

АННОТАЦИЯ

на диссертационную работу докторанта PhD Хамза Ерлана Ерғалиұлы на тему: «Разработка технологии легкого конструкционного бетона с применением туфа», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «8D07305-Строительство и производство строительных материалов и конструкций»

Актуальность исследования. Легкий бетон становится все более популярным в строительстве благодаря пониженной плотности, улучшенной теплоизоляции и хорошими сейсмическим характеристикам. Перспективной разработкой в этой области является использование природного вулканического туфа в качестве заполнителя. Туф - это пирокластическая порода, образовавшаяся из вулканического пепла, выброшенного во время извержений, который со временем уплотняется и цементируется. Благодаря низкой плотности и пористой структуре туф является идеальным материалом для легкого бетона, обеспечивая такие преимущества, как снижение веса, улучшение тепловых свойств и потенциальное снижение затрат.

Использование туфовых заполнителей в легком бетоне дает несколько преимуществ. Во-первых, уменьшенная плотность туфового заполнителя приводит к снижению общего веса бетона, что очень важно для тех областей применения, где снижение веса является приоритетом, например, в высотных зданиях, мостах и при модернизации существующих конструкций. Снижение веса ведет к уменьшению собственных нагрузок, что может привести к снижению требований к фундаменту и значительной экономии средств. Кроме того, более легкие конструкции испытывают меньшие сейсмические нагрузки во время землетрясений, что повышает безопасность и устойчивость зданий в сейсмически активных регионах.

Теплоизоляция - еще одно значительное преимущество использования туфа в легком бетоне. Пористая природа туфовых заполнителей способствует более низкой теплопроводности по сравнению с бетоном обычного веса. Это свойство делает легкий бетон с добавлением туфа отличным материалом для энергоэффективных зданий, поскольку он помогает поддерживать стабильную температуру внутри помещений и снижает потребность в отоплении и охлаждении, способствуя снижению энергопотребления и эксплуатационных расходов. Более того, улучшенные теплоизоляционные свойства туфовых заполнителей могут также способствовать повышению огнестойкости бетонных конструкций, добавляя еще один уровень безопасности в строительстве.

Что касается механических свойств, то легкий бетон с туфовыми заполнителями демонстрирует достаточную прочность на сжатие для различных конструкционных решений. Хотя прочность на сжатие легкого бетона обычно ниже, чем у обычного бетона, включение туфовых заполнителей показало, что они обеспечивают достаточную прочность для многих конструкционных целей. Микроструктура туфа, характеризующаяся высокой пористостью и разнообразными размерами частиц, способствует

хорошему сцеплению с цементной матрицей, повышая общую прочность и долговечность бетона. Исследования показывают, что оптимизация состава смеси, включая размер, форму и соотношение туфовых заполнителей, может еще больше улучшить механические свойства получаемого бетона.

Одной из проблем, связанных с использованием туфа в легком бетоне, является потенциальная изменчивость его качества и свойств. Туфовые отложения могут значительно отличаться в зависимости от их геологического происхождения, что приводит к различиям в плотности, пористости и химическом составе. Эти различия могут повлиять на характеристики туфовых заполнителей в бетоне, поэтому перед их использованием необходимо провести тщательную характеристику и испытания материала. Кроме того, из-за своей высокой пористости туф может иметь более высокий уровень водопоглощения по сравнению с традиционными заполнителями, что требует тщательного рассмотрения соотношения воды и цемента и конструкции смеси, чтобы избежать ухудшения обрабатываемости и прочности бетона.

Экологичность является важнейшим фактором в современном строительстве, и использование туфа в легком бетоне хорошо согласуется с этой целью. Туф - это природный материал, который широко доступен в регионах с вулканической активностью, что делает его устойчивым и экономически эффективным выбором для строительства. Использование туфовых заполнителей местного происхождения позволяет снизить воздействие на окружающую среду, связанное с транспортировкой материалов на большие расстояния, что способствует повышению общей экологичности строительных проектов. Кроме того, экономия энергии, достигаемая благодаря улучшенным теплотехническим характеристикам легкого бетона на основе туфа, согласуется с глобальными усилиями по сокращению углеродного следа и продвижению практики экологичного строительства.

Объект исследования: вскрышная вулканическая туфовая порода.

Предмет исследования: легкий конструкционный туфовый бетон (ЛКТБ).

Цель диссертации: Разработка состава и технологии легкого конструкционного бетона на основе вулканического туфа и исследование его функциональных свойств.

