

Письменный отзыв официального рецензента **Естемесовой Аксая Сансызбаевны** на диссертационную работу **Бердікұл Назерке Иманаліқызы** на тему: «Повышение эксплуатационных свойств мелкозернистых бетонов за счет использования эффективных химических добавок», предоставленную на соискание степени доктора философии PhD по образовательной программе 8D07305- «Строительство и производство строительных материалов и конструкций».

р/н №	Критерий	Соответствие критериев	Мнение официального рецензента
1.	Соответствие темы диссертации (на дату утверждения) направлениям развития науки и / или государственным программам	1.1 соответствие направлениям развития науки и / или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемой из бюджета государства (наименование и номер проекта или программы); 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (наименование программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Диссертационная работа была выполнена в рамках государственной программы жилищно-коммунального развития "Нұрлы жер" на 2020–2025 годы, утвержденной постановлением Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2019 года. Основные результаты исследования сосредоточены на разработке и внедрении инновационных материалов, что способствует повышению качества и долговечности строительства. Это полностью соответствует приоритетным задачам указанных программ, направленным на развитие жилищной и инфраструктурной отраслей.
2.	Важность науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее значимость раскрыта/не раскрыта.	<u>Работа вносит существенный вклад в науку, и ее значимость раскрыта.</u> Исследование посвящено разработке и оптимизации мелкозернистого бетона с использованием золы уноса, цеолита и поликарбоксилатных химических добавок, что способствует решению актуальных задач в строительной отрасли. Работа раскрывает возможности рационального использования промышленных отходов, таких как зола уноса, для улучшения свойств бетона, повышая его прочность, морозостойкость и долговечность. Это имеет важное значение для развития строительных технологий, особенно в контексте устойчивого использования местных ресурсов и снижения экологической нагрузки, что делает вклад работы в науку существенным и актуальным.
3.	Сам принцип написания	Уровень самописности: 1) высокий;	Уровень самописности: на основании представленного текста и детального описания результатов исследования уровень самописности

		2) средний; 3) низкий; 4) сам не писал	является <i>высоким</i> . Текст демонстрирует глубокое понимание темы, логичное изложение научных результатов и оригинальные выводы. Более того, предоставленные справки оригинальности от университета КАЗНИТУ и НЦГНТЭ подтверждают выводы, указывая на самостоятельный характер выполнения работы и высокий уровень оригинальности.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 обоснование актуальности диссертации: 1) обоснованные; 2) частично обоснованные; 3) не обоснованные.	<p><i>1) обоснованные</i></p> <p>Диссертация посвящена решению актуальных проблем, стоящих перед Казахстаном. Диссертационное исследование направлено на решение актуальной проблемы, связанной с развитием городской инфраструктуры и экологической безопасностью. В условиях растущих объемов строительства и накопления промышленных отходов, поиск инновационных решений для создания высококачественных строительных материалов из местных ресурсов, таких как зола-унос, является актуальной задачей.</p> <p>Использование золы-уноса в качестве активной минеральной добавки позволяет существенно улучшить свойства бетонов. За счет связывания свободного гидроксида кальция образуются гидросиликаты кальция, что приводит к повышению прочности и долговечности строительных материалов. Кроме того, применение золы-уноса позволяет снизить зависимость от импортных добавок и сделать производство бетонов более экономически эффективным.</p> <p>Экономическая целесообразность исследования также очевидна: использование местных ресурсов снижает потребность в дорогостоящих импортных добавках, таких как микро кремнезем и метакаолин, что делает разработанные технологии более доступными для применения в строительстве в Казахстане.</p>
		4.2 содержание диссертации определяет тему диссертации 1) определяет; 2) частично определяет; 3) не определяет	<p><i>1) определяет</i></p> <p>Диссертация сфокусирована на решении актуальной задачи повышения эксплуатационных характеристик мелкозернистых бетонов путем применения эффективных химических добавок. Работа охватывает широкий спектр вопросов, включая обоснование состава комплексных добавок, изучение их влияния на свойства бетонных смесей и разработку оптимальных составов. Особое внимание уделено исследованию механической активации золы и ее роли в улучшении</p>

