

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.276.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Г. ШУХОВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от **07.10.2025** года, протокол № 6

О присуждении Зайцеву Сергею Викторовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация *«Огнеупорные материалы на основе искусственных керамических вяжущих муллит-карборундового состава с защитным покрытием»* по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов принята к защите 04 июля 2025 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.276.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г., с изменениями приказ № 910/нк от 25.09.2025 г.

Соискатель Зайцев Сергей Викторович, 22 июля 1985 года рождения. В 2009 г. окончил ГОУ ВПО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по направлению подготовки «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов», специализация «Технология тонкой и строительной керамики» с присвоением квалификации «Инженер». В 2019 г. соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» по направлению подготовки 18.06.01 «Химическая технология» направленность «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Соискатель работает в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» в должности инженера-исследователя Инновационного научно-образовательного и опытно-промышленного центра наноструктурированных

композиционных материалов (ИНО и ОПЦ НКМ), НИЛ «Самоочищающиеся покрытия».

Диссертация выполнена на кафедре «Технология стекла и керамики» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, **Строкова Валерия Валерьевна**, работает в должности заведующего кафедрой «Материаловедение и технология материалов» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1. Яценко Елена Альфредовна – доктор технических наук (специальность 05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»), профессор, заведующий кафедрой «Общая химия и технология силикатов» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова»;

2. Волокитин Олег Геннадьевич – доктор технических наук (специальность 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»), профессор, профессор кафедры «Прикладная механика и материаловедение», ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», (г. Санкт-Петербург) **в своем положительном отзыве**, подписанном Пантелеевым Игорем Борисовичем, доктором технических наук (специальность 05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»), профессором, заведующим кафедрой химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, **указала, что диссертация «Огнеупорные материалы на основе искусственных керамических вяжущих муллит-карборундового состава с защитным покрытием» Зайцева Сергея Викторовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по разработке технологии получения высокоглиноземистых огнеупоров на основе искусственных керамических вяжущих муллит-карборундового состава с использованием высокоглиноземистого шамота в качестве заполнителя, а также созданию структурно-сопряженных защитных**

покрытий из корунда и шпинели методом детонационного напыления, имеющей **существенную значимость** для развития соответствующей отрасли знаний – технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Полученные в диссертации результаты, научные положения и сформулированные выводы обоснованы, достоверны, обладают новизной, имеют теоретическую и практическую значимость. Текст написан автором самостоятельно грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне. По актуальности затронутых вопросов, научной новизне и практической значимости, числу публикаций диссертация соответствует требованиям, изложенным в пп. 9–11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Зайцев Сергей Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Соискатель имеет 19 опубликованных научных работ по теме диссертации, в том числе 10 статей в журналах, входящих в перечни рецензируемых научных изданий и международных реферативных баз данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ, получен патент РФ на изобретение. Общий объем работ – 9,7 печ.л., авторский вклад – 6,8 печ.л. Общий объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 7,6 печ.л., авторский вклад – 5,2 печ.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий и международные реферативные базы данных и системы цитирования, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Зайцев, С.В.** Структура и свойства детонационных покрытий Al_2O_3 и $MgAl_2O_4$ на огнеупорных материалах футеровки сталеплавильных агрегатов / С.В. Зайцев, В.В. Строкова, В.В. Сирота, Д.О. Бондаренко // CIS Iron and Steel Review. – 2025. – Vol. 29. – P. 37-42. (УБС2, Scopus Q2, WoS Q4, K1)

2. **Зайцев, С.В.** Оценка эффективности лабораторной установки по определению смачиваемости огнеупоров силикатными расплавами методом «лежащей капли» / С.В. Зайцев, В.В. Строкова, В.А. Дороганов, В.В. Сирота // СТИН. – 2025. – № 4. – С. 16–19. (УБС 3, Scopus Q3, K1)

3. **Зайцев, С.В.** Установка для определения смачиваемости поверхности высокотемпературными силикатными расплавами / С.В. Зайцев, В.В. Строкова, В.А. Дороганов // Вестник машиностроения. – 2025. – № 5. – С. 410-414. (УБС4, Scopus Q3, K1).

