

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента профессора, доктора технических наук  
**Перцева Виктора Тихоновича** на диссертационную работу  
**Гаджиева Абдуллы Магомедсаламовича** на тему: «**Структура и свойства жаростойкого керамзитобетона с предварительным электроразогревом смеси**», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

### 2.1.5. Строительные материалы и изделия

#### **Актуальность темы исследования**

Актуальность задач, связанных с модернизацией посредством развития существующих и внедрения новых технологий и материалов строительного комплекса в целом и производства строительных материалов, сомнений не вызывает. При строительстве новых и ремонте или модернизации существующих тепловых агрегатов, используемых в различных отраслях промышленности, широко применяются новые виды огнеупорных материалов, в связи с чем очевидна перспективность исследований в области технологии жаростойких бетонов, в т.ч. на пористых заполнителях на основе композиционных портландцементных вяжущих. Разработанные в диссертационной работе Гаджиева А.М. технические и технологические решения затрагивают все указанные выше аспекты повышения эффективности строительных изделий, включая использование продуктов на основе местного сырья, в частности, минеральную добавку из обожженного аргиллита, легло в основу разработки эффективной технологии производства жаростойкого керамзитобетона и блоков из него для футеровки тепловых агрегатов.

В работе изучено влияние рецептурно-технологических факторов на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойких бетонов. Обозначена рациональная область применения разработанного жаростойкого керамзитобетона на основе местного сырья. Показано влияние выявленного количественного изменения содержания некоторых несвязанных оксидов на улучшение свойств жаростойкого портландцементного керамзитобетона с тонкомолотой добавкой из обожженного аргиллита, полученного с использованием предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах. Разработаны составы и установлены технологические параметры получения композиционного портландцементного вяжущего, определены рациональные составы смеси для жаростойкого керамзитобетона и режимы ее приготовления, что и обуславливает актуальность работы.

## **Научная новизна работы, достоверность результатов и степень обоснованности научных положений и выводов, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе Гаджиева А.М. представлены в полной мере обоснованные основные научные положения, выводы и рекомендации. В основе диссертационной работы лежат научно обоснованные технологические решения, рациональность и эффективность которых подтверждена экспериментально. Применение разработанного автором композиционного вяжущего в сочетании с предварительным электроразогревом керамзитобетонной смеси в формах обеспечила получение экономичных жаростойких бетонов с повышенными техническими показателями. В работе обстоятельно изучено влияние дозы тонкомолотой добавки и продолжительности активации комплексного вяжущего, состава и способа приготовления керамзитобетонной, параметров уплотнения при формовании изделий, продолжительности и температуры предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойкого керамзитобетона с учетом температуры эксплуатации.

Достаточно обоснованы и логичны выносимые на защиту результаты оценки влияния повышенного содержания некоторых несвязанных оксидов при гидратации комплексного вяжущего, содержащего портландцемент и рациональную дозу 30% тонкомолотой добавки из обожженного аргиллита, на свойства полученного с предварительным электроразогревом керамзитобетонной смеси в формах жаростойкого керамзитобетона, а также параметры режима приготовления и уплотнения жаростойкой керамзитобетонной смеси, и выявленные закономерности изменения прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона, полученного по разработанной автором технологии.

Апробация работы осуществлялась в период 2009 – 2022 г.г. на научных конференциях различного уровня. Результаты исследований внедрены в учебный процесс ДГТУ.

**Достоверность** выводов и рекомендаций обеспечена применением обоснованного методологически грамотного подхода при планировании и реализации значительного объема экспериментальных исследований, результаты которых хорошо согласуются с основными положениями строительного материаловедения и подтверждены успешным опытно-промышленным внедрением. Результаты лабораторных испытаний получены с применением современных стандартных и исследовательских методов на

поверенном современном оборудовании. Представленные результаты не противоречат основным положениям строительного материаловедения и общепризнанным научным фактам, работам других авторских коллективов.

