

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента профессора, доктора технических наук  
**Ремнёва Вячеслава Владимировича** 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**

Одной из актуальных задач является модернизация строительного комплекса на основе внедрения новых и развития существующих технологий и материалов. Учитывая тот факт, что в различных отраслях промышленности при строительстве новых и модернизации или ремонте существующих тепловых агрегатов эффективно применяются новые виды огнеупорных материалов, перспективность исследований технологии жаростойких бетонов на пористых заполнителях и композиционных портландцементных вяжущих с тонкомолотой минеральной добавкой из местного минерального сырья, сомнений не вызывает. Разработанные в диссертационной работе Гаджиева А.М. технические и технологические решения затрагивают все указанные выше аспекты повышения эффективности строительных изделий, включая использование продуктов, получаемых при переработке отходов, что позволило предложить оригинальную технологию получения блоков для футеровки тепловых агрегатов из разработанного жаростойкого керамзитобетона.

В работе развиты научные представления о количественном изменении содержания некоторых несвязанных оксидов при реализации предварительного электроразогрева жаростойкого портландцементного керамзитобетона с тонкомолотой добавкой из обожженного аргиллита, предложены и обоснованы составы композиционного вяжущего и жаростойкого керамзитобетона, определены технологические параметры получения композиционного вяжущего и рационального режима приготовления бетонной смеси, изучено влияние рецептурно-технологических факторов на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойких бетонов, необходимые для определения рациональной области их применения, Всё вышесказанное обуславливает актуальность работы.

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

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе Гаджиева А.М., в полной мере обоснованы и доказательны. Основой диссертационной работы являются научное обоснование и экспериментальное подтверждение технологических решений, обеспечивающих получение на основе разработанного композиционного вяжущего в сочетании с предварительным электроразогревом керамзитобетонной смеси в формах жаростойкие бетоны с требуемыми техническими показателями при снижении производственных издержек. Выявлено влияние таких рецептурных факторов, как дозы тонкомолотой добавки, состава бетона, и таких технологических факторов, как продолжительность активации комплексного вяжущего, способ приготовления смеси и формования изделий, продолжительность и температура предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах на изменение прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона в зависимости от температуры нагрева.

Выносимые на защиту результаты оценки количественного изменения при реализации предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах на комплексном вяжущем «портландцемент + тонкомолотая добавка из обожженного аргиллита», содержания некоторых несвязанных оксидов и их влияния на свойства жаростойкого керамзитобетона, обоснование параметров целесообразного режима приготовления и уплотнения жаростойкой керамзитобетонной смеси в формах, влияние рецептурно-технологических факторов на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойкого керамзитобетона, обоснование эффективности получения с применением предварительного электроразогрева смеси в формах жаростойкого керамзитобетона на основе активированного композиционного вяжущего обоснованы и логичны.

Апробация результатов работы осуществлена на научных конференциях различного уровня в 2009 – 2022 г.г. Результаты исследований получили внедрение в учебный процесс.

**Достоверность** научных положений, выводов и рекомендаций обеспечена применением методологически правильного подхода к проведению большого объема экспериментальных исследований, согласующихся с теоретическим обоснованием основных направлений работы, а также соответствием результатов опытно-промышленных и лабораторных испытаний, выполненных с использованием современных стандартных и

специализированных методов, реализованных на высокотехнологическом оборудовании. Полученные результаты логичны, не противоречат основным положениям строительного материаловедения, общепризнанным научным фактам и работам других авторских коллективов.

В целом, все главы диссертации завершаются логическими выводами и рекомендациями, которые обобщены в разделе «Заключение», имеют научную новизну, сформулированы достаточно четко и конкретно.