4. *Sirota, V.V.* Effect of powder morphology on the structure and properties of Al₂O₃ based coatings obtained by detonation spraying. / V.V. Sirota, S.V. Zaitsev, M.V. Limarenko, D.S. Prokhorenkov, A.S. Churikov // Construction Materials and Products. – 2024. – Т. 7. – № 5. – С. 1-10. (УБС4, Scopus Q3, K2, RSCI, CA(pt)).

5. *Зайцев, С.В.* Карборундовые огнеупорные бетоны на основе искусственного керамического вяжущего / С.В. Зайцев, В.А. Дороганов, Р.Н. Ястрибинский, Г.Г. Бондаренко // Перспективные материалы. – 2024. – № 10. – С. 37-47. (УБС4, K1, RSCI).

Zaitsev, S.V. Carborundum refractory concretes based on artificial ceramic binder / S.V. Zaitseva, V.A. Doroganova, R.N. Yastrebinskya, G.G. Bondarenkob // Inorganic Materials: Applied Research. – 2025. – Vol. 16. – №. 2. – P. 435-442. (УБС4, K3, Scopus Q3, WoS Q4). (Переводная версия)

6. *Сирота, В.В.* Применение детонационных технологий формирования порошковых металлокерамических мишеней-катодов для магнетронного распыления / С.В. Зайцев, Д.С. Прохоренков, М.В. Лимаренко, А.А. Скиба, М.Г. Ковалева // СТИН. – 2023. – № 5. – С. 30-33. (K1)

Sirota, V.V. Detonation Technology in Producing Metal-Ceramic Powder Targets for Magnetron Sputtering / V.V. Sirota, S.V. Zaitsev, D.S. Prokhorenkov, M.V. Limarenko, A.A. Skiba, M.G. Kovaleva // Russian Engineering Research. – 2023. – Vol. 43. – № 6. – P. 735-738. (УБС 3, Scopus Q3, K1). (Переводная версия)

7. *Зайцев, С.В.* Искусственные керамические вяжущие на основе кремния и карбида кремния для карбидкремниевых огнеупоров на нитридной связке / С.В. Зайцев, Е.А. Дороганов, В.А. Дороганов, Е.И. Евтушенко, О.К. Сыса // Новые огнеупоры. – 2019. – № 9. – С. 25-30.

Zaitsev, S.V. Artificial Ceramic Binders based on Silicon and Silicon Carbide for Silicon-Carbide Refractories in a Nitride Matrix / S.V. Zaitsev, E.A. Doroganov, V.A. Doroganov, E.I. Evtushenko, O.K. Sysa // Refractories and Industrial Ceramics. – 2020. – Vol. 60, №. 5. – P. 439-444. (Scopus Q4, WoS Q4), CA(pt)). (Переводная версия)

8. *Зайцев, С.В.* Коррозионная стойкость муллитокорборундовых огнеупорных композитов / С.В. Зайцев, В.А. Дороганов, Е.А. Дороганов, Т.А. Вареникова, М.А. Смирнова // Новые огнеупоры. – 2017. – № 10. – С. 38-41.

Zaitsev, S.V. Corrosive Resistance of Mullite-Silicon Carbide Refractory Composites / S. V. Zaitsev, V. A. Doroganov, E. A. Doroganov, T.A. Varenikova, M.A. Smirnova // Refractories and Industrial Ceramics. – 2018. – Vol. 58, – №. 5. – P. 573-576. (Scopus Q4, WoS Q4), CA(pt)). (Переводная версия)

9. *Зайцев, С.В.* Исследование искусственных керамических вяжущих муллитокорборундового состава и композитов на их основе / С.В. Зайцев, В.А. Дороганов, Е.А. Дороганов, Е.И. Евтушенко // Новые огнеупоры. – 2017.

– № 2. – С. 46-49.

Zaitsev, S.V. Study of Artificial Ceramic Binders of Mullite-Silicon Carbide Composition and Composites Based on Them / S.V. Zaitsev, V.A. Dorogonov, E.A. Dorogonov, E.I. Evtushenko // Refractories and Industrial Ceramics. – 2017. – Vol. 58, №. 1. – P. 109-112. (*Scopus Q4, WoS Q4*), *CA(pt)*). (Переводная версия)

10. *Зайцев, С.В.* Исследование свойств искусственных керамических вяжущих в системе $Al_2O_3-SiO_2-SiC$ / С.В. Зайцев, В.А. Дороганов, Е.А. Дороганов, Е.И. Евтушенко // Новые огнеупоры. – 2016. – № 10. – С. 32-36.