Все главы диссертации завершаются логичными выводами, обладающими научной новизной. Практические и рекомендации сформулированы вполне конкретно. Обобщения в разделе «Заключение» сформулированы четко и лаконично.

### **Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы**

В рецензируемой диссертации разработаны составы жаростойкого керамзитобетона класса И10 на основе предложенного автором композиционного портландцементного вяжущего с тонкомолотой добавкой из обожженного аргиллита. Показана роль активации вяжущего для увеличения числа активных молекул, что обеспечивает ускорение реакции гидратации и кинетику твердения бетона в ранний период. Обоснована целесообразность предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах для уменьшения миграции влаги в поровых перегородках. Установлены основные закономерности изменения прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона, полученного по разработанной технологии.

Изучено влияние на количественный и качественный состав новообразований, формирование структуры и свойств цементного камня и контактной зоны «пористый заполнитель – цементный камень» процессов тепломассообмена и массопереноса при электроразогреве смеси в формах при температуре 60...90°C и сушке при температуре 105°C. Разработан технологический регламент на производство жаростойких блоков размером 700×400×200 мм для футеровки стен туннельной печи из разработанного жаростойкого керамзитобетона класса по предельно допустимой температуре применения И10 и класса по прочности на сжатие В10 на основе керамзитового гравия и песка Кизилюртовского керамзитового завода и композиционного вяжущего, содержащего портландцемент и тонкомолотую минеральную добавку из обожженного аргиллита. По результатам опытно-промышленного внедрения экономический эффект составил 12 тыс. руб/м<sup>3</sup> за счет отказа от привозных огнеупоров.

Результаты диссертационных исследований изложены в 15 научных статьях, в том числе в 6 публикациях в рецензируемых изданиях ВАК РФ, 2 статьях в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных и систему цитирования Scopus и Web of Science.

Автореферат и публикации автора в полной мере отражают содержание диссертации.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.1.5. «Строительные материалы и изделия», п. 7. «Развитие, совершенствование и разработка новых энергосберегающих и экологически безопасных технологических процессов ... для получения строительных материалов и изделий различного назначения...», п. 9. «Разработка составов и совершенствование технологий изготовления эффективных строительных материалов и изделий с использованием местного сырья...».

### **Структура и содержание работы**

Диссертационная работа включает оглавление, введение, основную часть из пяти глав, заключение, список литературы и приложения. Изложена на 195 страницах машинописного текста, включающего 55 рисунков и 26 таблиц, список литературы из 150 наименований и 5 приложений.

**Во введении** соискателем обоснована актуальность исследований, определены цели и задачи исследований, сформулирована научная новизна и рабочая гипотеза диссертационной работы, обозначены ее теоретическая и практическая значимость, обоснована методология и методы исследований, дана оценка достоверности полученных результатов, представлены сведения об апробации и внедрении результатов исследований.

**В первой главе** на основе обстоятельного анализа областей использования жаростойких портландцементных бетонов, в т.ч. на пористых заполнителях, и путей развития эффективности их применения и расширения сырьевой базы и перспективных технологий получения обоснована перспективность получения на основе композиционного портландцементного вяжущего жаростойкого керамзитобетона классов ИЮ с улучшенными эксплуатационными свойствами по технологии предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах с последующей сушкой при температуре 105°C. Обоснована целесообразность получения тонкомолотой добавки из местного минерального сырья - обожженного серого аргиллита, не представленной в СП 27.13330.2017.

На основе обзора литературных данных в области лёгких жаростойких бетонов определены цель и задачи исследований.

**Во второй главе** диссертации приведены характеристики используемых материалов, оборудования и описаны методики исследований.

**В третьей главе** диссертационной работы рассматриваются вопросы влияния предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем, в частности, изучено влияние предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах на предел прочности бетона, в т.ч. в зависимости от дозы тонкомолотой добавки из обожженного аргиллита, на

основании чего определена рациональная доза добавки 30%. Показано, что вышение температуры свыше 60°C при предварительном электроразогреве керамзитобетонной смеси в формах способствует росту термостойкости жаростойкого керамзитобетона при 800°C.