Задачи диссертации:

- изучить свойства туфа и разработать технологию получения бетонов на их основе;
- изучить технологические свойства туфобетонной смеси и установить оптимальные значения;
- установить закономерности влияния зернового состава и количества туфового заполнителя на свойства бетона и оптимизировать состав с помощью математического трехфакторного моделирования.
- исследовать физико-механические характеристики туфового бетона и установить соответствие требованиям нормативных документов;

- разработать рекомендации по использованию молотого туфа и золы-уноса в качестве пуццолановой добавки;
- изучение масштабного эффекта прочности с помощью фрактальной модели;
- изучение характеристик сейсмической устойчивости ЛКТБ в сравнении с обычным бетоном;

Методы исследования: в данном исследовании использовались комплексные подходы, включающие теоретический анализ, математическое моделирование и экспериментальные исследования. Основные методы включают исследование физико-механических характеристик ЛКТБ на основе вулканического туфа в лабораторных условиях. Математические расчеты масштабного эффекта. Исследование различных видов волокон и модифицирующих добавок. Исследование характеристик сейсмической устойчивости ЛКТБ в программах OnScale.

Научная новизна работы:

- впервые были изучены физико-механические свойства вскрышной туфовой породы как местного сырья и установлена возможность применения для изготовления легкого конструкционного бетона;
- впервые с применением метода математического планирования были установлены зависимости свойств бетона от зернового состава туфового заполнителя, содержания вяжущего, фибры и определена область оптимальных составов;
- показана возможность применения молотой вскрышной вулканической туфовой породы в качестве пуццолановой добавки;
- установлено, что термическая обработка вулканического туфа способствует повышению его механической прочности в результате химического взаимодействия продуктов распада минералов туфа с образованием легкоплавких эвтектик (жидкая фаза), которая соединяет частицы материала и уплотняет структуру;
- предложены описания масштабного эффекта на основе геометрии Б. Мандельброта фрактальной модели, согласно которой прочность материала зависит от размера дефектов, масштабного фактора и фрактальной размерности;
- получены характеристики сейсмической устойчивости ЛКТБ в программах OnScale в сравнении с обычным тяжелым бетоном. Показано, что применение ЛКТБ в сейсмических районах позволяет снизить нагрузку на грунт, уменьшить осадку грунта, сократить сейсмическую нагрузку на здание.

Особенность исследования заключается в анализе влияния разных фракций вулканического туфа (мелкой и крупной) на характеристики легкого бетона, что позволяет выявить оптимальные пропорции и технологические параметры для улучшения прочностных и теплоизоляционных свойств ЛКТБ. Также изучается влияние взаимодействия вулканического туфа с другими компонентами бетона, такими как портландцемент и различные добавки, что может привести к новым подходам в разработке эффективных и устойчивых строительных материалов.

В работе уделяется внимание не только механическим свойствам, но и экологическим аспектам использования вулканического туфа, поскольку данный материал является природным и доступным ресурсом, что снижает экологическую нагрузку в процессе производства бетона. Это открывает новые перспективы для разработки экологически чистых, энергоэффективных и высокопрочных строительных материалов, что особенно актуально для современного строительства, ориентированного на устойчивое развитие.

Таким образом, научная новизна заключается в интеграции вулканического туфа в состав ЛКТБ, разработке новых формул и методов оценки его воздействия на физико-механические характеристики бетона, что может значительно расширить область применения легких бетонов в строительстве и повысить их эффективность с точки зрения экономии энергии и ресурсов.

Основные положения выносимые на защиту:

- Результаты аналогичных теоретических исследований легких конструкционных бетонов, вулканического туфа в составе бетона.
- Результаты исследований физико-механических характеристик вулканического туфа в лабораторных условиях.
- Результаты математического планирования трехфакторного эксперимента по оптимизации составов ЛКТБ с вулканическим туфом.
- Результаты влияния термической обработки (обжиг) на свойства вулканического туфа и его характеристики в составе ЛКТБ.
- Результаты влияния базальтовой и полипропиленовой фибры на структуру и физико-механические свойства ЛКТБ.
- Результаты исследования использования молотого вулканического туфа и золы уноса ТЭЦ-2 в качестве частичной замены вяжущего вещества в составе ЛКТБ.
- Результаты исследования масштабного эффекта прочности с использованием фрактальной модели ЛКТБ.
- Результаты исследования на симуляторе OnScale и сейсмической устойчивости сооружения из ЛКТБ в сравнении с обычным бетоном.
- Выводы и рекомендации по применению легкого конструкционного туфового бетона

Область применения: легкий конструкционный бетон на основе вулканического туфа может быть широко использован в строительстве жилых и коммерческих зданий, объектов инфраструктуры, а также в экологическом и энергоэффективном строительстве. Этот материал подходит для создания стен, перегородок, фасадов, полов и других конструктивных элементов, обеспечивая улучшенные теплоизоляционные характеристики и снижение массы конструкций. Также он востребован в промышленном и малогабаритном строительстве, а его экологичность и доступность делают его перспективным для применения в "зеленых" и устойчивых зданиях.

