представлены результаты исследований микроструктуры и физико-химических свойств золошлаковых отходов и золы рисовой шелухи. Топливные отходы ТЭЦ были исследованы по различным составам, классифицированным в зависимости от метода отбора, условий горения и хранения, что позволило выделить золу гидроудаления, золошлаковую смесь и топливный шлак. Для определения направленности использования данных материалов определены ключевые классификационные признаки: модуль кислотности, модуль основности, силикатный модуль, модуль активности и коэффициент качества. Полученные данные свидетельствуют о том, что рассматриваемые отходы относятся к кислым материалам, неспособным к самостоятельному твердению. Отмечена зависимость размалываемости ЗГУ от длительности измельчения (увеличение с 310 до 390  $\text{м}^2/\text{кг}$  за 3 часа), что при замене 10 % цемента с совместным помолом обеспечивает максимальный технический эффект ( $R_{\text{сж}}^{28} = 37$  МПа), а при 30 % –  $R_{\text{сж}}^{28} = 33$  МПа, что эквивалентно свойствам исходного цемента. Аналогичным образом замена 10 % цемента золошлаковой смесью даёт прочность вяжущего материала ЦЗШВ<sub>м</sub>  $R_{\text{сж}}^{28} = 33,04$  МПа.

При активации вяжущих увеличивается  $K_3$  коэффициент эффективности использования цемента, где большие значения наблюдаются у ЦЗШВ ( $K_3 = 0,563$ ) и у вяжущих ЦЗВ гидроудаления  $K_3 = 0,432$  и ЦШВ  $K_3 = 0,464-0,47$ .

*В четвертая глава работы* посвящена исследованию свойств природных мелких заполнителей и золошлаковых отходов при их использовании в качестве заполнителей для бетонов. Проведён анализ гранулометрического состава заполнителей природного сырья и

топливных отходов с последующей корректировкой зернового состава посредством компьютерного моделирования алгоритмом «drop and roll». Оптимальное соотношение фракционного состава заполнителей определяется приближением гранулометрической кривой смеси к эталонной, что позволяет за счёт заполнения пор мелкодисперсными частицами снизить пористость, уменьшить водопоглощение и повысить прочность и водонепроницаемость бетона. Замена природного песка золошлаковыми отходами способствует снижению затрат на сырьё и уменьшению расхода цемента благодаря пуццолановой активности добавок.

*Пятая глава* посвящена разработке составов МЗБ на основе активированных совместным измельчением композиционных вяжущих с наполнителями из золы гидроудаления (ЦЗВи), золошлаковой смеси (ЦЗШВи) и тонкомолотого шлака (ЦШВи). В качестве мелкого заполнителя использовался природный песок Васильевского месторождения и предварительно раздроблённый топливный шлак различных фракций (0–5 мм и 5–10 мм). Предварительные исследования семи составов МЗБ с разными видами вяжущих и соотношением вяжущего к заполнителю позволили выделить оптимальные варианты (составы № 1, 6, 7). Для состава № 1 при соотношении вяжущее:заполнитель (шлак 5–10 мм) 1:2:1 использование золы ГУ и ЗШС обеспечило прочность после предварительного водного отверждения (ТВО) в диапазоне  $R^{тво}_{сж} = 10–15$  МПа, при изменении дозировки ЗГУ – от 12 до 18 МПа, а при 28-дневном твердении – от 14 до 22 МПа. Для состава № 6, при соотношении вяжущее:заполнитель 1:2, применение ЦЗВи с 10 % ЗГУ обеспечивало  $R^{28}_{сж} \geq 20$  МПа при плотности 1800–1820 кг/м<sup>3</sup>. Состав № 7 с увеличенным содержанием шлака (соотношение вяжущее:заполнитель 1:3) характеризовался снижением плотности (1720–1820 кг/м<sup>3</sup>) и прочности (10–18 МПа), однако при 10 % замене цемента в вяжущем с использованием золы ГУ достигалась прочность  $R^{28}_{сж} = 20$  МПа. Дополнительно выполнена оптимизация составов № 1, 6 и 7 с использованием экспериментально-статистических моделей, где переменными выступали содержание золошлаковых отходов ( $X_1 = 30 \pm 20$  %) и тип вяжущего ( $X_2$  - ЦЗВи, ЦЗШВи, ЦШВи). В результате были построены модели, позволяющие прогнозировать плотность и прочность МЗБ (показатели прочности  $R^{тво}_{сж}$  и  $R^{28}_{сж}$ ).

