

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.384.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 16 декабря 2025 г. № 20/25 о присуждении Петуховой Екатерине Алексеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и методика диагностики состава полимерных композиционных материалов»

по специальности 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)

принята к защите 10 октября 2025 года, протокол № 16/25, диссертационным советом 24.2.384.02, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (ГУАП), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, приказ № 1358/нк от 24 октября 2022 г.

Соискатель Петухова (ранее – Гущина) Екатерина Алексеевна, 19 июля 1997 года рождения, гражданка Российской Федерации, в 2021 году Петухова Е.А. окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», присвоена квалификация «магистр» по направлению подготовки 27.04.01 «Стандартизация и метрология», работает в должности старшего преподавателя кафедры метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического

приборостроения», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

В 2025 году Петухова Е.А. окончила аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», присвоена квалификация «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика».

Справка №09-17/10 от 25 апреля 2025 г. о сдаче кандидатских экзаменов по дисциплинам «История и философия науки (технические)», «Иностранный язык (английский)», по специальной дисциплине «2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды» выдана Петуховой Е.А. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Диссертация выполнена на кафедре метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной безопасности Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Фролова Елена Александровна, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», кафедра инноватики и интегрированных систем качества, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. Микаева Светлана Анатольевна, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет», кафедра электротехнических систем, профессор;
2. Семенова Маргарита Игоревна, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», кафедра инженерной защиты окружающей среды, доцент;

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанным доцентом факультета систем управления и робототехники, кандидатом технических наук, доцентом Андреевым Юрием Сергеевичем, утвержденном проректором, доктором технических наук, профессором Никифоровым Владимиром Олеговичем, указала, что диссертационная работа Петуховой Е.А. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, содержащую научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны, вносящие вклад в решение задач совершенствования диагностики состава полимерных композиционных материалов.

Полученные научные результаты имеют существенное значение для развития предприятий машиностроительной отрасли Российской Федерации. Диссертация соответствует критериям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Петухова Екатерина Алексеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.8 «Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды». (технические науки).

Соискатель имеет 24 опубликованные работы, в числе которых: 9 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, в том числе 5 – без соавторов, 12 статей в других изданиях, одно свидетельство о государственной регистрации базы данных, два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на Международных конференциях. Общий объем научных публикаций составляет 5,26 усл.п.л. (3,69 п.л. соискателя).

В диссертации Петуховой Е.А. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Получены акты внедрения результатов диссертационной работы в ООО «ИндуТех», ООО «Масштаб», ООО «Центр инженерии, механики и робототехники», ООО «ПАНТЕС», ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Наиболее **значительные научные работы** по теме диссертации:

1. Гущина, Е.А. Методика диагностики состава полимерных композиционных материалов / А.Р. Бестугин, Е.А. Гущина, Е.А. Фролова // Радиотехника. 2025. Т. 89. № 5. С. 166–172. (объем 0,44 п.л. / авторский вклад 0,157 п.л.).

Личный вклад: соискателем проведен анализ данных, разработана методика диагностики состава полимерных композиционных материалов, сформулированы выводы.

2. Гущина, Е.А. Исследование возможности применения кластерного анализа для прогнозирования свойств полимерных композитных материалов / Е.А. Гущина // Контроль. Диагностика. 2025. №4. С. 60–66. (объем 0,44 п.л. / авторский вклад 0,44 п.л.).

Личный вклад: соискателем показана возможность применения кластерного анализа для прогнозирования свойств полимерных композиционных материалов, выполнены математические расчеты, проведена апробация на реальных производственных данных.

3. Гущина, Е.А. Проектирование базы данных полимерных композитных материалов / Е.А. Гущина // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2024. Т. 80. № 2. С. 46-49. (объем 0,25 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.).

Личный вклад: соискателем разработана и реализована база данных полимерных композиционных материалов, содержащая информацию о составе, свойствах и методах получения полимерных композиционных материалов для последующего анализа данных и построения прогнозных моделей.

4. Гущина, Е.А. Эффективный способ пополнения базы данных / Е.А. Гущина, Л.А. Решетов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2024. Т. 80. № 1. С. 92-96. (объем 0,31 п.л. / авторский вклад 0,16 п.л.).

Личный вклад: соискателем предложен и обоснован способ пополнения базы данных полимерных композиционных материалов, проведено проектирование и реализация ключевых алгоритмов пополнения данных.

