

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.039.02,

созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования России по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук

аттестационное дело № _____
решение объединенного диссертационного совета
от 16.01.2026 г. № 1

О присуждении Луц Альфии Расимовне, гражданке России, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Применение процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза армирующей фазы высокодисперсного карбида титана в расплавах алюминиевых сплавов для получения новых литых алюмоматричных композитов» по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) принята к защите 09 октября 2025 г. (протокол заседания № 11) объединенным диссертационным советом 99.2.039.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования России, 443100, Самара, Молодогвардейская, 244 и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» Министерства науки и высшего образования России, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки России № 45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Луц Альфия Расимовна, 09.10.1977 года рождения. В 2000 г. окончила магистратуру государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» по направлению «Материаловедение и технология новых материалов». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез модифицирующих лигатур и композиционных сплавов в расплаве алюминия с применением флюсов» по специальности 01.04.17 «Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества» защитила в 2006 г. в диссертационном совете Д 212.217.01, созданном на базе Самарского государственного технического университета.

В период подготовки диссертации с 2006 г. по 2010 г. соискатель Луц А.Р. работала в должности преподавателя, старшего преподавателя и доцента кафедры «Материаловедение и технологии материалов», с 2010 г. по 2018 г. – в должности доцента кафедры «Материаловедение и товарная экспертиза», с 2018 г. по настоящее время – в должности доцента кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Диссертация выполнена на кафедре «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки РФ.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, профессор Амосов Александр Петрович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», кафедра «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

- Калашников Игорь Евгеньевич, доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, лаборатория прочности и пластичности металлических и композиционных материалов и наноматериалов, ведущий научный сотрудник;

- Прусов Евгений Сергеевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», кафедра материаловедения и энергетического машиностроения, профессор;

- Юхвид Владимир Исаакович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук, лаборатория жидкофазных СВС-процессов и литых материалов, заведующий лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, в своем положительном отзыве, утвержденном Филоновым Михаилом Рудольфовичем, д.т.н., профессором, проректором по науке и инновациям, подписанном Левашовым Евгением Александровичем, членом-корреспондентом РАН, д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Порошковая металлургия и функциональные покрытия» и Бычковой Мариной Яковлевной, к.т.н., доцентом, ученым секретарем той же кафедры, указала, что в работе решена актуальная научно-техническая проблема - получение новых литых композиционных материалов путем армирования промышленных алюминиевых сплавов высокодисперсной фазой карбида титана, получаемой методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) в расплаве, что приводит к повышению уровня их эксплуатационных характеристик при пониженной себестоимости изготовления и имеет важное значение для развития металлургической и машиностроительной отраслей промышленности РФ.

Ведущая организация рекомендует полученные результаты и выводы использовать на металлургических предприятиях для получения отливок модифицирующей лигатуры Al-TiC, в машино- и авиастроительных отраслях в качестве конструкционных материалов для производства облегченных изделий с повышенной износостойкостью, например, узлов трибосопряжений, втулок и вкладышей подшипников скольжения, корпусов аппаратов и соединительных деталей, элементов ДВС и тормозных систем и т.п. Полученные результаты

также могут быть использованы в вузах при подготовке бакалавров, магистров и аспирантов, обучающихся по направлениям «Металлургия» и «Материаловедение».

Отзыв содержит следующие замечания: автор заявляет, что впервые реализован синтез in-situ TiC в расплаве алюминия, но в мировой литературе присутствуют аналогичные исследования и необходимо проведение дополнительного сопоставления с зарубежными аналогами и более обоснованное выделение приоритета. В разделе 2 недостаточно полно указаны параметры проведения термодинамических исследований, следовало привести используемую версию БД программы «Thermo», исходные стандартные энтальпии, возможность учета примесей (O, N, Cl, S) и чувствительность адиабатической температуры к массообмену газов, в т.ч. фторидов. В разделах 3 и 4 не представлено обоснование выбранных концентраций флюсовых компонентов в шихте, в качестве доказательной базы высокой дисперсности частиц формируемой фазы приводятся диапазоны на изображениях SEM (80-200 нм и др.), требуется конкретизировать метод подсчёта, критерии отбора областей, привести гистограммы распределения (≥ 300 частиц на серию). Не указано, в каком сечении синтезированного литого цилиндрического образца композита измеряли равномерность распределения армирующей фазы и определяли ее количество. Не показано влияние разделения исходной массы СВС-шихты на порции для раздельного введения в алюминиевый расплав и периодичности перемешивания расплава по сравнению с непрерывным перемешиванием расплава, которое часто используется при введении легирующей добавки. Испытания на коррозионную стойкость проводились по ГОСТ 58346-2019 для стальных труб и соединительных деталей нефтепромысловых насосно-компрессорных труб, но желательно привести результаты испытаний по ГОСТ 9.021 – 74 для алюминиевых сплавов. Представляет интерес апробировать полученные композиты в качестве модифицирующих лигатур при производстве промышленных алюминиевых сплавов.