*В шестой главе* разработаны составы МЗБ на вяжущем ЦЗШВи (с 30 % ЗШС) и природном заполнителе. На песках месторождений Аламедин ( $M_k = 3,26$ ) и Чу ( $M_k = 2,55$ ) при оптимальном содержании суперпластификаторов MasterGlenium 116 и 917 и сниженной дозировке цемента был получен МЗБ с  $R^{тво}_{сж} = 27,4$  МПа, осадкой конуса ОК = 5,8 см и плотностью 2270 кг/м<sup>3</sup>. Полученные составы сравнивались с производственными составами тяжелых бетонов (классы В15 и В20) ЗАО «Кум-Шагыл». Дополнительно разработаны составы МЗБ на низкомарочном цементе, активируемые совместным помолом с золошлаковой смесью (30 % в течение 1 часа). Результаты трёхфакторного эксперимента позволили построить экспериментально-статистические модели для оценки свойств МЗБ в 7, 14 и 28-дневном возрасте, а также модели плотности и коэффициента размягчения. Оптимизация состава позволила рекомендовать МЗБ класса В7,5–15 с использованием вяжущих, содержащих 10–30 % ЗШС при дозировке 300–400 кг/м<sup>3</sup> с регулированием химических добавок. При этом уменьшение содержания вяжущего приводит к снижению класса бетона. Отдельно разработаны составы МЗБ на вяжущем с использованием золы рисовой шелухи и заполнителя из золы гидроудаления, где оптимальная рецептура (ЗШС –  $X_1 = 0–7$  %; ЦЗШВи –  $X_2 = 0–20$  %; пластификатор MasterGlenium 116 –  $X_3 = 0,8$  %) обеспечивает прочность  $R^{90}_{сж} = 30$  МПа.

В седьмой главе представлена технология производства композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов с применением золы гидроудаления, золошлаковой смеси, топливного шлака и золы рисовой шелухи. Проведены расчёты технико-экономических показателей, а результаты апробации разработанных решений получены на предприятиях ЗАО «Кум-Шагыл» и ОсОО «Шерой».

*Научная новизна работы.* Разработаны научно-прикладные основы и технологические решения для создания мелкозернистых бетонов на основе композиционных вяжущих и заполнителей природного и техногенного происхождения. Систематизированы и обобщены направления получения композитных цементных вяжущих, обеспечивающих стабильные эксплуатационные свойства МЗБ. Предложены экспериментально-статистические модели, позволяющие прогнозировать свойства вяжущих с учётом использования различных топливных отходов и условий твердения, а также оптимизированы зерновые составы заполнителей для формирования плотной структуры бетона требуемого качества.

*Практическая ценность и реализация работы.* Систематизация топливных отходов и золы рисовой шелухи позволяет обоснованно определить их использование в качестве активных минеральных добавок в цемент и заполнителей для бетонов. Разработанные экспериментально-статистические модели обеспечивают возможность прогнозирования оптимального количества отходов (золы гидроудаления, золошлаковой смеси, топливного шлака, золы рисовой шелухи) для получения композиционных вяжущих с заданным набором эксплуатационных характеристик. Рекомендованные составы композиционных вяжущих способствуют рациональному использованию топливных отходов, что позволяет снизить расход цемента в производстве бетонов и изделий из него. Кроме того, предложены оптимальные рецептуры мелкозернистых бетонов и корректировка зерновых составов заполнителей, что обеспечивает плотную упаковку зерен заполнителя в МЗБ и сократить содержание цемента.

**Заключение.** Диссертационная работа Джусуповой Махават Абдысадыковны на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» представляет собой самостоятельное и завершённое научное исследование, посвящённое актуальной проблематике.

**Замечания и предложения.** Замечания по диссертации нет, но имеется рекомендации, а именно:

1. Сократить объём диссертации и проверить соответствие автореферату.
2. Цель исследования написать короче и сократить задачи исследования исключив повторы.
3. Привести в соответствие с ГОСТ оформление списка литературы.
4. Сократить заключение по диссертации и привести конкретные результаты не описывая процессы.

**Ответ соискателя рецензенту:**

Уважаемая Акбермет Карыбековна, благодарю Вас за тщательное рецензирование диссертационной работы и высокую оценку. Ваши замечания обязательно будут учтены в последней редакции диссертации.

**Внедрение результатов диссертации в практику:**

Опытно-производственная апробация результатов исследований проведена на предприятиях в ЗАО «Кум-Шагыл» и ОсОО «Шерой». Апробированы составы мелкозернистых бетонов различных классов В7,5 –В20 на активированных композиционных вяжущих с

добавкой золы гидроудаления, золошлаковой смеси, топливного шлака и золы рисовой шелухи.

