ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.308.03,
созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело №_____
решение диссертационного совета от 06.11.2026 г. № 05

О присуждении Петренко Дмитрию Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Синтез и свойства непредельных полиэфиров 2,5-фурандикарбоновой кислоты и композиционных материалов на их основе» по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения принята к защите 25.08.2026 года, протокол № 03 диссертационным советом 24.2.308.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173, № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель – Петренко Дмитрий Сергеевич, 1998 года рождения. В 2026 году окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» Минобрнауки России по научной специальности 2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Работает в должности ассистента кафедры «Химические технологии» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре «Химические технологии» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова» Минобрнауки России.

Научный руководитель – Клушин Виктор Александрович, кандидат технических наук (05.17.03. Технология электрохимических процессов и защита от коррозии), начальник научно-образовательного центра функциональных градиентных материалов (НОЦ "Материалы") федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет», ведущий инженер НИИ «Нанотехнологии и новые материалы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова».

Официальные оппоненты:

Ольхов Анатолий Александрович, доктор химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник научной лаборатории «Перспективные компо-

зиционные материалы и технологии», профессор базовой кафедры «Химии инновационных материалов и технологий» ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»;

Воронина Светлана Юрьевна, кандидат химических наук, старший научный сотрудник научной лаборатории «Высокомолекулярные соединения» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева»;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном Л.К. Каримовой, к.т.н., доцентом, доцентом кафедры «Технологии переработки полимеров и композиционных материалов», И.М. Давлетбаевой, д.х.н., профессором, профессором кафедры «Технология синтетического каучука», А.А. Никифоровым, к.т.н., доцентом, и.о. заведующего кафедрой «Технологии переработки полимеров и композиционных материалов» и утвержденном проректором по научной работе и инновациям ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», д.т.н., профессором И.М. Гильмутдиновым 21.10.2026 года, указала, что в целом диссертационная работа Петренко Д.С. на тему «Синтез и свойства непредельных полиэфиров 2,5-фурандикарбоновой кислоты и композиционных материалов на их основе» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне и представляющую несомненный научный и практический интерес. Диссертация написана доходчиво и аккуратно оформлена. По результатам работы сделаны подробные выводы. Автореферат изложен грамотно и достаточно полно отражает основное содержание диссертации, оформлен согласно требованиям к научным текстовым документам.

Таким образом, диссертация Петренко Д.С. на тему «Синтез и свойства непредельных полиэфиров 2,5-фурандикарбоновой кислоты и композиционных материалов на их основе» соответствует п. 2 и п. 9 паспорта специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения по техническим наукам и представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по синтезу непредельных полиэфиров и композиционных материалов на их основе, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие химической и нефтехимической отраслей промышленности страны.

По актуальности, новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа соответствует критериям, установленным пунктами 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), а ее автор Петренко Дмитрий Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

Диссертация обсуждена, отзыв одобрен на расширенном заседании ка-

федры «Технологии переработки полимеров и композиционных материалов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», протокол № 3 от 19.10.2026 г.

Соискателем на основе материалов диссертации опубликовано 20 работ, в том числе в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России – 5. Авторский вклад составляет 57,14 %. Общий объем научных изданий составил 4,06 п.л. Наиболее значимые из них:

