

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.357.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 03 апреля 2025 года № 3

**О присуждении Кошкину Глебу Александровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.**

Диссертация «Разработка и исследование новых функциональных композиционных материалов в системе «ЦТС—фосфатное связующее» с улучшенными технологическими свойствами» по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки) принята к защите 29.01.2025, протокол заседания № 1, диссертационным советом 24.2.357.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ, 440026, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Красная, д. 40, приказ № 105/нк от 11.04.2012 (приказ № 561/нк от 03.06.2021).

Соискатель Кошкин Глеб Александрович, 27 июня 1996 года рождения.

В 2018 году окончил ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» (бакалавриат), в 2020 году окончил ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (магистратура), 2024 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» по направлению подготовки 22.06.01 «Технологии материалов», работает инженером-технологом 1-й категории центра пьезопроизводства № 6 Акционерного общества «Научно-исследовательский институт физических измерений» (г. Пенза) Госкорпорации «Роскосмос».

Диссертация выполнена на кафедре «Сварочное, литейное производство и материаловедение» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Розен Андрей Евгеньевич, и. о. заведующего кафедрой «Сварочное, литейное производство и материаловедение» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет».

Официальные оппоненты:

**Панич Анатолий Евгеньевич**, доктор технических наук, профессор, директор — главный конструктор НКТБ «Пьезоприбор» ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»;

**Амосов Александр Петрович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** — Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА — Российский технологический университет» (РТУ — МИРЭА), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Юрасовым Алексеем Николаевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заместителем заведующего кафедрой наноэлектроники, Тюриной Светланой Александровной, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой материаловедения, и утвержденном Прокоповым Николаем Ивановичем, доктором химических наук, профессором, первым проректором РТУ — МИРЭА, указала, что диссертационная работа «Разработка и исследование новых функциональных композиционных материалов в системе «ЦТС—фосфатное связующее» с улучшенными технологическими свойствами» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в актуальной редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Глеб Александрович Кошкин, за проведенные исследования и разработку пьезоэлектрических композиционных материалов и покрытий на основе фосфатных связующих и отходов производства и эксплуатации ЦТС-материалов заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Отзыв подготовлен Тюриной С.А., кандидатом технических наук (специальность 2.6.17. Материаловедение), доцентом, заведующим кафедрой материаловедения Института перспективных технологий и индустриального программирования РТУ МИРЭА.

Отзыв ведущей организации на диссертационную работу обсужден и одобрен на расширенном заседании научного семинара «Физика конденсированного состояния» (ФКС) кафедры наноэлектроники с привлечением специалистов кафедры материаловедения 25.02.2025 г. (протокол № 3).

Соискатель имеет 30 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 25 работ, из которых 4 статьи в ведущих

рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России, 1 статья в журнале, входящем в индекс цитирования Scopus. По смежным тематикам опубликованы 3 статьи в журналах из Перечня ВАК при Минобрнауки России, 2 патента и другие работы.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1) Кошкин, Г. А. О влиянии термообработки на характеристики композитов системы «цирконат-титанат свинца — фосфатное связующее» / Г. А. Кошкин, Ч. Г. Пак, В. В. Кикот, А. Е. Розен. — DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.031 // Ползуновский вестник. — 2024. — № 2. — С. 235—242.

2) Кошкин, Г. А. К вопросу о получении композиционных пьезоэлектрических толстоплёночных покрытий на фосфатных связующих и пьезокерамике системы ЦТС / Г. А. Кошкин. — DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.4.2.015 // Ползуновский вестник. — 2022. — Т. 2. — № 4. — С. 118—124.

3) Кошкин, Г. А. Получение и исследование пьезоэлектрического композита в системе «цирконат-титанат свинца — ортофосфорная кислота» / Г. А. Кошкин, Ч. Г. Пак, А. Е. Розен, В. В. Кикот. — DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2022.01.019 // Ползуновский вестник. — 2022. — № 1. — С. 139—146.

4) Пак, Ч. Г. Влияние морфологии дисперсного порошка алюминия на физико-механические свойства пористых термостойких материалов / Ч. Г. Пак, В. М. Батрашов, В. А. Абызов, Г. А. Кошкин // Огнеупоры и техническая керамика. — 2016. — № 11—12. — С. 13—16.

5) Tsy-pin, B. V. Study of the Composite Piezoelectric Coatings Used in Sensing Elements / B. V. Tsy-pin, E. A. Pecherskaya, V. V. Kikot, G. A. Koshkin, A. V. Fimin. — DOI 10.1134/S1027451022060544 // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. — 2022. — Vol. 16. — № 6. — P. 1322—1326.