**ВЫСТУПИЛИ в обсуждении:**

**Курдюмова В.М. – д.т.н., профессор:** По теме диссертационной работы соискателем имеется 27 публикаций (1 патент), в том числе 4 опубликованы в изданиях индексированных в Scopus. Материалы исследований заслушивались на научно-практических конференциях. Диссертационная работа сделана на достаточно высоком научном уровне с приведением обширного количества материалов исследований. Результаты исследований обработаны с использованием современных методик экспериментально-статистического моделирования, по которым проводилась оптимизация свойств вяжущих и бетонов с использованием техногенных отходов. Прошу поддержать автора и рекомендовать работу к защите.

**Матыева А.К. – д.т.н., доцент:** Диссертационная работа представляет собой интересное и актуальное исследование, которое заслуживает внимания. Автор проделал значительный труд, и представленная работа демонстрирует высокий научный уровень. Прошу поддержать автора и рекомендовать данное исследование к защите, поскольку оно вносит весомый вклад в развитие области строительных материалов.

После обсуждения принято:

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** по предварительной апробации диссертационной работы соискателя Джусуповой Махават Абдысадыковны на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия.

*Наиболее существенные научные результаты и их новизна*

1. Разработка комплексной экспериментально-теоретической базы: Созданы методологические основы и экспериментально-статистические модели для прогнозирования свойств композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов. Это позволяет оптимизировать рецептуры, учитывать влияние различных топливных отходов (зола гидроудаления, золошлаковая смесь, топливный шлак) и золы рисовой шелухи, а также адаптировать составы с учетом локальных особенностей сырья.
2. Инновационные подходы к использованию техногенного сырья: Работа обосновывает возможность использования топливных отходов как активных минеральных добавок, что снижает расход цемента и уменьшает выбросы CO<sub>2</sub> (до 0,97 т на 1 т клинкера). Это обеспечивает не только экологическую устойчивость, но и экономическую эффективность строительства, подтверждая актуальность предложенного направления исследований.
3. Оптимизация зерновых составов заполнителей: Разработана методика корректировки гранулометрического состава заполнителей с использованием компьютерного моделирования (алгоритм «drop and roll»). Применение данной методики позволяет существенно уплотнить структуру бетонной смеси, снизить водопоглощение и повысить прочность готового бетона.
4. Технологическая апробация и практическая применимость: Результаты исследований подтверждены промышленными испытаниями на предприятиях, что свидетельствует о высокой технологической применимости разработанных методик и их готовности к масштабированию в реальном производстве. Это обеспечивает переход от лабораторных разработок к практическому использованию в строительной индустрии.
5. Научная новизна: Новизна работы заключается в интеграции экспериментальных данных, математического моделирования и технико-экономических расчетов для создания

комплексных композитных вяжущих на основе местного природного и техногенного сырья. Данный подход позволяет не только повысить качество и долговечность строительных материалов, но и существенно сократить затраты на их производство, а также снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Эти результаты открывают новые перспективы в области разработки экологически безопасных и экономически эффективных технологий производства строительных материалов, способствуя устойчивому развитию отрасли.

#### *Оценка достоверности и новизна полученных данных*

Работа основана с использованием лабораторных и инструментальных методов исследования, которые статистически обработаны и представлены в диссертации в виде таблиц, графиков и их достоверность сомнений не вызывает. Достоверность научных положений и рекомендаций обоснована проверкой адекватности ЭС-моделей результатам экспериментальных исследований, полученных в лабораторных условиях и подтверждены при их апробации предприятиях.

#### *Значение для теории и практики*

Диссертационная работа имеет большое значение как для теоретического развития, так и для практического применения в области материаловедения и строительных технологий.

Теоретическая значимость: Разработанная методология систематизации природного и техногенного сырья, а также экспериментально-статистические модели свойств композиционных вяжущих, расширяют существующие теоретические представления о механизмах взаимодействия активных минеральных добавок с цементом. Полученные результаты позволяют глубже понять влияние топливных отходов и золы рисовой шелухи на формирование микроструктуры и эксплуатационных характеристик бетонных смесей, что способствует дальнейшему развитию теоретических основ в данной области.

Практическая значимость: Практическая реализация результатов исследования способствует внедрению инновационных технологий в производство строительных материалов. Оптимизация рецептур цементных смесей и корректировка зерновых составов заполнителей позволяют снизить расход цемента, уменьшить выбросы парниковых газов и сократить производственные затраты. Апробация разработанных методик на промышленных предприятиях демонстрирует их высокую технологическую применимость и потенциал для широкомасштабного использования в строительной индустрии, что в целом способствует устойчивому развитию отрасли и рациональному использованию местного сырья.