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

В рецензируемой диссертации развиты научные представления о влиянии процессов тепломассообмена и массопереноса при электроразогреве смеси в формах при температуре 60...90 °С и сушке при температуре 105 °С на состав новообразований, формирование структуры и свойств цементного камня и контактной зоны «пористый заполнитель – цементный камень». Разработаны композиционное вяжущее, содержащее обожженный аргиллит, рецептуры жаростойкого керамзитобетона, технология предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах. Выявлены закономерности изменения прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона, полученного с применением предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах, в зависимости от рецептурно-технологических факторов. Установлено влияние эффекта самопропаривания и уменьшения миграции влаги в поровых перегородках при предварительном электроразогреве керамзитобетонной смеси в формах в сочетании с механической активацией на Активаторе-4М композиционного вяжущего, на увеличение числа активных молекул вяжущего, обеспечивающего ускорение реакции гидратации вследствие роста химического взаимодействия при повышении площади активных поверхностей. Доказана целесообразность применения керамзитового гравия и песка Кизилюртовского керамзитового завода и композиционного вяжущего «портландцемент + тонкомолотая минеральная добавка из обожженного аргиллита» для производства по разработанным рецептурам и технологии жаростойких керамзитобетонов с температурой применения до 1000 °С. 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. Подтвержденный экономический эффект составил 12 тыс. руб/м<sup>3</sup>.

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 и оборудования 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 и отходов промышленности...»

### **Структура и содержание работы**

Диссертационная работа состоит из оглавления, введения, основной части, состоящей из пяти глав, заключения и списка литературы из 150 наименований и приложений. Диссертация 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 выбранной темы исследований, определены цели и задачи исследований, сформулирована научная новизна и рабочая гипотеза диссертационной работы, установлены ее теоретическая и практическая значимость, приведены методология и методы исследований, оценка достоверности полученных результатов, представлены сведения об апробации и внедрении результатов исследований.

**В первой главе** проведен анализ областей использования жаростойких портландцементных бетонов, в т.ч. на пористых заполнителях, и путей развития эффективности их получения и применения. Определена перспективность получения жаростойкого керамзитобетона классов И10 с улучшенными эксплуатационными свойствами по технологии предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах с последующей сушкой при температуре 105°C. Обоснована целесообразность получения тонкомолотой добавки, не представленной в СП 27.13330.2017, из местного минерального сырья – обожженного серого аргиллита, с последующим введением её в бетонную смесь в составе модифицированного композиционного вяжущего.

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 методики исследований.

*Третья глава* диссертационной работы посвящена исследованиям влияния предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем. Выявлено влияние предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах на предел прочности бетона. Дано объяснение полученным результатам особенностями формирования температурного поля по объёму образцов и процессами массопереноса между формирующимся цементным камнем и пористым заполнителем. Посредством определения количества химически связанной воды установлено повышение степени гидратации.

Анализ влияния дозировки тонкомолотой добавки в пределах 10...50 % от массы вяжущего выявил рациональную дозировку 30 %. Установлено изменение предела прочности на сжатие жаростойкого керамзитобетона. В зависимости от температуры нагрева и дозы добавки зафиксировано как снижение прочности до 48%. Повышение температуры предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах свыше 60°C способствует росту термостойкости жаростойкого керамзитобетона при 800°C. Сделан вывод о целесообразности применения предварительного электроразогрева в формах разработанной керамзитобетонной смеси для жаростойкого бетона с улучшенными прочностными, деформационными и теплофизическими свойствами. Отмечено сокращение технологического процесса изготовления жаростойких изделий, а также периода сушки и вывода теплового агрегата на рабочий режим.

*В четвертой главе* представлены результаты исследований особенностей структуры жаростойких керамзитобетонов на композиционном вяжущем, полученных с предварительным электроразогревом смеси в формах. Установлено, что зерна керамзита между собой прочно сцементированы, адгезионный слой в основном химический. После воздействия температуры 1000°C в некоторых случаях фиксируются волосяные микротрещины, а существенное снижение и даже полное отсутствие микротрещин имеет место в случае предварительного электроразогрева в формах керамзитобетонной смеси до 90 °C.

Установлено, что содержание  $\text{SiO}_2$  при предварительном электроразогреве достигает 58 % против 33,3 % без предварительного электроразогрева смеси в формах содержание  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  возрастает до 2,7 раза,  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  в 2,65 раза, что приводит к улучшению прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона. Высказана гипотеза о причине повышения содержания  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ . Выявлено также 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.