На диссертацию и автореферат поступило 6 положительных отзывов:

Гасанов Бадрудин Гасанович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобили и транспортно-технологические комплексы» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова»;

Денисов Игорь Владимирович, кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории Ударно-волновых процессов, ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения Российской академии наук им. А. Г. Мержанова (ИСМАН);

Мельников Сергей Александрович, кандидат физико-математических наук, научный руководитель лаборатории металлургических процессов АО «Гиредмет»;

Мерсон Дмитрий Львович, доктор физико-математических наук, профессор, директор Научно-исследовательского института прогрессивных технологий ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»;

Тараканов Олег Вячеславович, доктор технических наук, профессор, декан факультета «Управление территориями» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»;

Чижова Евгения Владимировна, кандидат технических наук, инженер Акционерного общества «Федеральный научно-производственный центр «Производственное объединение «Старт» им. М. В. Проценко».

В отзывах отмечается актуальность работы, новизна, практическая значимость полученных результатов, имеются замечания:

- из работы неясно, насколько актуальным являются использованные для исследования материалов методики, изложенные в отраслевом стандарте ОСТ 11 0444—87;

- при установлении механизма формирования диэлектрических потерь рассмотренного композита температурные испытания проведены в узком диапазоне от минус 60 до 80 °С, в то время как интерес представляет исследование характеристик в диапазоне от минус 60 до 200 °С;

- в описании главы 3 не изложены режимы поляризации изготовленных образцов, что снижает воспроизводимость полученных результатов;

- в автореферате не представлен качественный и/или количественный рентгенофазовый анализ, который с большой долей достоверности позволил бы утверждать о составе фаз в структуре получаемых композиционных материалов на основе ЦТС-ФС;

- механизм снижения диэлектрических потерь после термической обработки объемного материала при температуре 500 °С описан в автореферате недостаточно подробно;

- в таблице 1 приведены характеристики пьезокомпозита для разных фракций наполнителя, но в тексте автореферата не проанализировано влияние размера частиц на характеристики материала;

- в автореферате не описаны режимы помола фракции размером более 1 мм и не обосновано, почему для помола использована планетарная шаровая мельница;

- для образцов, подвергнутых оптической и электронной микроскопии, не приведена подробная информация о методах и режимах их подготовки, не обосновано, почему именно результаты рентгенофлуоресцентных исследований являются основанием для вывода о протекании химического взаимодействия между ЦТС и ФС;

– автор не привел сравнительный анализ ФС с другими типами неорганических связующих (на основе гидроксонитратов и гидроксохлоридов алюминия, циркония, хрома; алюмосиликатных клеев и др.), что важно для обоснования выбора именно фосфатных систем;

– в описании главы 2 не указаны точные параметры термической обработки (скорость нагрева, время выдержки, условия охлаждения), что критично для воспроизводимости экспериментов;

– в таблице 2 приведены значения характеристик каждого образца непрессованного композита по отдельности и усредненные данные, но отсутствуют сведения о погрешности измерения характеристик отдельных образцов;

– автор в своей работе недостаточно внимания уделяет механическим характеристикам полученных пьезоэлектрических композиционных материалов и покрытий;

– автором в автореферате не описаны количественные выводы по результатам исследования микроструктуры методами оптической и электронной микроскопии, энергодисперсионной спектроскопии;

– в рамках описания внедрения результатов работы в учебный процесс автор не указывает конкретные учебные курсы и предметы, доработанные с использованием выводов его работы;

– в работе нет результатов дифференциально-термического анализа, что снижает достоверность полученных выводов об эволюции фазового состава продуктов реакции ЦТС и ФС;

– в выводах не предложены конкретные направления для будущих исследований (например, наиболее перспективные способы модификация состава ФС). Определенная доля замечаний связана с ограниченным объемом автореферата, либо замечания носят рекомендательный характер.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и достижениями в области материаловедения. Оппоненты имеют достаточное количество цитируемых публикаций, непосредственно связанных с темой диссертационного исследования. Ведущая организация имеет ученых, являющихся признанными специалистами в данной предметной области, хорошо известна высоким уровнем выполнения теоретических и прикладных исследований, связанных с технологическими процессами промышленного производства, что подтверждается содержанием отзыва на диссертационную работу и списком публикаций.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** группа новых объёмных пьезоэлектрических композиционных материалов и покрытий с улучшенными технологическими свойствами на основе цирконата-титаната свинца и фосфатных связующих;

**предложены** механизмы взаимодействия сегнетокерамических материалов на основе цирконата-титаната свинца и фосфатных связующих (ортофосфорной кислоты и её производных), а также формирования диэлектрических потерь в продуктах взаимодействия компонентов, с учётом которых разработана технология термической обработки, существенно уменьшающая диэлектрические потери в разработанных материалах;

**доказана** возможность и целесообразность практического применения полученных материалов и покрытий в составе чувствительных элементов датчиков, функционирующих в гидростатическом режиме, и системах структурного мониторинга работоспособности;

**введены** сведения об ионно-релаксационном характере поляризации в электрическом поле продуктов взаимодействия сегнетоэлектрической керамики цирконата-титаната свинца и фосфатных связующих.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны** положения о возможности изменения посредством термического воздействия характера поляризации в электрическом поле фосфатных пьезоэлектрических композиционных материалов и покрытий;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс существующих базовых методов исследования пьезоэлектрических и диэлектрических характеристик сегнетоэлектрических материалов, их структуры и фазового состава;

**изложены** закономерности взаимодействия фосфатных связующих и сегнетоэлектрической керамики на основе цирконата-титаната свинца;

**раскрыты** особенности формирования структуры и фазового состава композиционных материалов в системе «ЦТС—фосфатное связующее» при различных температурных режимах;

**изучены** взаимосвязи в технологическом процессе изготовления фосфатных пьезоэлектрических композиционных материалов и покрытий;

**проведена модернизация** представлений о процессах фазообразования и формирования свойств в системе «ЦТС—фосфатное связующее».