5. Гущина, Е.А. Применение стохастического градиентного алгоритма при формировании базы данных композитных материалов / Е.А. Гущина, Л.А. Решетов // Вестник Казанского государственного технического

университета им. А.Н. Туполева. 2024. Т. 80. № 1. С. 87-91. (объем 0,31 п.л. / авторский вклад 0,16 п.л.).

Личный вклад: соискателем проведено исследование и адаптация стохастического градиентного алгоритма для задач формирования и оптимизации базы данных, выполнены расчеты и анализ эффективности предложенного метода.

6. Гущина, Е.А. Влияние содержания наполнителя на прочностные характеристики в композиционных материалах/ Е.А. Гущина // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2023. Т. 79. № 4. С. 54-57. (объем 0,25 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.).

Личный вклад: соискателем проведено экспериментальное исследование, систематизация и анализ данных о зависимости прочностных характеристик от содержания наполнителя, сформулированы выводы о выявленных закономерностях.

7. Гущина, Е.А. Моделирование показателей прочности композитных материалов. / Е.А. Гущина // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2023. Т. 79. № 2. С. 41-43. (объем 0,19 п.л. / авторский вклад 0,19 п.л.).

Личный вклад: соискателем разработана и апробирована математическая модель для прогнозирования показателей прочности полимерных композиционных материалов, проведена верификация модели на экспериментальных данных.

8. Гущина Е.А. Метод определения прочности на разрыв композиционных материалов. / Е.А. Гущина // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2023. Т. 79. № 2. С. 37-40. (объем 0,25 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.).

Личный вклад: соискателем разработан и апробирован метод определения прочности на разрыв, проведены необходимые эксперименты и обработка их результатов, сформулированы практические рекомендации.

9. Гущина Е.А. Метод определения показателей прочности и упругости полимерных композиционных материалов / Е.А. Гущина, А.С. Степашкина // Альманах современной метрологии. 2022. № 4 (32). С. 68-74. (объем 0,44 п.л. / авторский вклад 0,22 п.л.).

Личный вклад: соискателем предложен комплексный метод определения ключевых механических свойств: прочности и упругости,

выполнена разработка методики, анализ данных и интерпретация полученных результатов.

Личный вклад: соискателем проведен сбор и анализ данных, разработана и реализована база данных полимерных композиционных материалов.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из 8 организаций (все отзывы положительные):**

1. АО НИИ «Рубин» (подписал: доктор технических наук, доцент, научный сотрудник АО НИИ «Рубин» Камиль Закирович Билятдинов). Замечания: 1. Отсутствует подробное описание и обоснование выбора методов машинного обучения (в частности, линейной регрессии) для прогнозирования нелинейных зависимостей между составом и свойствами полимерных композиционных материалов. 2. В автореферате не указаны потенциальные риски, связанные с применением моделей, построенных на данных из открытых источников, которые могут иметь различную степень достоверности и получены в неидентичных условиях.

2. АО «НИИ «Масштаб» (Подписал: советник генерального директора АО «НИИ «Масштаб» по науке, лауреат Ленинской премии, доктор технических наук, доцент, Давыдов Евгений Борисович). Замечания: 1. Требуется дополнительное пояснение, каким образом обеспечивается устойчивость и интерпретируемость результатов кластеризации при изменении объема и структуры входного набора данных о полимерных композиционных материалах. 2. Целесообразно уточнить, насколько предложенная методика диагностики адаптивна к появлению новых типов полимерных матриц и наполнителей, не представленных в исходной обучающей выборке.

3. ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева» (подписал: доцент кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении, кандидат технических наук Митрошкина Татьяна Анатольевна). Замечания: 1. Из автореферата не полностью ясно, как учитывается влияние возможной нелинейности взаимосвязей между компонентами композиции и итоговыми свойствами материала при использовании линейной регрессии в качестве основного метода прогнозирования. 2. Не в полной мере раскрыты ограничения предложенных моделей при работе с материалами, для которых отсутствуют

репрезентативные данные в обучающих выборках, и каковы пути расширения области их применения. 3. В автореферате недостаточно отражено обоснование выбора полнофакторного эксперимента и невозможности использовать другие виды экспериментов, например, дробные или метод Тагути. 4. Недостаточно корректно составлены алгоритмические схемы (используются дважды повторяющиеся элементы, что утяжеляет восприятие), а также имеются опечатки (например, на рисунке 2 и по тексту на странице 7).

4. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (подписал: доктор физико-математических наук, профессор кафедры специальных устройств, инноватики и метрологии Палымский Игорь Борисович). Замечания: 1. В тексте автореферата недостаточно раскрыты ограничения предложенных моделей при работе с материалами, данные о которых отсутствуют в обучающих выборках. 2. Следовало бы уточнить, каким образом обеспечивается устойчивость моделей к изменчивости исходных данных и параметров материалов.

5. ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» (подписал: профессор кафедры теоретической и практической метрологии Федерального государственного унитарного предприятия, д.т.н., доцент Сясько Владимир Александрович). Замечания: 1. Отклонение в ряде мест от установленных терминов и определений ключевых стандартов в части механических испытаний, неразрушающего контроля и технической диагностики; 2. Несоблюдение требований ГОСТ Р к текстовым документам; 3. Пункты научной новизны и защищаемых научных положений практически дублируют друг друга (имеется отклонение от рекомендаций ВАК в части принципов формулирования защищаемых научных положений); 4. При формулировании выводов следовало уделить большее внимание количественным показателям достигнутых результатов в части параметров точности (чему следует уделить внимание в докладе на защите), а не общим рассуждениям об экономическом эффекте, количественные характеристики которого сложно оценить.

6. ФГБОУ ВО «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНИИХ» им. Д.Ф. Устинова» (подписал: заведующий кафедрой «Технология конструкционных материалов и производства ракетно-комбинезонных техников», кандидат технических наук, доцент Андриюшкин Александр Юрьевич). Замечания: 1. В работе не указано, учитывается ли при моделировании свойств полимерных композиционных материалов возможная

анизотропная механическая и электрическая характеристик, возникающая вследствие ориентации наполнителя или технологических особенностей получения композитов. Требуется пояснить, каким образом предложенные модели учитывают или могут быть адаптированы для учета анизотропии свойств. 2. Необходимо уточнить несколько разработанная методика применима для прогнозирования свойств материалов с неоднородной или слоистой структурой.

7. Государственная Корпорация «Ростех» (подписал: референт генерального директора Государственной корпорации «Ростех», кандидат технических наук, доцент, Почетный метролог Куприков Никита Михайлович). Замечания: 1. Требуется более развернутого пояснения выбор именно линейной регрессии в качестве основного метода прогнозирования, учитывая, что в работе тестировались и другие, потенциально более сложные алгоритмы. 2. Заявление о повышении "экологической безопасности" требует более конкретного обоснования. Указание на сокращение количества образцов является косвенным аргументом. Целесообразно было бы привести количественную оценку снижения углеродного следа или объема опасных отходов на всех этапах жизненного цикла.

8. АО «НПО «Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз - Антей» - Обуховский завод» (подписал: к.т.н., доцент, директор Научно-исследовательского института Прикладного материаловедения Нефедова Любовь Александровна). Замечания: 1. В автореферате можно было бы более развернуто представить сравнительный анализ разработанных моделей с существующими зарубежными аналогами (например, с коммерческими системами для материаловедения). 2. При описании базы данных целесообразно было бы кратко обозначить основные проблемы, с которыми столкнулся автор при ее формировании (проблемы неоднородности данных, верификации и т.д.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается фундаментальным характером научных исследований, большим опытом и достижениями в области материаловедения, машинного обучения, цифровизации процессов разработки новых материалов и наличием соответствующих публикаций, в том числе в ведущих журналах, определенных ВАК при Минобрнауки России. Выбор ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» в качестве ведущей

организации обусловлен огромным опытом в области материаловедения, в области разработки и внедрения цифровых технологий для контроля и диагностики материалов, комплексными исследованиями в сфере контроля и диагностики, а также достаточным числом публикаций в данной предметной области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена математическая модель определения механических и электрических свойств полимерных композиционных материалов, способствующая улучшению эксплуатационных характеристик изделий и повышению экологической безопасности окружающей среды;

предложена модель автоматизации определения состава полимерного композиционного материала с заданными механическими свойствами при сохранении электрических характеристик, способствующая снижению трудоёмкости испытаний на растяжение, повышению уровня экологической безопасности окружающей среды;