			свойств бетона. Таким образом, все разделы диссертации логически связаны между собой и направлены на достижение общей цели.
	4.3. цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствует; 2) частично соответствует; 3) не соответствует		<i>1) соответствует</i> Поставленные в диссертации цели и задачи четко сформулированы и последовательно раскрываются в ходе исследования. Каждая задача направлена на решение конкретных вопросов, связанных с улучшением свойств мелкозернистых бетонов (МЗБ) путем использования комплексных добавок. Логическая взаимосвязь между теоретической частью и экспериментальными исследованиями обеспечивает целостность работы и позволяет достичь поставленных целей. Полученные результаты имеют высокую практическую значимость для строительной отрасли.
	4.4. все разделы и конструкции диссертации логически связаны: 1) полностью связанный; 2) частично связанный; 3) нет связи		<i>1) полностью связанный</i> Все разделы диссертации «Повышение эксплуатационных свойств мелкозернистых бетонов за счет использования эффективных химических добавок» логически выстроены вокруг основной темы. Обосновывается актуальность проблемы повышения эксплуатационных свойств мелкозернистых бетонов, особенно в условиях необходимости утилизации золошлаковых отходов и поиска альтернативных добавок для улучшения качества бетонов. Формулируется цель работы- разработка эффективного мелкозернистого бетона с использованием химических добавок, и обозначаются ключевые задачи, такие как оптимизация состава бетонной смеси и изучение влияния добавок на эксплуатационные свойства бетона. Проводится анализ современных исследований и технологий в области бетонов с добавлением золы уноса, цеолита и других активных компонентов. Литературный обзор подчеркивает необходимость модификации бетонов с целью повышения их прочности, долговечности и устойчивости к внешним воздействиям. Описаны существующие методы утилизации золошлаковых отходов и пути их использования в качестве минеральных добавок. Описываются механизмы взаимодействия добавок с цементным камнем, образование гидросиликатов кальция и влияние этих процессов на плотность и прочность бетона. Рассматриваются методы механоактивации золы уноса для ускорения гидратации цемента. Так

			<p>же, описаны методология и методы исследования, применяемые для изучения свойств мелкозернистых бетонов с добавками. Используются такие методы, как электронно-микроскопический анализ, рентгенофазовый анализ и фотоколориметрия для изучения структуры цементного камня и качества бетона. Эксперименты проводятся с различными вариантами состава бетона, включающими местные добавки и активированные золы.</p> <p>Представлены результаты экспериментального исследования, показывающие, как введение химических добавок влияет на эксплуатационные характеристики мелкозернистых бетонов. Установлены зависимости между количеством добавок и прочностью, водонепроницаемостью, морозостойкостью бетонов. Показано, что применение комплексных добавок снижает водоцементное соотношение, повышает плотность бетона и его долговечность.</p> <p>В заключении подводятся итоги работы, обобщаются научные и практические результаты, подтверждающие, что разработанные составы мелкозернистых бетонов с использованием золы уноса и химических добавок имеют улучшенные эксплуатационные свойства и могут применяться в строительстве. Раздел также включает практические рекомендации по применению предложенных технологий в строительной отрасли.</p>
		<p>4.5 предложенные автором новые решения (принципы, методы) доказаны и оценены в сравнении с уже известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) есть критический анализ; 2) анализ проведен частично; 3) анализ основан не на собственном мнении, а на ссылках других авторов 	<p><i>1) есть критический анализ;</i></p> <p>В работе проведен глубокий анализ существующих методов и предложен инновационный подход, основанный на механоактивации золы-уноса ТЭЦ и модификации мелкозернистого бетона эффективными химическими добавками. Новое решение детально обосновано и подтверждено результатами исследований. Сравнительный анализ с традиционными методами выявил существенные преимущества предложенного подхода в повышении эксплуатационных характеристик бетона.</p>
5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 являются ли научные результаты и принципы новыми?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) совершенно новый; 2) частично новый (25-75% новый); 3) не новый (менее 25% является новым) 	<p><i>1) совершенно новый;</i></p> <p>Производство связующего материала, отвечающее современным требованиям, основано на целенаправленном совершенствовании и контроле технологических процессов. Соискатель применил новейшие технологические решения, включающие активные компоненты и</p>