Соискатель имеет 132 опубликованные работы по теме диссертации, из них 50 публикаций в рецензируемых научных изданиях, в том числе 10 в журналах, входящих в международные базы цитирования, 3 патента, 2 монографии. Публикации соискателя содержат результаты разработки основ методики проведения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза карбида титана в расплаве алюминия с определением оптимальных технологических параметров процесса; анализ и научное обоснование влияния наличия дисперсной карбидной фазы на процессы формирования фазовой структуры алюмоматричных основ, в т.ч. после различных режимов термической обработки, а также комплекс свойств формируемых композитов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Луц, А.Р. Разработка дисперсно армированного композиционного материала AM4,5Кд-10%TiC с улучшенными трибологическими характеристиками / А.Р. Луц // Ползуновский вестник. - 2025. - №1. - С. 256-261.

2. Луц, А.Р. Разработка новых антифрикционных материалов путем армирования сплавов AM4,5Кд и АК10М2Н высокодисперсной керамической фазой карбида титана / А.Р. Луц // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. - 2025. - №19 (2). - С.39-50.

3. Луц, А.Р. Влияние вида углеродной формы и термической обработки на структурные характеристики карбидной фазы в составе композиционного материала Al-

5%Cu-10%TiC, полученного методом СВС / А.Р. Луц // Научные технологии в машиностроении. - 2025. - № 3 (165). - С. 3-10.

4. Луц, А.Р. Микроструктура и фазовый состав композиционных материалов Al-10%TiC, легированных медью / А.Р. Луц // Известия Волгоградского государственного технического университета. - 2025. - № 2 (297). - С. 28-34.

5. Луц, А.Р. Выбор термической обработки и исследование ее влияния на структуру и свойства композиционного материала АК10М2Н-10%TiC, полученного методом СВС в расплаве / А.Р. Луц, Ю.В. Шерина, А.П. Амосов, Е.А. Минаков, И.Д. Ибатуллин // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2024. - № 30 (2). – С. 30-43.

6. Шерина, Ю.В. Исследование влияния высокодисперсной фазы карбида титана на физико-механические свойства сплавов АМ4,5Кд и АК10М2Н / Ю.В. Шерина Ю.В., А.Р. Луц, Е.А. Минаков // Вопросы материаловедения. - 2024. - № 3 (119). - С. 27-36.

7. Луц, А.Р. Оценка модифицирующего эффекта высокодисперсной фазы карбида титана, полученной методом СВС в составе алюминиевых сплавов / А.Р. Луц А.Р., Ю.В. Шерина, И.Ю. Тимошкин // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. - 2023. - № 4 (46). - С. 30-38.

8. Луц, А.Р. Жидкофазное получение методом СВС и термическая обработка композитов на основе алюминий-магниевого сплава, упрочненных высокодисперсной фазой карбида титана / А.Р. Луц, Ю.В. Шерина, А.П. Амосов, А.Д. Качура // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2023. - № 29 (4). - С. 70-86.

9. Луц, А.Р. Разработка композиционного материала на основе сплава АК10М2Н и исследование его триботехнических свойств / А.Р. Луц, Ю.В. Шерина, И.Д. Ибатуллин // Научные технологии в машиностроении. - 2022. - № 2 (128). - С. 11-16.