Установлено, что усадочные деформации в бетоне, вызванные с обезвоживанием, прекращаются в интервале температур 180...220°C. Рост величины КЛТР наблюдается в температурном интервале размягчения и образования плавня. В диапазоне температур от 20 до 200°C повышение КЛТР составило 10 %. В диапазоне 300...800°C рост КЛТР составляет еще 10 %, а свыше 900°C зафиксировано снижение величины КЛТР, в итоге 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. В случае предварительного разогрева смеси показатель величина КЛТР до 20% ниже.

Усадка жаростойкого керамзитобетона в случае предварительного электроразогрева в формах смеси, до 600°C плавно возрастает до 0,04%, далее до 1000°C фиксируется ускоренный рост до 0,12 %. В случае отсутствия предварительного электроразогрева, установлена более сложная зависимость усадки от температуры, при этом при 600°C усадка составляет 0,1% и при 1000°C 0,24%, т.е. имеет удвоенное значение.

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

Коэффициент теплопроводности исследованного жаростойкого керамзитобетона с температуры возрастает, но установлено, что этот рост примерно на 80-165% ниже в сравнении с данными для подобного состава № 24 по СП 27.13330.2017.

Выявлен экстремальный характер зависимости предела прочности на сжатие от величины водотвердого отношения В/Т исследованных жаростойких бетонов. Определена рациональная величина В/Т от 0,3 до 0,4 для жаростойких керамзитобетонов, полученных с предварительным электроразогревом смеси до 80...90°C. Показано, что предварительный электроразогрев в формах смеси при рациональном значении В/Т обеспечивает повышение предела прочности на

50...90% при температуре разогрева до 80...90° С и на 40...45% при температуре разогрева до 60°С относительно эталона.

Определен рациональный режим перемешивания керамзитобетонной смеси общей продолжительностью до 7 минут, включающий: загрузку всех компонентов одновременно и сухое перемешивание в течение 2-3 минут, затворение водой и перемешивание в течение 3-4 минут, обеспечивающий хорошие результаты..

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 с. 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 так же перспективы дальнейшей разработки темы.

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

При ознакомлении с материалами диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1.Исходя из ранее проведенных в НИИЖБ им А. А. Гвоздева и 26ЦНИИ МО РФ научно-исследовательских работ в области получения вяжущих низкой водопотребности, процессы происходящие при домоле портландцемента с различными активными минеральными добавками следует отнести к механо-химической активации ,а не к механической, как указывает автор.

2.Руководствуясь документами по приготовлению легкобетонных смесей, приготовление керамзитобетонных смесей в гравитационном смесителе не эффективно.

3.Из приведенных в работе экспериментальных данных не ясен выбор амплитуды колебаний виброустановки при формировании керамзитобетонной смеси.

4. Недостаточно полно раскрыты экспериментальные данные при исследованиях влияния метода уплотнения бетонной смеси и величины пригрузки на свойства жаростойкого керамзитобетона.

5. Не ясно, почему сушка жаростойкого бетона должна производиться не ранее, чем через 7 суток после изготовления изделий?

6. В соответствии с методикой института физики Дагестанского научного центра РАН, исследования КЛТР проводились на образцах цилиндрах: диаметром 30 мм и высотой 60 мм. Не ясно, учитывался ли масштабный фактор при проведении натурных испытаний изделий на опытных участках в печи?

7. Следовало бы обратить внимание на долговечность жаростойкого бетона после сушки и эксплуатационных нагрузок в зависимости от зон нахождения его в печи.

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. Она характеризуется цельностью, логичностью построения и написана грамотным научно-литературным языком. Общие выводы обоснованы и базируются на экспериментальных данных и не противоречат фундаментальным основам материаловедения.

Учитывая актуальность, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, можно считать, 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 20.02.06 –

«Военно-строительные комплексы и

конструкции», профессор, советник

НИИЖБ им. Гвоздева

АО «НИЦ «Строительство»



В.В. Ремнёв

« 11 » сентября 2023 г.

НИИЖБ им. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство»

Адрес: 109428, Москва, 2-я Институтская улица, 6,

Телефон: +7 (495) 6020070

E-mail: www.niizhb-fgup.ru

Личную подпись Ремнева В.В. удостоверяю:

*наказанный студент карнов Ю.В. Семенов*