Приведены результаты по особенностям формирования температурного поля по объему образцов и процессов массопереноса между формирующимся цементным камнем и пористым заполнителем, и дано достаточно логичное объяснение. Установлено повышение степени гидратации вяжущего при предварительном электроразогреве керамзитобетонной смеси в формах. В итоге сделан вывод о целесообразности применения предварительного электроразогрева в формах разработанной керамзитобетонной смеси для жаростойкого бетона с улучшенными прочностными, деформационными и теплофизическими свойствами. Разработанная технология характеризуется в том числе сокращением технологического процесса изготовления жаростойких изделий и периода сушки и вывода теплового агрегата на рабочий режим.

*Четвертая глава* посвящена исследованиям особенностей структуры полученных с предварительным электроразогревом смеси в формах жаростойких керамзитобетонов на композиционном вяжущем. Выявлено, что зерна керамзита между собой прочно сцементированы, а адгезионный слой представлен в основном новообразованиями. При температуре 1000°C в некоторых образцах фиксируются волосные микротрещины. В случае предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси до 90 °C в формах имеет место существенное снижение и даже полное отсутствие микротрещин.

Установлено наличие катоита  $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$  и силицида алюминия-магния  $\text{MgAl}_2\text{Si}_2$ , обладающего высокой термической стойкостью и прочностью. Выявлено, что при предварительном электроразогреве керамзитобетонной смеси в формах содержание  $\text{SiO}_2$  достигает 58% против 33,3% в случае отсутствия предварительного электроразогрева, возрастает до 2,7 раза содержание  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  и  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , следствием чего является улучшение прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона. Дано обоснование повышенного содержания  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ .

Показано, что рост величины КЛТР наблюдается в температурном интервале размягчения и образования плавня, при этом в диапазоне температур от 20 до 200°C повышение КЛТР составило 10%, в диапазоне 300...800°C еще 10%. При температуре свыше 900°C происходит снижение величины КЛТР. В рабочем диапазоне температур до 1000°C КЛТР жаростойкого керамзитобетона изменяется в пределах от 3,9 до максимума 5,8 и минимума  $2 \times 10^{-6}$  1/°C, а в

случае предварительного электроразогрева смеси величина КЛТР снижается до 20%.

Усадочные деформации в бетоне, вызванные с обезвоживанием, прекращаются в интервале температур 180...220°C. Усадочные деформации жаростойкого керамзитобетона в случае предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах, с повышением температуры до 600°C плавно возрастают до значений 0,04%, далее до 1000°C отмечается ускоренный рост до значений 0,12%. Более сложная зависимость усадочных деформаций от температуры имеет место в случае отсутствия предварительного электроразогрева, при этом при 600°C усадка составляет 0,1%, а при 1000°C 0,24%. т

Определена термостойкость жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем от 12 до 15 воздушных теплосмен. Температурный интервал размягчения составил от 180 до 206°C.

Коэффициент теплопроводности исследованного жаростойкого керамзитобетона с повышением температуры закономерно возрастает, но при этом повышение на 80-165% ниже в сравнении с показателями состава № 24 по СП 27.13330.2017.

Установлена рациональная величина водотвердого отношения (В/Т) от 0,3 до 0,4 для жаростойких керамзитобетонов, полученных с предварительным электроразогревом смеси до 80...90°C и выявлен экстремальный характер зависимости предела прочности на сжатие от величины В/Т. При предварительном электроразогреве керамзитобетонной смеси с рациональной величиной В/Т в формах при температуре разогрева до 80...90°C имеет место повышение предела прочности сжатие жаростойкого керамзитобетона на 50...90%, а при температуре разогрева до 60°C - на 40...45%.

Установлено, что при общей продолжительности перемешивания до 7 минут, в т.ч. загрузка всех компонентов одновременно и сухое перемешивание в течение 2-3 минут, затворение водой и перемешивание в течение 3-4 минут, обеспечиваются лучшие значения показателей жаростойкого керамзитобетона, в т.ч. при применении смесителей гравитационного типа.