1. Klushin, V. Unsaturated polyester resins and fiber-reinforced polymer composites from plant biomass / V. Klushin, E. Shabliy, **D. Petrenko** // Key Engineering Materials. – 2020. – V. 869. – P. 169-174. (0,69/0,35).
2. **Petrenko, D.S.** Composite materials based on biorenewable polyestermaleinate / D.S. Petrenko, V.A. Klushin, A.N. Yatsenko, N.A. Faddeev, A.A. Ulyankina // University News. North-Caucasian Region. Technical Sciences. – 2021. – № 4. – P. 93-99. (0,7/0,41).
3. **Petrenko, D.** Natural fiber reinforced biomass-derived poly (ester-urethane–acrylate) composites for sustainable engineering applications / D. Petrenko, V. Klushin, A. Zelenskaya, A. Yatsenko, A. Sotnikov, A. Ulyankina, N. Smirnova // Journal of Polymer Research. – 2022. – V. 29. – № 12. – P. 503 (0,288/0,157).
4. **Petrenko, D.S.** Polymer composite materials based on a binder from renewable raw materials: the effect of a filler on the physical and mechanical properties / D.S. Petrenko, V.A. Klushin, A.A. Petrenko, A.A. Ulyankina, N.V. Smirnova // Plasticheskie massy. – 2024. – № 1. – P. 40-43. (In Russ.). (0,47/0,25).
5. **Petrenko, D.S.** Effect of isocyanate type on thermal and mechanical properties of bio-based polyester-urethane-acrylate as a polymer matrix / D.S. Petrenko, V.A. Klushin, A.A. Petrenko, N.V. Smirnova, A.A. Ulyankina // Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Techn. Nauki = Bulletin of Higher Educational Institutions. North Caucasus Region. Technical Sciences. – 2025. – № 2. – P. 49-56. (In Russ.). (0,93/0,54).

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы от:

1. старшего преподавателя кафедры химических технологий им. проф. А.А. Хархарова ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», к.т.н. Серенко Н.Е. Без замечаний.
2. доцента кафедры «Химия и технология переработки эластомеров» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», к.т.н. Гайдадина А.Н. Имеются замечания: 1) Использование для доказательства строения полимеров только методов ИК-спектроскопии и ЯМР-спектроскопии выглядит недостаточным. Более убедительным, в случае полимеров, является их применение совместно с хромато-масс-спектрометрией. 2) Совместимость связующего и наполнителей, особенно в случае композиций с бинарной системой наполнителей, следует доказывать термодинамическими методами или оценкой свойств поверхностей (кислотно-основные характеристики, углы смачивания). 3) В тексте автореферата отсутствуют технологические свойства связующего, например время жизни, значение которого является крайне важным в случае реакто-

пластов. 4) Следует привести технологию изготовления наполненных композиций и стандарты, особенно для деформационно-прочностных показателей, по которым проводилась оценка характеристик материалов.

3. профессора кафедры «Общей химии» ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова», д.т.н. Сапаева Х.Х. Имеются замечания: 1) В работе представлены результаты исследования различных видов армирующих волокон, однако сравнительная оценка их влияния на свойства композитов могла бы быть дополнена более подробным обсуждением вклада межфазного взаимодействия «полимерная матрица – наполнитель» в формирование прочностных характеристик материалов. 2) При рассмотрении перспектив практического применения разработанных композитов было бы полезно более подробно обозначить ограничения и особенности их эксплуатации, в частности с учетом термической стабильности, водопоглощения и условий окружающей среды. 3) Представляется целесообразным в дальнейшем расширить оценку экологических преимуществ, разработанных связующих на основе возобновляемого сырья, включив сравнительный анализ их жизненого цикла и ресурсных затрат по отношению к традиционным полимерным системам.
4. директора НТЦ ООО «Полипласт-УралСиб», к.х.н. Кединой С.Г. Имеются замечания: 1) В автореферате недостаточно подробно раскрыты условия обеспечения сопостпвимости композиционных материалов с различными матрицами с схемами армирования. Целесообразно уточнить содержание наполнителя, число и ориентацию армирующих слоев, пористость образцов, а также привести число параллельных испытаний и показателей разброса результатов. Эти сведения особенно важны для оценки достоверности установленного увеличения прочности при введении хлопчатобумажной ткани. 2) Для гибридного композиционного материала углеволокно/бязь приведено водопоглощение 17,6 %. Представляло бы интерес оценить сохранение прочности после водонасыщения и уточнить для каких условий эксплуатации рекомендуется данный материал. Кроме того, требует пояснения нормативная основа приведенного в заключении утверждения о соответствии полученных композитов требованиям по водопоглощению. 3) Требует уточнения отдельные данные технологических расчетов. В таблице 6 не согласованы указанные масса и количество вещества ксилола, а в таблице 8 суммарная техническая загрузка составляет 1045 кг при заявленной базе расчета на тонну готового продукта. Целесообразно пояснить материальный баланс процесса, учет технологических потерь и содержание ксилола в готовом связующем.
5. доцента кафедры электро- и нанотехнологии, и.о. директора межуниверситетского научно-технического центра «Композит» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», к.х.н. Малахо А.П. Имеются замечания: 1) В автореферате встречаются опечатки и описки: «полиэтерефикация» вместо «полиэтерификация», «полиэфирматеинат» и «полиэфирмалеинат» в одном и том же абзаце заключения, «2,5-фурандикарюоновая кислота» в предпоследнем выводе, в четвёртой главе фигурируют два объекта с номе-