			оптимизацию состава, дополненные химическими изменениями и механохимическими действиями.
		5.2 являются ли выводы диссертации новыми? 1) совершенно новый; 2) частично новый (25-75% новый); 3) не новый (менее 25% является новым)	1) <i>совершенно новый</i> ; В результате комплексного физико-химического анализа мелкозернистого бетона (МЗБ), модифицированного золой-уносом и цеолитом, было установлено образование новых гидратных соединений и снижение содержания гидрата поргландита. Эти процессы обусловлены протеканием пуццолановых реакций и приводят к повышению прочности материала. Полученные данные были опубликованы в журнале "Material".
		5.3 являются ли технические, технологические, экономические или управленческие решения новыми и обоснованными? 1) совершенно новый; 2) частично новый (25-75% новый); 3) не новый (менее 25% является новым)	1) <i>совершенно новый</i> ; Разработанные в рамках исследования инновационные решения направлены на повышение эффективности производства мелкозернистого бетона при одновременном решении экологических проблем. Использование местных сырьевых материалов и отходов производства позволяет снизить нагрузку на окружающую среду и сократить затраты на производство. Применение современных методов механоактивации золы-уноса и оптимизация технологических процессов обеспечивают улучшение физико-механических свойств бетона, что делает его более конкурентоспособным на рынке строительных материалов.
6.	Обоснованность основных выводов	Все выводы обоснованы/не обоснованы в более обширных научных доказательствах (по qualitative research и искусствоведческим и гуманитарным направлениям)	<i>Все выводы обоснованы</i> в более обширных научных доказательствах. В диссертации для изучения влияния различных факторов на свойства бетона был применен комплексный подход. Экзотермический анализ позволил исследовать процесс гидратации цементного камня, а методы рентгеноструктурного анализа (XRD) и сканирующей электронной микроскопии (SEM) — изучить микроструктуру материалов. Использование суперпластификаторов и воздухововлекающих агентов позволило оптимизировать свойства бетонной смеси. Полученные результаты подтверждают значительное улучшение прочностных характеристик бетона.
7.	Основные принципы, выносимые на защиту	По каждому принципу необходимо ответить на следующие вопросы: 7.1 принцип доказан? 1) доказано;	Достоверность научных выводов подтверждается результатами комплексных исследований, проведенных в условиях испытательной лаборатории Вильнюсского технического университета имени Гедиминаса. Применение таких методов, как рентгеноструктурный

		<p>2) доказано приблизительно; 3) почти не доказано; 4) не доказано</p> <p>7.2 тривиально? 1) да; 2) нет</p> <p>7.3 новый? 1) да; 2) нет</p> <p>7.4 уровень применения: 1) узкие; 2) средний; 3) широкий</p> <p>7.5 доказано в статье? 1) да; 2) нет</p>	<p>анализ (XRD) и лабораторные испытания, в сочетании с соблюдением всех необходимых стандартов, обеспечивает высокую точность и надежность полученных данных.</p> <p>Для каждого принципа можно дать следующие ответы:</p> <p><u>Принцип 1: Механоактивация золы-уноса для повышения прочности бетона</u></p> <p>7.1. Принцип доказан? - <i>доказано</i> (проведены исследования и экспериментальные подтверждения, включая экзотермический анализ, XRD и SEM)</p> <p>7.2. Тривиально? - <i>нет</i> (принцип требует технических и научных исследований)</p> <p>7.3. Новый? - <i>да</i> (метод механоактивации золы-уноса применяется для повышения прочности мелкозернистого бетона)</p> <p>7.4. Уровень применения: - <i>широкий</i> (применим в широком спектре производственных процессов с использованием золы-уноса)</p> <p>7.5. Доказано в статье? - <i>да</i> (описано и подтверждено результатами, опубликованными в научных статьях Akmalaiuly, K., Pundienė, I., & Berdikul, N Prankevičienė, J. (2023). <i>The Effect of Mechanical Activation of Fly Ash on Cement-Based Materials Hydration and Hardened State Properties. Materials</i>, 16(8), 2959. https://doi.org/10.3390/ma16082959(Q2, Percentile 62%).)</p> <p><u>Принцип 2: Использование комплексных добавок для улучшения структуры бетона</u></p> <p>7.1. Принцип доказан? - <i>доказано</i> (исследования показывают улучшение эксплуатационных характеристик бетона)</p> <p>7.2. Тривиально? - <i>нет</i> (комплексное использование добавок требует специальных исследований и расчетов)</p> <p>7.3. Новый?</p>
--	--	---	---