10. Амосов, А.П. Применение различных порошковых форм углерода для армирования алюминоматричных композиционных материалов углеродом и карбидом титана. Обзор / А.П. Амосов, А.Р. Луц, А.Д. Рыбаков, Е.И. Латухин // Известия вузов. Цветная металлургия. - 2020. - № 4. - С. 44-64.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.

В положительном отзыве официального оппонента д.т.н. **Калашникова Игоря Евгеньевича** отмечено, что автором разработан и реализован новый подход к in-situ синтезу высокоармированных дисперсной фазой TiC КМ с матрицами на базе сплавов алюминия с повышенными трибологическими характеристиками. В замечаниях указывается, что часть словосочетаний в некоторых пунктах научной новизны не отражают в полной мере конкретику диссертационной работы. Не по всем экспериментальным данным приведены погрешности измерений и результаты статистической обработки. Желательно на всех изображениях и фотографиях, иллюстрирующих результаты исследований, привести масштабную линию, выполненную в одном стиле. По тексту не ясно, определялось ли количество армирующей компоненты в верхней, средней и донной части композиционного слитка. Какие выводы сделаны о применении магнитно-импульсной обработки (МИО) с помощью специализированной магнитно-импульсной установки и следует ли считать такую обработку обязательным технологическим приемом при СВС в расплаве? Рисунок 7.12 мало информативен, а обсуждение противоречиво. Рис.7.14 нельзя признать удачным для восприятия и анализа процесса трения исследуемых материалов из-за нечеткости (размытости) изображения. Так же следует пояснить, что подразумевает автор под терминами

«схватывание» и «полное схватывание». Какие процессы предшествуют этому явлению и где это зафиксировано при испытаниях и на КМ.

В положительном отзыве официального оппонента д.т.н., доцента **Прусова Евгения Сергеевича** отмечается, что диссертация Луц А.Р. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение научной проблемы, связанной с получением новых литых композиционных материалов путем армирования алюминиевых сплавов высокодисперсной фазой карбида титана в условиях СВС-процесса в расплаве. К замечаниям отнесено, что при описании влияния легирующих элементов на СВС-реакцию и образования фазовых составляющих, было бы полезно более детально рассмотреть физико-химические механизмы взаимодействия компонентов. Матричные сплавы на основе системы Al-Cu отличаются повышенной склонностью к образованию горячих трещин. Присутствие армирующих частиц будет усугублять эту склонность, что может ограничивать применение композитов на основе алюминий-медных сплавов для изготовления фасонных отливок. При масштабировании разработанных технологических решений проведены опытные плавки в объеме до 3 кг расплава; для промышленной реализации технологии в условиях действующих литейных цехов целесообразно было бы показать сохранение наблюдаемых эффектов при увеличении объема расплава до нескольких десятков кг. Для более полного понимания механизмов изнашивания разработанных композиционных материалов следовало провести фрактографический анализ поверхностей трения после трибологических испытаний с применением РЭМ и МРСА. Не ясно, почему в качестве матричных сплавов не рассмотрены наиболее распространенные в промышленности алюминиевые сплавы для изготовления фасонных отливок, обладающие хорошими технологическими свойствами АК12, АК7ч и т.п.

В положительном отзыве официального оппонента д.т.н., профессора **Юхвида Владимира Исааковича**, отмечается, что работа А.Р. Луц является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение важной научной проблемы – создание на основе промышленных сплавов новых алюмоматричных композиционных материалов с повышенными трибологическими свойствами. В замечаниях сказано, что в работе следовало провести элементный анализ состава синтезированных композиционных материалов для уточнения их соответствия химическому составу исходных алюминиевых сплавов. При исследовании масштабного фактора получен композит, включающий 6 масс.% TiC. И далее не указано, каким образом в условиях производства следует решать этот технологический вопрос для получения большего количества армирующей фазы. Не исследуется влияние скорости охлаждения на дисперсность формируемой карбидной фазы. В связи со значительным снижением прочностных характеристик композитов на основе алюминий-магниевого сплава очевидна необходимость проведения исследований с меньшей концентрацией карбидной фазы (например, 4-8 масс.%) или адаптации режимов термической обработки в пользу повышения показателей прочности. Также на этих образцах, в связи с предполагаемым насыщением атмосферным водородом, следовало провести испытания на коррозионное растрескивание по ГОСТ 9.920-2024. Отсутствует анализ о применимости сделанных выводов для реализации СВС фазы карбида титана (или других керамических соединений) в расплавах других металлов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Д.т.н., доц. Кургановой Ю.А., проф. каф. «Материаловедение» МТ-8 ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (г. Москва).