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

**разработаны и внедрены** технологические процессы изготовления пьезоэлектрического композиционного материала и изделий из него на основе отходов ЦТС и ФС на производстве в АО «Научно-исследовательский институт физических измерений» (АО «НИИФИ», г. Пенза); материалы лекций,

практических занятий и лабораторных работ при подготовке специалистов по направлениям 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» (бакалавриат) и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (магистратура) на кафедре «Сварочное, литейное производство и материаловедение» Пензенского государственного университета;

**определены** основные перспективные направления практического применения материалов и покрытий на основе ФС и сегнетоэлектрической ЦТС-керамики: чувствительные элементы с повышенными требованиями к объёмной пьезочувствительности и распределённые системы контроля и управления;

**создана** на основе установленных температурных границ этапов фазообразования в системах «ЦТС-19 – ОФК», «ЦТС-19 – алюмохромфосфатное связующее» (АХФС) в интервале от 25 до 1000 °С система рекомендаций по выбору режимов термической обработки;

**представлены** рекомендации по использованию отходов пьезокерамического производства в качестве сырья для изготовления композиционных пьезоэлектрических объёмных материалов и покрытий.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** использованы современные методики исследования, поверенное и аттестованное производственно-технологическое, контрольно-измерительное и исследовательское оборудование, эксплуатируемое согласно требованиям актуальной государственной и отраслевой нормативно-технической документации, общедоступные и верифицированные расчетные методики и программное обеспечение; выводы работы касательно механизмов и температурных границ этапов фазо- и структурообразования при взаимодействии ЦТС и ФС в интервале от 25 до 1000 °С подтверждены соответствием значений, установленных косвенно по изменению характеристик после термической обработки и непосредственно с помощью рентгенофазовых исследований;

**теория** основана на известных положениях и закономерностях, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и по смежным отраслям;

**идея базируется** на результатах анализа современных научных публикаций, обобщении производственного опыта, а также на результатах собственных исследований автора;

**использованы** известные результаты разработки и исследований пьезоэлектрических композиционных материалов и покрытий различного состава, структуры, свойств и областей применения, представленные в научно-технической литературе;

**установлено**, что полученные автором теоретические и экспериментальные

данные не противоречат известным результатам исследований, представленным в научно-технической литературе;

**использованы** современные методики обработки экспериментальных данных.

**Личный вклад соискателя** в непосредственном участии во всех этапах процесса, включая формулировку цели, постановку задач, разработку концептуальных основ исследования, проведение экспериментальных исследований, обработку результатов исследований, апробацию результатов исследования, подготовку научных публикаций по теме исследования. Соискателем предложена и реализована на практике возможность получения объемных композиционных материалов и покрытий на основе ФС и отходов ЦТС; установлен механизм взаимодействия и связи между составом, структурой и свойствами материалов и покрытий на основе ЦТС и ФС; предложен и реализован метод снижения диэлектрических потерь материалов на основе ЦТС и ФС; показаны направления работ по улучшению функциональных характеристик материалов на основе ЦТС и ФС; осуществлено внедрение полученных результатов в производство и учебный процесс.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В ходе работы не проведены термогравиметрические и дифференциально-термические исследования, из-за чего не установлены термохимические характеристики взаимодействия ЦТС и ФС, а также точные температурные значения и характер фазовых переходов.

2. В работе недостаточно обосновано использование для исследования характеристик гетерогенных композиционных материалов динамического метода резонанса — антирезонанса, изложенного в отраслевом стандарте ОСТ 11 0444—87 для определения характеристик спечённых пьезокерамических элементов.

3. Функциональные характеристики полученных материалов и покрытий, в частности, пьезоэлектрическая чувствительность, не превосходят таковые у материалов-аналогов.

Соискатель Кошкин Г. А. согласился с замечаниями и ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы.

На заседании 03 апреля 2025 года диссертационный совет 24.2.357.02 принял решение: за новое научно обоснованное техническое решение по комплексному использованию фосфатных связующих и отходов производства свинецсодержащей пьезоэлектрической керамики для получения композиционных пьезоэлектрических материалов и покрытий с улучшенными технологическими свойствами, имеющее существенное значение для развития материаловедения, присудить Кошкину Г. А. ученую степень кандидата технических наук.

Председатель диссертационного совета  
доктор технических наук,  
профессор

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук,  
профессор

Киреев Сергей Юрьевич

Зверовщиков Александр Евгеньевич

9