Zaitsev, S.V. Study of Artificial Ceramic Binder Properties in the System $Al_2O_3-SiO_2-SiC$ / S.V. Zaitsev, V.A. Dorogonov, E.A. Dorogonov, E.I. Evtushenko // Refractories and Industrial Ceramics. – 2017. – Vol. 57, № 5, P. 526-530. (*Scopus Q4, WoS Q4*), *CA(pt)*). (Переводная версия)

На автореферат поступило 14 отзывов от:

1. Доктора технических наук (05.23.05 – «Строительные материалы и изделия»), профессора, заведующего кафедрой управление качеством ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» **Логаниной Валентины Ивановны**, замечания: 1. В автореферате отсутствуют данные о качестве поверхности покрытия (шероховатость). 2. Желательно было привести сравнительные данные свойства разработанных высокоглиноземистых огнеупоров с прототипами.

2. Кандидата технических наук (05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»), доцента, доцента кафедры общей химии ФГБОУ ВО НИУ «Белгородский государственный университет» **Трубицына Михаила Александровича**, замечаний: 1. В реферате не приведены физико-механические характеристики разработанных искусственных вяжущих после структурообразования и сушки при 100-150 °С. 2. В результате высокоэнергетического механического воздействия на карбид кремния в водной среде часть измельченного материала подвергается гидролизу с образованием олигомеров ортокремниевой кислоты. Последнее существенно усиливает вяжущие свойства ИКВ и оказывает большое влияние на их реологические и адгезионные свойства. К сожалению, в реферате нет информации об этих процессах.

3. Доктора технических наук (05.23.08. – «Технология и организация промышленного и гражданского строительства»), профессора, профессора кафедры прикладной механики и материаловедения ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет» **Скрипниковой Нелли Карповны**, замечание: 1. Недостаточно раскрыт механизм формирования структурно-сопряженных покрытий на огнеупорах. 2. Не уточняется, на каких огнеупорах предпочтительно использовать технологию детонационного напыления разработанных керамических покрытий. 3. Не рассматривается вопрос исследования коэффициента термического

расширения основы огнеупора и разработанных покрытий, что является одной из основных характеристик при их эксплуатации в стекольной и металлургической промышленности.

4. Кандидата технических наук (05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ), доцента кафедры химических технологий и переработки энергоносителей, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», Герасимова Андрея Михайловича замечания: 1. Метод детонационного напыления показал высокую эффективность, но не раскрыта его применимость к изделиям сложной формы и возможности масштабирования. 2. Не указано, проводились ли испытания покрытий на термоустойчивость и адгезию при циклических нагрузках, характерных для реальных условий эксплуатации.

5. Доктора технических наук (05.23.05 – «Строительные материалы и изделия»), профессора, заведующего кафедрой строительные материалы, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» Котляра Владимира Дмитриевича, замечания: 1. На странице 9 автореферата, что при повышении концентрации ш-ИКВ более 30 % в ИКВ, часть кремнезёма, образующегося при окислении карбида кремния, вступает в реакцию с корундом, присутствующим в шамоте, в результате чего происходит образование муллита. В результате, на поверхности образцов происходит синтез тонкой плёнки муллита, которая препятствует дальнейшему окислению карбида кремния и тем самым существенно снижает открытую пористость образцов. Факт образования муллита в виде тонкой плёнки является очень важным моментом, но автор не приводит механизм образования муллита, не показана форма кристаллов муллита (призматическая или игольчатая) и роль минерализаторов в его образовании. Это очень важный факт, установленный автором и желательно было бы на это обратить большее внимание. 2. Автор на странице 10 автореферата, указывает, что рациональный состав ИКВ, полученного по технологии раздельного помола, включает 30 % карборундового и 70 % шамотного ИКВ. Однако, интересно было знать фракционный состав отдельно шамота и карборунда. Соотношение 70:30 является оптимальным для плотнейшей упаковки для прерывистых зерновых составов и может быть именно соотношение размеров зёрен карборунда и шамота определяет некоторые технологические свойства ИКВ. 3. Положительным моментом представленного автореферата является то, что автор представил разработанную им технологическую схему производства и если для изделий полусухого прессования покрытие эффективно блокирует инфильтрацию расплава стекла в поры, что приводит к увеличению коррозионной

устойчивости, то для образцов или изделий, полученных способом вибропрессования, таких данных нет. Проводил ли автор такие исследования?