Практическая ценность работы заключается в разработке составов и технологии легкого конструкционного бетона с применением вскрышной вулканической туфовой породы, что позволяет создать экологически чистые,

энергоэффективные и экономичные строительные материалы. Исследование способствует улучшению механических и теплоизоляционных свойств бетона, что расширяет его область применения в жилом, гражданском и промышленном строительстве. Результаты работы могут быть использованы для разработки новых легких строительных конструкций, что будет способствовать повышению энергоэффективности зданий. Применение метода математического планирования экспериментов позволило оптимизировать подбор состава туфобетона, в результате разработаны составы легкого конструкционного туфобетона с содержанием туфа 77,8 -79,4 %.

Использование молотого вулканического туфа в качестве пуццолановой добавки позволило уменьшить расход цемента в составе ЛКТБ до 20 %, что в конечном итоге снижает себестоимость продукции.

Применение ЛКТБ в сейсмических районах позволяет снизить нагрузку на грунт на 16,7 %, уменьшить осадку грунта на 17%, сократить сейсмическую нагрузку на здание на 18.4%.

Следует отметить, что легкий конструкционный бетон с туфовыми заполнителями обладает целым рядом преимуществ для современного строительства, включая снижение веса, улучшение теплоизоляции, достаточную прочность для различных применений и повышение экологичности. Однако, чтобы в полной мере воспользоваться этими преимуществами, необходимо тщательно отбирать и тестировать туфовые заполнители для обеспечения стабильного качества и производительности. Будущие исследования должны быть направлены на оптимизацию составов смесей и изучение инновационных способов применения легкого бетона с добавлением туфа для дальнейшего развития его использования в строительной отрасли. Применение туфа в легком бетоне представляет собой перспективное направление для устойчивого, эффективного и прочного строительства.

Диссертационная работа выполнена в рамках ПЦФ BR21882292- «Интегрированное развитие устойчивой строительной отрасли: инновационные технологии, оптимизация производства, эффективное использование ресурсов и создание технологического парка».

Апробация работы:

1) Khamza, Y., Zhuginissov, M., Kuldeyev, E., Zhumadilova, Z., & Nurlybayev, R. (2024). Improving Lightweight Structural Tuff Concrete Composition Using Three-Factor Experimental Planning. *Infrastructures*, 9(8), 124. <https://doi.org/10.3390/infrastructures9080124>. ISSN: 2412-3811. The article is indexed in Scopus under the "Building and Construction" category, 75th percentile, and in Web of Science under the Q2 ranking.

2) Хамза, Е., & Жугинисов, М. (2020). Легкие заполнители для конструкционных легких бетонов. *ВЕСТНИК КазНУТУ, Технические науки*, № 6(142), 438-443. ISSN 1680-9211. <https://official.satbayev.university/download/document/17534/%D0%92%D0%95%D0%A1%D0%A2%D0%9D%D0%98%D0%9A-2020%20%E2%84%966.pdf>.

3) Khamza, Y., Selyaev, V., Zhuginissov, M., & Zhumadilova, Z. (2024). Fractal model of the strength of lightweight concrete based on volcanic tuff taking into account the scale effect. *Technobius, Materials Science*, 4(3), 0063. <https://doi.org/10.54355/tbus/4.3.2024.0063>. ISSN (Online): 2789-7338.

4) Khamza, Y., Zhuginissov, M., Zhumadilova, Z., & Selyaev, V. (2024). The impact of volcanic tuff aggregate and ash on the characteristics of lightweight structural concrete. *ВЕСТНИК ВКТУ, Architecture and Construction*, № 3, 288-198. <https://vestnik.ektu.kz/index.php/vestnik/2024-3>. DOI: 10.51885/1561-4212_2024_3_288.

5) Zhumadilova, Z., Zhuginissov, M., & Khamza, Y. (2021). Study of overburden tuff rocks and development on its basis of lightweight structural concrete. *Periodico Tche Quimica*, 18(37), 228-240. ISSN 2179-0302. <http://www.deboni.he.com.br/Periodico37.pdf>.

6) Селяев, В., Селяев, П., & Хамза, Е. (2022). Основы теории деградации и прогнозирования долговечности железобетонных конструкций с учетом фрактального строения структуры материала. *Эксперт: теория и практика*, ВАК, Выпуск №1(16), 23. ISSN 2686-7818. https://doi:10.51608/26867818_2022_1_23.

Структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, девяти разделов, заключения, списка использованной литературы и 1 приложения.

Диссертация, следуя содержанию и целям исследования, состоит из введения, девяти разделов, заключения и списка из 119 ссылок. Объем работы состоит из 171 страниц машинописного текста, включая 23 таблицы и 69 рисунков.