			<p>- <i>да</i> (использование комбинации золы-уноса с химическими добавками)</p> <p>7.4. Уровень применения:</p> <p>- <i>широкий</i> (может применяться в строительной отрасли при производстве бетона)</p> <p>7.5. Доказано в статье?</p> <p>- <i>да</i> (подтверждено экспериментальными данными и публикациями Akmalaiuly, K., & Berdikul, N. (2022). <i>Fine-grained concrete using mineral and chemical additives. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences</i>, 2022(4), 44-54. https://doi.org/10.32014/2022.2518-170X.199 (Q3, Percentile 43%).)</p> <p><u>Принцип 3</u>: Оптимизация состава мелкозернистого бетона для повышения долговечности</p> <p>7.1. Принцип доказан?</p> <p>- доказано (научно обоснован, есть акт внедрение МЗБ)</p> <p>7.2. Тривиально?</p> <p>-<i>нет</i> (принцип требует комплексного подхода и научных исследований)</p> <p>7.3. Новый?</p> <p>- <i>да</i> (введение новых добавок и их оптимизация)</p> <p>7.4. Уровень применения:</p> <p>- <i>широкий</i> (применим в строительной практике для различных типов строительных конструкций)</p> <p>7.5. Доказано в статье?</p> <p>- <i>да</i> (результаты опубликованы и представлены в научных статьях и получен патент Akmalaiuly, K. (Patent). (2022). <i>Смесь для приготовления мелкозернистого бетона</i> (Патент № 36297).)</p>
8.	Принцип последовательности Достоверность источников и представленной информации	8.1 выбор методики-обоснованный или методология четко прописана 1) да; 2) нет	<p>1) <i>Да</i>.</p> <p>Выбор исследовательской методологии в данном исследовании полностью обоснован. Комбинация теоретических и эмпирических методов, включающая эксперимент и математическое моделирование, обеспечивает системный подход к изучению мелкозернистого бетона.</p>

			Такой подход позволяет не только описать существующие явления, но и прогнозировать свойства бетона при различных условиях.
		8.2 результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с использованием компьютерных технологий: 1) да; 2) нет	<p>Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с использованием компьютерных технологий:</p> <p>1. Да.</p> <p>В диссертации для получения достоверных результатов был применен широкий спектр современных методов исследования. Сканирующая электронная микроскопия позволила детально изучить микроструктуру материалов, а гранулометрический анализ - точно определить дисперсность компонентов. Для обработки и визуализации полученных данных использовались специализированные программные продукты, такие как Excel. Комплексный подход к исследованию позволил выявить новые закономерности и взаимосвязи между составом бетонных смесей и свойствами готового бетона, что значительно повышает научную ценность работы.</p>
		8.3 теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальными исследованиями (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказываются на основе педагогического эксперимента): 1) да; 2) нет	<p>Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальными исследованиями (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказываются на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) Да.</p> <p>Диссертация представляет собой комплексное исследование, основанное на масштабных экспериментах. Ключевые выводы работы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Механохимическая активация зол</i> существенно повышает их реакционную способность, что положительно сказывается на прочности и других характеристиках мелкозернистого бетона (МЗБ). Это подтверждается результатами экзотермического анализа, демонстрирующего усиление гидратации цементного камня. • <i>Применение современных аналитических методов</i> (РФА, СЭМ) позволило детально изучить микроструктуру МЗБ и выявить влияние различных факторов на его свойства. Например, добавление цеолита не только улучшает технологические характеристики, но и положительно влияет на содержание бетонных конусов.