6. Доктора технических наук (05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»), доцента, профессора кафедры строительные материалы и изделия, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)» **Черных Тамары Николаевны**, *замечание*: 1. Какова предполагаемая стоимость производства разработанных огнеупоров в сравнении с аналогами и насколько экономически оправдано их внедрение. 2. Какие меры предусмотрены для обеспечения однородности покрытия на изделия сложной геометрической формы.

7. Кандидата технических наук (05.23.05. – «Строительные материалы и изделия»), доцента, заведующего кафедрой инженерные конструкции, строительные технологии и материалы, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» **Спиридоновой Ирины Владимировны**, **доктора технических наук (05.23.05. – «Строительные материалы и изделия»)**, доцента, профессора кафедры инженерные конструкции, строительные технологии и материалы, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» **Столбоушкина Андрея Юрьевича** *замечания*: 1. В автореферате на странице 5 указано: «Разработаны составы огнеупорных масс для вибро- и полусухого прессования на основе ИКВ и заполнителя из высокоглиноземистого шамота с соотношением 50/50 % и влажностью 6,9 %, ...». Влажность имеет одинаковое значение для любой технологии? И изменятся ли прочностные показатели, если влажность массы будет 6,8 % или 7 %? 2. В автореферате на странице 6 приведены положения, выносимые на защиту, в количестве семи пунктов. По нашему мнению, можно было оптимизировать количество положений с 7 позиций до 4-х: технологические особенности получения (2-й пункт) и составы огнеупорных масс (4-й пункт) объединить с научно-обоснованным технологическим решением (1-й пункт); особенности механизма формирования покрытий (5-й пункт) связать с технологическими режимами их нанесения (6-й пункт).

8. Доктора технических наук (05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»), профессор, профессор кафедры материалы и технология, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технологический университет» **Мордасова Дениса Михайловича**, *замечания*: 1. В тексте многократно упоминается "многократное повторение экспериментов" и "статистическая обработка". Однако в результатах на рис. 2 и 4 не показаны доверительные интервалы, погрешности или стандартные отклонения, что ослабляет позицию.

9. Доктора химических наук (02.00.21 – Химия твердого тела), профессора кафедры «Междисциплинарного материаловедения», ФГБОУ ВО

«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» **Кнотько Александра Валерьевича**, *замечаний*: 1. При рассмотрении технологии получения огнеупорных материалов не рассматривается (возможно, в качестве материала сравнения) вариант с тем же соотношением наполнителя и вяжущего, с тем же гранулометрическим составом, но без SiC. В результате необходимость и целесообразность введения SiC в огнеупорный материал остается не вполне понятной. 2. Состав шамота с 77 % Al_2O_3 по массе находится, согласно фазовой диаграмме системы $SiO_2-Al_2O_3$ в пределах области существования фазы муллита. Как можно в этом случае говорить о реакции с образованием муллита? Скорее это изменение его состава с увеличением содержания SiO_2 за счет растворения продукта окисления SiC. Данных рентгенофазового анализа для этой системы в автореферате не приведено. 3. В автореферате говорится о формировании "структурно-сопряженных покрытий", что подразумевается под этим термином? Как это «структурное сопряжение» доказывается. 4. Непонятен алгоритм проведения красных линий на рис.5 (б и в) автореферата, при том что эти линии служат основанием для вывода о стекло- и шлакостойкости материала.

10. Кандидата технических наук (05.23.05. – «Строительные материалы и изделия»), доцента, заведующего кафедрой «Строительные материалы, конструкции и изделия», ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» **Тимохина Дениса Константиновича**, **доктора технических наук (2.6.14. – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»)**, доцента, профессора кафедры строительные материалы, конструкции и технологии, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» **Шошина Евгения Александровича** *замечаний*: 1. Многократно вводятся расшифровки одного и того же термина, например, ИКВ (стр. 3,4,8), МКДУ (стр. 5,13,18), а также вводится не используемая по тексту аббревиатура – УНУ (стр. 5).

11. Доктора технических наук (05.11.13. – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»), профессора кафедры материаловедения и физики металлов, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» **Шаяхметова Ульфата Шайхизамановича**, *замечания* – нет.