В замечаниях указано, что не приводится обоснование вывода о необходимости исключения формирования фаз Al_4C_3 , Al_3Ti (применяемой для полиармирования) и причинах коагуляции фазы $CuAl_2$ в составе модельного композита $Al-Cu-Mn$. Целесообразно было бы проведение сравнительного анализа трибологических свойств полученных композитов с аналогами, армированными другими керамическими фазами (SiC , B_4C и т.п.).

2. Д.т.н., доц. Володченко А.Н., проф. каф. «Теоретическая и прикладная химия» ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (г. Белгород). К замечаниям отнесено: в автореферате указано, что производственная себестоимость СВС-отливок может быть заметно ниже аналогичной продукции, производимой по традиционным литейным технологиям. Проводились ли сравнительные расчеты материальных затрат на производство единицы продукции по разработанной и традиционной литейной технологии? На стр. 11 указано, что проводились термодинамические расчеты с целью определения возможности и оптимальных условий для образования в расплаве алюминия фазы TiC . В автореферате желательно было привести численные результаты проведенных расчетов.

3. АО «Самарский металлургический завод» (г. Самара), подписан ведущим инженером-технологом технологического отдела производства поковок и штамповок, к.т.н. Трибунским А.А., главным прессовщиком, к.т.н. Каранашевым Р.А., утвержден генеральным директором Бурцевым С.Г. В замечаниях отмечается, что в автореферате отсутствуют расчетные термодинамические температуры СВС-процессов. При получении композиционного материала $Al-15\%TiC$ на составе с ПТМ получена карбидная фаза, но отмечается недостаточно полное усвоение порошковых компонентов шихты. Почему не было опробовано получение композита при более высоких температурах? Каким образом устанавливалось время выдержки расплава после прохождения СВС-реакций? Почему оно составляет 5 минут и насколько это осуществимо в условиях реального производства?

4. Д.т.н., доц. Крутского Ю.Л., проф. каф. химии и химической технологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г. Новосибирск). В замечании указано: ранее было доказано, что применение вместо сажи нановолокнистой формы углерода обеспечивает интенсификацию твердофазных реакций образования карбидов переходных металлов и обеспечивает повышение дисперсности синтезируемых порошков. Однако в автореферате автор указывает, что оптимальный результат достигнут с использованием сажи марки П-701 и не обосновывает причин этого преимущества по сравнению с исследованными наноуглеродными волокнами марки «Таунит».

5. Д.т.н., проф. Гуревича Л.М., зав. каф. «Материаловедение и композиционные материалы» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (г. Волгоград). В замечании отмечается, что из приведенных формулировок научной новизны трудно понять, что же автор считает новым научным результатом, полученным в ходе исследования, в большинстве случаев перечисляются только проведенные исследования.

6. АО «Металлист-Самара» (г. Самара), подписан главным металлургом Голубовским Е.Н., утвержден исполнительным директором Уржунцевым А.М. В замечаниях указывается, что не отражен вопрос о применимости ОМД для разработанных композитов. В результатах исследований по свариваемости безосновательно делается вывод о перераспределении армирующей фазы (необходимо, например, привести картирование ЗТВ и зоны шва). Не приводится состав присадочных материалов, что может иметь определяющее воздействие на

формируемые характеристики. Непонятно, на основании чего сделан вывод об оптимальном количестве армирующей фазы, исключающей формирование сварочной ванны повышенной вязкости? Реальные условия эксплуатации предполагают изменение прилагаемых нагрузок и скоростей скольжения, но в работе проводятся испытания в одинаковых условиях и только в присутствии смазочной среды. Не указана шероховатость поверхностей образца и контртела до и после испытания. Не анализируются механизмы изнашивания и состав дебриса.

7. Д.т.н., проф. Алибекова С.Я., зав. каф. машиностроения и материаловедения ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» (г. Йошкар-Ола). Замечания отсутствуют.