разработана методика определения состава полимерных композиционных материалов с заданными механическими свойствами при сохранении электрических характеристик, способствующая уменьшению трудоемкости, финансовых затрат проведения испытаний на растяжение, повышению надёжности материалов и обеспечению экологической безопасности окружающей среды.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность снижения трудоёмкости и количества проведения испытаний на длительную прочность при растяжении, повышения надёжности изделий на основании целевого подбора состава материалов с заданным комплексом свойств, экологической безопасности за счёт сокращения объёмов потребления сырья и образования отходов;

выявлены технологические ограничения и ресурсные потери для традиционных методов диагностики, а также предложены методы их минимизации на основе инструментов прогнозного моделирования и оптимизации эксперимента;

применительно к проблематике диссертации результативно и эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов использован комплексный подход, сочетающий методы машинного

обучения, кластерный и регрессионный анализ данных с использованием федеральных нормативно-правовых и нормативно-технических документов; **предложены** положения, дополняющие известные подходы к исследованию и диагностике состава полимерных композиционных материалов, реализованные на основании разработанных математических моделей и методики диагностики с использованием алгоритмов машинного обучения и с интеграцией в технологические процессы предприятий, позволяют перейти от ресурсоемкого эмпирического подбора составов к целенаправленному прогнозному проектированию состава полимерных композиционных материалов с заданным комплексом эксплуатационных характеристик. Использование моделей обеспечивает оценку уровня соответствия целевым механическим и электрическим свойствам, а также предоставляет конкретные варианты составов полимерных композиционных материалов, сокращая необходимость в многочисленных физических экспериментах; **учтено** влияние цифровизации на эффективность разработки новых материалов и необходимость синтеза традиционных экспериментальных методов с современными технологиями анализа данных и машинного обучения.

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

разработаны и внедрены в работу трех производственных предприятий модели и методика диагностики состава полимерных композиционных материалов, что позволило сократить число натурных экспериментов на 35% и временные затраты на их проведение на 80% за счет применения математической модели определения механических и электрических свойств полимерных композиционных материалов; сократить сроки подбора оптимального состава полимерного композиционного материала с 2 месяцев до 2 недель и ускорить процесс определения состава на 84-88%, а также сократить объем лабораторных исследований на 60-62% за счет применения информационной модели определения состава полимерного композиционного материала; сократить время на разработку рецептур состава материала на 90-95%, затраты на проведение испытаний на растяжение на 80-90% за счет применения методики диагностики состава полимерных композиционных материалов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория согласуется с известными положениями диагностики полимерных композиционных материалов, методов машинного обучения и подходов к цифровизации исследований и разработок;

идея базируется на совершенствовании методов диагностики состава полимерных композиционных материалов, а также на анализе передовых решений и опыта отечественных и зарубежных ученых в области анализа данных;

использованы методы математического моделирования, кластерного анализа, машинного обучения и регрессионного анализа;

установлено соответствие разработанных моделей и методик требованиям промышленных стандартов, подтверждённое результатами апробации на предприятиях.

использованы современные методики сбора, обработки и анализа разнородной информации.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследований, разработке теоретических решений и формулировке предложенных моделей и методики, планировании исследований и экспериментов, обработке данных и интерпретации полученных результатов, обобщении результатов в виде обоснованных выводов и рекомендаций, изложении содержания исследований в форме научных публикаций и апробации результатов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: недостаточно полно описаны возможные случаи анизотропии механических и электрических характеристик полимерных композиционных материалов, возникающие вследствие ориентации наполнителя или технологических особенностей получения композитов.

Соискатель Петухова Екатерина Алексеевна ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию по обсуждаемым научным положениям.

На заседании 16 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение: присудить Петуховой Екатерине Алексеевне ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.2.8 Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки) за научно обоснованные технические и технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны,

вносящие вклад в решение задач совершенствования диагностики состава полимерных композиционных материалов. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 9 докторов наук по специальности 2.2.8, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 14, против присуждения ученой степени – 1, недействительных бюллетеней – нет.


Председатель диссертационного совета 24.2.384.02
доктор технических наук, профессор

 Бестугин Александр Роальдович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.2.384.02
кандидат технических наук, доцент

 Назаревич Станислав Анатольевич

«16» декабря 2025 года