Таким образом, выполненная работа обеспечивает фундамент для дальнейших исследований и разработок в сфере создания экологически безопасных и экономически эффективных композитных материалов.

*Практическое значение* работы заключается в том, что внедрение полученных результатов позволяет использовать на производстве оптимальные составы мелкозернистого бетона, модифицированного золой гидроудаления, золошлаковой смесью, золой рисовой шелухи и топливного шлака и улучшенного зернового состава мелкого заполнителя, и определения оптимального содержания суперпластификатора. Предложенные оптимальные составы модифицированного бетона, в которых топливные отходы и зола рисовой шелухи используются в качестве минеральной добавки. Исследования включают расчет ключевых технико-экономических показателей производства модифицированных мелкозернистых бетонов с применением золы гидроудаления, золошлаковой смеси, золы рисовой шелухи и суперпластификатора.

### *Рекомендации об использовании результатов исследования*

#### Широкое вовлечение активных минеральных добавок в производственные процессы

Рекомендуется внедрение технологий применения топливных отходов (золы гидроудаления, золошлаковой смеси, топливного шлака) и золы рисовой шелухи в состав цементных вяжущих. Это позволит снизить расход цемента, уменьшить выбросы CO<sub>2</sub> и повысить экологическую устойчивость строительных технологий.

Применение экспериментально-статистических моделей. Разработанные модели прогнозирования свойств композиционных вяжущих и мелкозернистых бетонов могут служить основой для оптимизации рецептур цементных смесей. Их интеграция в автоматизированные системы контроля качества и рецептурного проектирования позволит адаптировать составы в зависимости от локальных условий и характеристик исходного сырья.

Оптимизация зерновых составов заполнителей. Рекомендуется использовать предложенные методики корректировки зерновых составов природных и техногенных заполнителей для повышения плотности бетонной смеси. Это способствует снижению пористости и водопоглощения, что в свою очередь улучшает прочностные характеристики бетона.

Масштабирование технологий в промышленное производство. Полученные экспериментальные данные и апробация результатов на предприятиях свидетельствуют о высокой технологической применимости разработанных методик. Рекомендуется масштабирование данных технологий на промышленных предприятиях, что позволит оптимизировать производственные затраты и повысить качество выпускаемой продукции.

Дальнейшие исследования и совершенствование технологических решений. Для повышения эффективности предложенных методик необходимо продолжить исследования по изучению долговременных эксплуатационных характеристик композиционных вяжущих и бетонов. Это позволит своевременно корректировать рецептуры с учетом изменений технологических процессов и рыночных условий.

**Председатель.** Если нет желающих выступить позвольте мне подвести итоги заседания

**Заключительное слово председателя - к.т.н. Болотов Т.Т.:**

Диссертационная работа Джусуповой Махават Абдысадыковны охватывает актуальную тему, выполнена на высоком научном, методическом и методологическом уровне, содержит научную новизну и практическое значение. На расширенном заседании кафедры сегодня мы рассмотрели и подробно обсудили диссертационную работу на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» Заслушали доклад соискателя, заключения рецензентов, вопросы кафедральных и приглашенных специалистов и ответы на них.

Прошу проголосовать.

**Голосование:** «За» - 15; «Против» - нет; «Воздержавшиеся» - нет.

Принято единогласно. Благодарю!

**ПОСТАНОВИЛИ:**

1. Диссертационная работа Джусуповой Махават Абдысадыковны на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» является завершенным научным исследованием, имеющим важное научно-практическое значение. Она соответствует паспорту специальности и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по

## ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа Джусуповой Махават Абдысадыковны на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» является завершенным научным исследованием, имеющим важное научно-практическое значение. Она соответствует паспорту специальности и удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия в соответствии с «Положением о порядке присуждения ученых степеней».

2. Принять положительное заключение диссертационной работе Джусуповой Махават Абдысадыковны на тему: «Экспериментально-теоретические основы создания композиционных вяжущих и изделий на основе местного природного и техногенного сырья» и рекомендовать к дальнейшему рассмотрению на диссертационном совете при Кыргызском государственном техническом университете им. И.Раззакова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия.

Председатель:

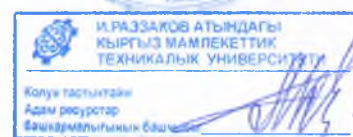
к.т.н., доцент кафедры производство  
экспертиза строительных материалов и изделий  
КГТУ им. И.Раззакова

Т.Т. Болотов

Секретарь:

к.т.н., доцент кафедры производство  
экспертиза строительных материалов и изделий  
КГТУ им. И.Раззакова

Н.М. Сарбаева



26.02.2025