			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Систематический анализ полученных данных</i> позволил установить взаимосвязи между составом бетонных смесей, условиями их приготовления и конечными свойствами материала. Оптимальные параметры составов обеспечивают высокие прочностные характеристики и морозостойкость бетона. <p>Все теоретические выводы подтверждены экспериментальными данными, что делает результаты исследования надежными и практически значимыми для мелкомасштабного строительства.</p>
		<p>8.4 важные утверждения подтверждены / частично подтверждены / не подтверждены ссылками на конкретную и достоверную научную литературу</p>	<p>Важные утверждения диссертационной работы и их подтверждение:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Механохимическая активация золы уноса повышает ее реакционную способность и прочность МЗБ. <ul style="list-style-type: none"> - <i>Подтверждено:</i> Применение механохимической активации позволяет существенно улучшить свойства бетона, повысив его прочность, долговечность и устойчивость к различным агрессивным средам. Это достигается за счет более полного использования потенциала зол как активной минеральной добавки. 2. Оптимальное содержание золы уноса составляет 5%. <ul style="list-style-type: none"> - <i>Подтверждено:</i> «В диссертации отмечено, что замена 5% цемента на золу уноса обеспечивает лучшие характеристики мелкозернистого бетона (МЗБ). Это подтверждается исследованиями, такими как работа Мисра и др. (2017), в которой анализируется влияние различных концентраций золы на прочность бетона. 3. Добавление цеолита в состав МЗБ улучшает его технологические свойства. <ul style="list-style-type: none"> - <i>Подтверждено:</i> Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют о том, что использование цеолита позволяет улучшить как прочностные характеристики бетона, так и его долговечность. Это подтверждается результатами исследований других авторов, в частности, Хоссейна (2020). 4. Систематизация данных с использованием современных аналитических методов подтверждает выявленные закономерности. <ul style="list-style-type: none"> - <i>Подтверждено:</i> Для подтверждения выдвинутых гипотез о взаимодействии компонентов в диссертации были использованы мощные инструментальные методы – рентгенофазовый анализ (XRD) и сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Аналогичный подход к изучению микроструктуры был применен в работе Liu et al. (2018).

			<p>5. Экономический анализ показывает значительное снижение затрат при использовании разработанного состава МЗБ.</p> <p>- <i>Подтверждено:</i> Как показывают исследования, например, проведенные Кваном и соавторами (2016), использование местных строительных материалов является эффективным способом снизить затраты на 15%.</p> <p>Основные положения диссертационных работ закреплены ссылками на актуальную и надежную научную литературу. В некоторых случаях требуются дополнительные исследования для более глубокого изучения различных параметров свойств.</p>
		8.5 Список использованной литературы достаточно / недостаточно для литературного обзора	<p>Анализ обширной базы научной литературы, включающей 106 публикаций, подтвердил эффективность использования золы-уноса и цеолита для улучшения свойств мелкозернистого бетона. Полученные результаты имеют не только теоретическое, но и практическое значение, открывая новые возможности для создания более долговечных и экономичных бетонных конструкций.</p> <p>Более того, анализ литературных источников позволил определить ключевые направления дальнейших исследований в области оптимизации бетонных смесей. Полученные результаты могут служить основой для разработки новых, более эффективных технологий производства бетона, отвечающих современным требованиям строительной отрасли.</p>
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	<p>Диссертация имеет теоретическое значение:</p> <p><i>1) да;</i></p> <p>Диссертация представляет собой комплексное исследование, в котором получены новые научные результаты, подтвержденные экспериментальными данными. Предложенные автором обоснования для использования комплексных добавок в мелкозернистом бетоне имеют как теоретическое, так и практическое значение. Строгая логическая структура работы, начиная с постановки задач и заканчивая интерпретацией результатов, позволяет читателю легко следить за ходом исследования. Глубокий анализ существующих научных источников и разработка новых теоретических моделей обеспечивают высокий уровень научной обоснованности работы и ее значимость для дальнейшего развития строительных материалов.</p>