12. Доктора технических наук (05.21.01 – «Технология и машины лесного хозяйства и лесозаготовок», 05.21.05 – «Технология и оборудование деревообрабатывающих производств»), профессора кафедры строительного материаловедения и дорожных технологий, советника РААСН, действующего члена академии транспорта РФ, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технологический университет» **Бондарева Бориса Александровича**, *замечания*: 1. Требуется пояснить, почему было выбрано ИКВ именно с

соотношением 70% высокоглиноземистого шамота и 30 % карбида кремния, а не, к примеру, 80 % высокоглиноземистого шамота 20 % карбида кремния или 90 % высокоглиноземистого шамота 10 % карбида кремния, которые также демонстрируют тиксотропный характер течения?

13. Доктора технических наук (05.17.11 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»), профессора, заведующего кафедрой строительного материаловедения ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» **Самченко Светланы Васильевны**, *замечание*: 1. Оценка коррозионной стойкости проводилась в течении 1–2 часов. Данные о поведении материалов при длительном воздействии агрессивных сред могли бы быть ценным дополнением.

14. Кандидата технических наук (02.00.11 – «Коллоидная химия»), доцента, начальника ЦЗЛ АО «Оскольский завод металлургического машиностроения» **Баскакова Павла Сергеевича**, *замечания*: 1. Почему для нанесения покрытий выбран именно метод детонационного напыления с использованием установки МКДУ, а не другие методы (например, плазменное напыление, HVOF)? 2. Не ясным остался вопрос позволяет ли данная установка наносить покрытия на огнеупоры сложной формы (тигли, заготовки для литья и т.д.).

Все отзывы положительные.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью в данной отрасли науки ученых, обладающих научными достижениями и глубокими профессиональными знаниями по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, которой соответствует диссертация, владеющих методами исследования, используемыми диссертантом, способных дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, что подтверждается значительным количеством их публикаций, а также сформулированными замечаниями и изложенными выводами в отзыве на диссертационную работу. **Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», современный образовательный и научный центр, одним из приоритетных направлений научных исследований которого, является решение вопросов, связанных с разработкой высокоэффективных керамических и огнеупорных материалов для различных областей использования.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработано теоретически обоснованное решение научной задачи по получению высокоглиноземистых огнеупоров на основе искусственных керамических вяжущих (ИКВ) муллит-карборундового состава и заполнителя из высокоглиноземистого шамота с защитными структурно-сопряженными покрытиями корунда и шпинели из порошков глинозема и смеси глинозема и периклаза, формируемыми методом детонационного напыления, что позволяет получать изделия с повышенными физико-механическими и коррозионными характеристиками;

предложена гипотеза о том, что создание высокоэффективных огнеупорных материалов с повышенной коррозионной стойкостью возможно за счет использования огнеупорных масс на основе муллит-карборундовых ИКВ и высокоглиноземистого шамота в качестве заполнителя с нанесением защитного покрытия на основе корунда или шпинели методом детонационного напыления;

доказан характер влияния технологии получения и состава ИКВ системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-SiC}$ на процессы структурообразования суспензии и формирование защитного слоя материала после обжига. За счет различия в твердости компонентов совместный постадийный помол обеспечивает повышение интенсивности измельчения и увеличение объемной концентрации твердой фазы по сравнению с отдельным помолом. Выявлено рациональное соотношение $\text{SiC/Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (30/70 %), при котором: происходит изменение характера реологического поведения с тиксотропно-дилатантного на тиксотропный, сопровождающееся резким снижением эффективной вязкости; после обжига при 1300 °С на поверхности в результате кристаллизации муллита формируется защитный слой, обеспечивающий снижение открытой пористости (до 2–3 %) и уменьшение степени окисления SiC в процессе эксплуатации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения, вносящие вклад в расширение теоретических представлений о технологии огнеупорных материалов в части расширения спектра сырьевых компонентов за счет использования ИКВ на основе карбида кремния и высокоглиноземистого шамота, влияния состава и способа помола ИКВ системы $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-SiC}$ на реологические свойства суспензий и формирование защитного слоя муллита при обжиге, а также применения технологии детонационного напыления для создания защитных покрытий;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных физико-химических и физико-механических методов исследования сырьевых материалов и полученных ИКВ, стандартных методик оценки реологических, структурно-механических и коррозионных свойств огнеупорных композитов, а также разработанная установка для определения смачиваемости силикатными расплавами, что