8. Д.т.н., проф. Ситникова А.А., директора производственного внедренческого комплекса прикладных исследований и разработок ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (г. Барнаул). В замечаниях указано, что в работе использовали порошки титана дисперсностью десятки и сотни мкм (стр. 12 автореферата). Чем можно объяснить, что в результате реакции синтеза формируются частицы карбида титана дисперсностью всего лишь несколько сотен нм? За счет чего удастся добиться равномерности распределения карбидных фаз в алюминиевой матрице при использовании литейной технологии? Чем обосновано применение магнитно-импульсной обработки расплава и выбор конкретных технологических режимов ее проведения?

9. Д.т.н., проф. Копцевой Н.В., проф. кафедры литейных процессов и материаловедения ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (г. Магнитогорск). Замечания: представленные термодинамические расчеты показывают достаточно высокие температуры процессов – выше 1400 К, но в автореферате не указаны температуры, полученные в ходе эксперимента. Проводились ли замеры? Каков их уровень в условиях реального синтеза? В качестве флюсов рассматриваются только фторидсодержащие соединения, почему не рассматривались другие галоидные соединения? Не приводится методика проведения трибологических испытаний, что существенно затрудняет оценку результатов.

10. Д.х.н., проф. Ана В.В., проф. научно-образовательного центра Н.М. Кижнера ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (г. Томск). В замечаниях обращается внимание, что в автореферате на рис. 2 на дифрактограмме для оси «Интенсивность» не указаны единицы измерения – относительные или абсолютные. При сравнении себестоимости карбида титана, продаваемого в интернет-магазине, и получаемого в диссертационном исследовании методом СВС, учитывается только стоимость исходных компонентов (титана и углерода) для синтеза. Тем не менее, необходимо учитывать еще и затраты на содержание производственных помещений, заработную плату и т.д., что, несомненно, входит в себестоимость коммерческого карбида титана.

11. К.т.н., доц. Морозова О.И., и.о. зав. каф. «Материаловедение и обработка металлов давлением» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск). Без замечаний.

12. Д.т.н., проф. Дорофеева В.Ю., проф. каф. «Материаловедение и технологии машиностроения» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова» (г. Новочеркасск). В замечаниях отмечается, что механизм влияния различных модификаций углерода на скорость протекания синтеза TiC не обсуждается, автор ограничивается лишь описанием образующихся продуктов реакции и

степени ее активности (с.с.14,15). Максимальные механические свойства образцов на основе сплава АК10М2Н автор объясняет склонностью кремния к сегрегации на межфазных границах с последующим вероятным формированием сильной химической связи с поверхностью керамических частиц (с.32, последнее предложение 1-го абзаца сверху). Из приведенного в автореферате иллюстративного материала доказательством этого положения мог бы являться рис 26, с. 26, однако он трудно читаем.

13. Д.т.н., доц. Прудникова А.Н., проф. каф. «Обработка металлов давлением и материаловедение» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» (г. Новокузнецк). В замечаниях сказано, что на рис. 3 приведены кривые зависимости механических характеристик образцов Al-TiC с различным содержанием фазы TiC, а на стр. 12 указано, что полноценный синтез порошков компонентов Ti и C «...происходит при концентрации 10 масс.%...». В автореферате не приводится, каким образом добивались содержания в образцах Al-TiC конкретных значений 15 и 20% фазы TiC.

14. Д.т.н., проф. Кузеева И.Р., проф. каф. «Технологические машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (г. Уфа). В замечаниях указано, что, комментируя результаты, представленные на рис. 3 автореферата, автор констатирует двукратное увеличение прочности образцов при минимальном снижении пластичности. Но судя по данным этого рисунка, пластичность все-таки заметно снижается. Автор указывает, что уменьшение размера частиц титана приводит к тому, что они плохо смачиваются расплавом алюминия. Каков механизм этого явления?

15. Д.т.н. Каченюка М.Н., проф. каф. «Механика композиционных материалов и конструкций» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь). В замечаниях указано, что на диаграммах свойств композиционных материалов (рис. 3, 29, 30, 31, 33, 34, 37) отсутствуют доверительные интервалы. Для композиционных материалов на основе алюминиевого сплава АМг6 из технологических свойств исследована только свариваемость, но важно иметь представление о том, как упрочняющие добавки влияют на сплав при обработке давлением.