		<p>9.2 Диссертация имеет практическую значимость и высокую возможность применения полученных результатов на практике:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Результаты исследования подтверждают, что использование минеральных добавок в мелкозернистом бетоне приводит к существенному улучшению его строительно-технических характеристик, в частности, повышению прочности.</p>
		<p>9.3 какие практические рекомендации являются новыми?</p> <p>1) совершенно новый; 2) частично новый (25-75% новый); 3) не новый (менее 25% является новым)</p>	<p>Научная новизна работы заключается в разработке следующих оригинальных практических рекомендаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Показана возможность создания мелкозернистых бетонов с улучшенными характеристиками за счет применения специальных химических добавок. Это позволяет снизить расход цемента без потери удобоукладываемости бетонной смеси. Такой подход не только повышает качество бетона, но и делает его производство более экономичным. - В результате проведенных исследований установлено, что применение разработанной комплексной добавки положительно влияет на реологические свойства бетонной смеси. Это новшество открывает новые возможности для создания бетонов с улучшенными физико-техническими характеристиками, что имеет важное значение для строительной отрасли. - Предложен инновационный подход к производству мелкозернистого бетона, направленный на снижение потребления цемента и повышение его прочности. Использование золы-уноса и цеолита позволяет не только улучшить характеристики бетона, но и сократить негативное воздействие на окружающую среду за счет применения вторичных ресурсов. Это решение открывает новые перспективы для создания более экологичных и экономичных строительных материалов. - Применение механоактивации золы-уноса позволяет получить бетон с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Ускоренная гидратация цемента и образование гидросиликата кальция приводят к повышению прочности и устойчивости бетона к различным воздействиям. Этот метод открывает новые возможности для создания высококачественных бетонных конструкций. - Разработан инновационный состав мелкозернистого бетона, сочетающий в себе высокую прочность, водонепроницаемость и морозостойкость. Использование золы-уноса, цеолита и химических

			добавок позволило получить материал с уникальными свойствами, расширяющий возможности его применения в строительстве.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокий; 2) средний; 3) ниже среднего; 4) низкий.	Диссертационная работа отличается <i>высоким</i> уровнем академического письма. Строгая логическая структура и последовательное изложение материала позволяют легко проследить ход мысли автора. Использование точной и четкой научной терминологии, а также подкрепление всех выводов убедительными аргументами и эмпирическими данными делают текст не только информативным, но и убедительным. Такой подход свидетельствует о глубоком знании предмета исследования и высокой культуре научного письма.
11		Замечания к диссертации	Диссертация выполнена на высоком уровне и <i>замечаний не имеет</i> .
12		Научный уровень статей докторанта по теме исследования (в случае защиты диссертации в форме серии статей официальные рецензенты комментируют научный уровень каждой статьи докторанта по теме диссертации)	
13		Решение официального рецензента (согласно пункту 28 настоящего Типового предложения)	Решение официального рецензента: <i>присудить степень доктора философии (PhD)</i> . Диссертация докторанта — это фундаментальное исследование, обладающее высокой практической значимостью. Автор провел всесторонний анализ проблемы, разработал эффективные методы ее решения и получил оригинальные результаты. Публикации в ведущих научных изданиях подтверждают актуальность и новизну полученных данных. Работа в полной мере соответствует требованиям для присуждения ученой степени PhD.

Заключение. Диссертационная работа *Бердіқұл Назерке Иманәліқызы* на тему «Повышение эксплуатационных свойств мелкозернистых бетонов с использованием эффективных химических добавок» представляет собой завершенное и логически структурированное исследование, в котором решены ключевые задачи по улучшению свойств мелкозернистого бетона. Особое внимание уделено активации золы-уноса и применению комплексной химической добавки, что обеспечивает повышение прочностных и эксплуатационных характеристик бетонных композиций. Применение местных сырьевых ресурсов и отходов ТЭЦ способствует экологически устойчивому и экономически обоснованному развитию строительной индустрии. Диссертация

отвечает всем требованиям к научно-исследовательским работам и вносит значительный вклад в науку и практику технологии строительных материалов.

Официальный рецензент:
кандидат технических наук,
ассоциированный профессор-исследователь
кафедры «Строительство и строительные материалы»
ТОО «Международная образовательная корпорация»



Естемесова А.С.

Подпись *Естемесовой А.С.*
заверяю
HR департамент *AS*
«__» __ 20__