позволило получить воспроизводимые экспериментальные результаты, не противоречащие современным научным представлениям, установленным закономерностям и промышленным испытаниям;

изложены параметры получения огнеупорных масс для вибро- и полусухого прессования на основе ИКВ и заполнителя из высокоглиноземистого шамота с соотношением 50:50 % и влажностью 6,9 %, которые при удельном давлении прессования 0,1 МПа и 50 МПа, соответственно, температуре обжига 1300 °С, позволяют получать изделия с низкими показателями открытой пористости – 12 и 14 %, соответственно, усадкой при обжиге – 0,35 %, пределом прочности при сжатии 78 и 80 МПа. Определены оптимальные технологические режимы детонационного нанесения защитных керамических покрытий на поверхности высокоглиноземистых огнеупоров с применением многокамерного кумулятивно-детонационного устройства (МКДУ);

раскрыты особенности механизма формирования структурно-сопряженных покрытий на огнеупоре методом детонационного напыления. При нанесении порошков глинозема и смеси глинозема и периклаза (79:21 %) происходит формирование высокотемпературных покрытий: для корундового покрытия – полиморфный переход $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ в $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с остаточной фазой $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (23 %); для шпинельного – за счет диффузионного взаимодействия между MgO и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ с сохранением избыточного периклаза (11 %);

изучено влияние рецептурно-технологических параметров получения ИКВ на свойства суспензии и отливок на ее основе. Установлено, что совместный постадийный помол высокоглиноземистого шамота и карбида кремния в соотношении 70:30 % при влажности 13 %, обеспечивает получение суспензии плотностью 2,41 г/см³, объемной концентрации твердой фазы 0,65, содержанием частиц менее 100 нм 1,2 %, остатком на сите № 0,063 менее 4 %. Предел прочности при сжатии отливок ИКВ после обжига при 1300 °С составляет 131 МПа.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены составы и технология получения ИКВ муллит-карборундового состава, а также огнеупорных материалов на их основе с защитными покрытиями, наносимыми методом детонационного напыления. Осуществлен выпуск опытных партий ИКВ и огнеупоров на предприятии ООО «Техкерам», а также огнеупоров с покрытием на уникальной установке БГТУ им. В.Г. Шухова;

созданы технологические регламенты на производство ИКВ, огнеупоров на их основе и нанесение защитных покрытий методом детонационного напыления, необходимые для внедрения результатов диссертационной работы;

представлены рекомендации по дальнейшим исследованиям в направлениях: расширения сырьевой базы ИКВ и порошков для напыления покрытий; модернизации установки детонационного напыления, обеспечивающей нанесение защитных покрытий на изделия сложной формы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты получены на сертифицированном научно-исследовательском оборудовании (СЭМ TESCAN MIRA, дифрактометр «ARL X'TRA», вискозиметр «Реотест-2»), согласно соответствующим государственным стандартам (ГОСТ 2409, ГОСТ 4071.1, ГОСТ 9450 и др.); воспроизводимость результатов лабораторных исследований подтверждена требуемым объёмом экспериментальных данных. Физико-механические и реологические свойства сырьевых материалов и полученных ИКВ определялись с использованием следующих методов: лазерной гранулометрии, ротационной вискозиметрии, сканирующей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа; коррозионная стойкость огнеупоров определялась тигельным методом, смачиваемость огнеупоров – методом «лежащей капли»;

теория построена на фундаментальных положениях технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, а также на известных проверяемых данных в области физико-химических основ технологии огнеупорных материалов, реологии дисперсных систем, механизмов спекания и фазообразования, и согласуется с экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе и обобщении результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных учёных в области получения искусственных керамических вяжущих, модификации огнеупоров, нанесения защитных покрытий методом детонационного напыления;

установлено, что результаты теоретических и экспериментальных исследований не противоречат данным, представленным в ведущих научных изданиях.

Личный вклад соискателя состоит в: формулировке научной задачи, постановке цели и задач исследования, выборе путей их решения, теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении эффективности получения высокоглиноземистых огнеупоров на основе искусственных керамических вяжущих муллит-карборундового состава и заполнителя из высокоглиноземистого шамота с защитными структурно-сопряженными покрытиями корунда и шпинели, формируемыми методом детонационного напыления. Выполнен комплекс исследований, последующая обработка и анализ полученных результатов. Принято участие в апробации результатов работы. Диссертация написана автором самостоятельно,