16. Д.ф.-м.н. Лапшина О.В., нач. научно-исследовательского отдела структурной макрокинетики ФГБУН «Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (г. Томск). Без замечаний.

Критические замечания в отзывах отсутствуют. Все отзывы положительные, отмечают актуальность темы диссертации, научную новизну и практическую значимость основных положений работы, соответствие диссертационной работы критериям Положения о присуждении ученых степеней, а её автор, Луц А.Р., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области исследования процессов СВС, разработки составов, термической обработки, изучения структуры и свойств алюмоматричных композиционных материалов, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере научных исследований соискателя, а также наличием в ведущей организации диссертационного совета по данной научной специальности.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан новый научный подход использования метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для формирования армирующей фазы высокодисперсного

карбида титана в существенной массовой доле в расплавах алюминиевых сплавов с целью получения литых алюмоматричных композиционных материалов, позволивший выявить новые закономерности структурно-фазовых превращений, возникающих в результате армирования;

- **предложена** научная гипотеза о том, что реализация самораспространяющегося высокотемпературного синтеза высокодисперсной фазы карбида титана в составе алюмоматричных расплавов в сочетании с последующей термической обработкой приводит к дополнительному упрочнению и способствует повышению показателей прочности при сжатии, твердости и износостойкости формируемых композиционных материалов;

- **доказана** перспективность использования нового подхода применения метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в расплавах металлов для создания отдельного класса композиционных материалов, армированных высокодисперсной фазой карбида титана и отличающихся улучшенными эксплуатационными характеристиками;

- **введено** новое понятие «жидкофазное СВС-армирование алюминиевых сплавов», как процесс формирования армирующей фазы высокодисперсного карбида титана непосредственно в алюмоматричных расплавах за счёт проведения реакции самораспространяющегося высокотемпературного синтеза между исходными компонентами порошковой шихты.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** на основе термодинамических расчетов возможность протекания процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза фазы карбида титана в алюмоматричных расплавах; определены составы шихтовых смесей и начальные температуры расплавов, при которых обеспечивается полноценный синтез и формирование целевой фазы карбида титана, а также достижение адиабатических температур, необходимых для обеспечения смачиваемости расплавом карбидной фазы;

- **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс методов как теоретического исследования (термодинамический анализ, оценка равномерности распределения частиц карбидной фазы с применением программы ЭВМ для анализа структур литых металломатричных композиционных материалов), так и экспериментального исследования жидкофазного процесса получения алюмоматричных композиционных материалов, их состава, структуры и свойств;

- **изложены** закономерности протекания процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза высокодисперсной фазы карбида титана в алюмоматричных расплавах и влияние ее наличия на структуру и фазовый состав матричных основ разных систем легирования, в том числе после проведения термической обработки, что выражается в повышении уровня внутренних напряжений и плотности дислокаций, изменении количества и дисперсности интерметаллических соединений, выделяющихся из твердого раствора или образующихся при кристаллизации,

- **раскрыто** противоречие с известными представлениями традиционного самораспространяющегося высокотемпературного синтеза порошка карбида титана, когда повышение дисперсности исходного порошка титана играет положительную роль и приводит к повышению дисперсности конечного порошка карбида титана, в то время как при жидкофазном СВС-армировании алюминиевых сплавов повышение дисперсности исходного

порошка титана играет отрицательную роль и приводит к снижению эффективности армирования вследствие ухудшения смачиваемости, образования крупных агломератов частиц карбида титана и выноса их в шлак;

- **изучены** качественные и количественные взаимосвязи химического состава матричных алюминиевых сплавов со структурой и свойствами получаемых на их основе композиционных материалов, армированных высокодисперсной фазой карбида титана;

- **проведена модернизация** подходов к получению алюмоматричных композиционных материалов путем расширения и углубления физических представлений о протекании процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в расплаве алюминия и подтверждена возможность формирования армирующей фазы карбида титана высокой дисперсности (100 нм – 2 мкм) в количестве 9-10 масс. %, наличие которой обеспечивает, в зависимости от химического состава матричного сплава, снижение коэффициента трения в 2-4 раза, скорости износа – в 3-17 раз при сохранении температуры саморазогрева в процессе эксплуатации на уровне матричных сплавов.