Определены рациональные параметры уплотнения керамзитобетонной смеси независимо от режима предварительного разогрева: интенсивность колебаний 300-320 см<sup>2</sup>/сек<sup>3</sup> при величине пригруза (13 ±14) 10<sup>-2</sup> МПа.

**В пятой главе** приведено технико-экономическое обоснование эффективности применения жаростойкого керамзитобетона на комплексном вяжущем с тонкомолотой добавкой из обожженного аргиллита и сведения об опытно-промышленном внедрении на кирпичном заводе ООО «СпецРемСтройМонтаж» в п. Карабудахкент Карабудахкентского района Республики Дагестан при футеровке стен туннельной печи обжига кирпича

блоками из разработанного жаростойкого керамзитобетона. Экономический эффект по сравнению с привозными штучными огнеупорами составил 15,7 тыс. руб на 1 м<sup>3</sup> футеровки.

**В заключении** соискателем сформулированы общие выводы по результатам исследования, а также перспективы дальнейшей разработки темы.

#### **Замечания по диссертационной работе:**

При ознакомлении с материалами диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Утверждение автора об улучшении свойств бетона с предварительным разогревом и механоактивацией системы портландцемент – тонкомолотая добавка за счет активных молекул вяжущего является не обоснованным.

2. Утверждение автора о том, что увеличение прочности жаростойкого керамзитобетона с предварительным разогревом связано с уменьшением порового пространства в структуре бетона, а не с его изменением требует подтверждения.

3. При выборе режимов перемешивания автору следовало бы давать оценку их эффективности по энергетическим показателям, например энергозатратам на процесс.

4. При оптимизации параметров вибрационных воздействий целесообразнее оценивать вибрационное воздействие величинами ускорений колебаний.

Отмеченные замечания не снижают общего благоприятного впечатления от работы, выполненной на хорошем научно-методическом уровне.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Ознакомление с авторефератом и диссертацией позволяет сделать вывод о том, что Гаджиевым Абдуллой Магомедсаламовичем выполнена, на основании большого объема исследований, в результате которых получен ценный массив экспериментальных данных, представляющий интерес для строительного материаловедения, научно-квалификационная работа, имеющая важное значение для экономики страны,

Диссертационная работа выполнена на актуальную тему и обладает необходимой научной новизной и практической значимостью, характеризуется цельностью и логичностью построения, написана хорошим научно-литературным языком. Общие выводы обоснованы и базируются на экспериментальных данных и не противоречат фундаментальным основам материаловедения.

Можно считать, учитывая актуальность, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, что диссертационная работа «Структура и свойства жаростойкого керамзитобетона с предварительным электроразогревом смеси», по своему содержанию и значимости соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. с изм., внесенными Решением Верховного Суда РФ от 21.04.2014 N АКПИ14-115, Постановлением Правительства РФ от 26.05.2020 N 751 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 N 335, от 02.08.2016 N 748, от 29.05.2017 N 650, от 28.08.2017 N 1024, от 01.10.2018 N 1168, от 20.03.2021 N 426, от 11.09.2021 N 1539, от 26.09.2022 N 1690, с изм., внесенными Постановлением Правительства РФ от 26.05.2020 N 751), предъявляемым к диссертациям, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Гаджиев Абдулла Магомедсаламович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

**Официальный оппонент:**

доктор технических наук  
по специальности 05.23.05 –  
«Строительные материалы и изделия»  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
технический университет», профессор,  
профессор кафедры «Технология строительных  
материалов, изделий и конструкций»

« 4 » сентября 2023 г.

В.Т. Перцев

Личную подпись Перцева В.Т. удостоверяю:  
проректор по науке и инновациям,  
доктор технических, наук



А.В.Башкиров

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Воронежский государственный технический  
университет»

Адрес: 394006, Воронежская область, г.Воронеж, ул.20-летия Октября, 84.

Телефон: +7 (473) 207-22-20

E-mail: rector@cchgeu.ru