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

- **разработан и внедрен** одностадийный конкурентоспособный метод изготовления композиционных материалов путем проведения процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза в алюмоматричных расплавах, практическая и экономическая целесообразность применения которого подтверждается актами о возможности внедрения от АО «РКЦ «Прогресс» (г. Самара), АО «НИМИ им. В.В. Бахирева» (г. Москва) и актами об опытно-промышленном внедрении на производственных площадках ООО «Адверс» (г. Самара) для изготовления корпусов компрессоров и редукторов, что обеспечивает увеличение срока их эксплуатации на 20%; ООО «ПК «ТИСО» (г. Санкт-Петербург) для производства внешних транспортных телег, что позволяет повысить долговечность изделий на 25% при снижении массы и стоимости; ООО СК «Солар» (г. Санкт-Петербург) для получения вкладышей сферических подшипников скольжения, что обеспечивает стабильную работу вибрационных катков и способствует снижению затрат на ремонт и обслуживание в сумме 50000 рублей в год на одну единицу техники;

- **определены** теоретически обоснованные пределы и условия применения процесса жидкофазного СВС-армирования алюминиевых сплавов систем Al-Mg, Al-Cu, Al-Si, обеспечивающие получение литых композиционных материалов с воспроизводимыми структурой и свойствами, а также перспективы их практического использования в качестве антифрикционных и конструкционных деталей транспортного и энергетического машиностроения, для которых показано снижение коэффициента трения, износа и уровня температурного разогрева по сравнению с традиционными алюминиевыми сплавами и бронзами;

- **созданы** рекомендации по применению разработанных композиционных материалов для изготовления изделий антифрикционного назначения, эксплуатирующихся в условиях агрессивных коррозионных сред и при повышенных температурах;

- **представлено** обоснование экономической эффективности разработанной технологии, основанное на совокупности взаимодополняющих факторов, включающих использование стандартного и малогабаритного литейного оборудования, сокращённый производственный цикл с пониженной энергоёмкостью и технологической простотой его реализации, снижение

затрат на армирующие высокодисперсные порошковые материалы за счёт их синтеза *in situ* из более дешёвых исходных порошков, а также увеличение эксплуатационного ресурса износостойких композиционных материалов при одновременном снижении массы и себестоимости отливок по сравнению с применяемыми в настоящее время аналогами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с использованием аттестованных методов и методик, с применением современного программного обеспечения и статистической обработки результатов;

- теория термодинамических расчетов построена на применении метода минимизации термодинамического потенциала (энергии Гиббса), базовых положениях теории самораспространяющегося высокотемпературного синтеза и материаловедения цветных сплавов;

- идея базируется на использовании литературных данных, а также экспериментальных результатах, полученных в ходе синтеза алюмоматричных композиционных материалов, армированных высокодисперсной фазой карбида титана;

- использованы современные методики сбора и обработки информации, представлены выборочные совокупности с обоснованием выбора объектов и методов исследования;

- установлено качественное и количественное совпадение экспериментальных и теоретических результатов между собой и с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели, задач исследования, выборе путей и методов их решения; выполнении всех этапов экспериментальной работы; проведении консолидированного анализа, интерпретации результатов исследований, написании статей и подготовке заявок на патенты.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Луц А.Р. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании № 1 от 16 января 2026 года диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научной проблемы получения новых конкурентоспособных литых композиционных материалов путем применения процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза армирующей высокодисперсной фазы карбида титана в расплавах алюминиевых сплавов, что приводит к повышению их эксплуатационных характеристик при пониженной себестоимости, имеющей важное хозяйственное значение, присудить Луц Альфие Расимовне ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по специальности 2.6.17, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против нет.

Председатель

диссертационного совета 99.2.039.02



Клебанов Яков Мордухович

И.о. секретаря

диссертационного совета 99.2.039.02

Шляхин Дмитрий Аверкиевич

16 января 2026 г.