ром 15 (приёмная ванна и стол для раскройки). Подобные погрешности затрудняют восприятие. 2) Отсутствует статистическая обработка экспериментальных данных: число параллельных измерений, доверительные интервалы и оценка погрешности в таблицах не приводятся. Для прочностных характеристик это принципиальный момент. 3) Водопоглощение гибридного композита углеволокно/бязь составляет 17,6%. Не обсуждается, является ли такое значение приемлемым для конструкционного назначения, и как оно соотносится с требованиями к материалам, эксплуатируемым во влажной среде. 4) Учитывая результаты работы, в каких отраслях и изделиях могут найти практическое применение композиционные материалы, полученные с использованием разработанных связующих? 5) Согласно акту внедрения результатов, разработанные материалы были использованы в качестве связующего при производстве компаундов для наливных покрытий полов. Прошу уточнить, имеется ли у соответствующего покрытия зарегистрированная марка (торговое наименование)?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается широкой известностью их достижений в области высокомолекулярных соединений и, в частности, синтеза и исследования полимеров и олигомеров, наличием публикаций в ведущих рецензируемых отечественных и зарубежных научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– разработан и предложен новый подход и научно-обоснованные технологические решения синтеза непредельных полиэфиров, таких как полиэфирмалеинат и полиэфир-уретанакрилат, а именно, впервые для этой цели была использована 2,5-фурандикарбоновая кислота, полученная из возобновляемого растительного сырья, что способствует продвижению концепции экономики замкнутого цикла;

– установлены химические структуры полиэфир-уретанакрилата и промежуточных соединений, образующихся на разных стадиях его синтеза, на основании чего предложена последовательность химических процессов формирования полимерной цепи, что позволяет варьировать свойства связующего;

– выявлены зависимости физико-механических свойств композиционных материалов на основе полиэфирмалеината и полиэфир-уретанакрилата от типа армирующих волокон: добавление к стекло- и углеволокну хлопковой ткани, обладающей повышенной адгезией к связующему, увеличивает прочность при разрыве композиционных материалов, полученных с применением полиэфир-уретанакрилата, на 11 % и 53 % соответственно;

– доказано, что полимерные композиционные материалы на основе разработанного полиэфир-уретанакрилата, армированные натуральными, синтетическими и минеральными наполнителями превосходят в 1,3-2,8 раза по прочности при разрыве и в 2,2-5,1 раза по прочности при изгибе аналогичные характеристики материалов, изготовленных с применением непредельных полиэфирных смол на основе малеинового ангидрида, что является следствием повышения прочно-

сти матрицы за счет наличия уретановых связей, а также повышенной адгезии наполнителя к разработанному связующему.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– доказаны принципиальная возможность и эффективность использования 2,5-фурандикарбоновой кислоты (ФДКК), полученной из возобновляемого растительного сырья, в качестве альтернативы традиционных дикарбоновых кислот (фталевой, терефталевой) при синтезе непредельных полиэфирных смол. Это вносит вклад в расширение представлений об процессах поликонденсации и полимеризации с участием мономеров на основе возобновляемого растительного сырья, а также расширяет границы применимости полученных результатов для создания экологичных полимерных матриц;

– применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных базовых и специализированных методов исследования, в том числе методы ЯМР- и ИК-спектроскопии для подтверждения химического строения новых олигомеров и полимеров на всех стадиях синтеза, термогравиметрический анализ (ТГА/ДТГ) для оценки термической стойкости, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) для изучения межфазных взаимодействий между наполнителем и матрицей, а также стандартизированные экспериментальные методики определения физико-механических свойств композитов;

– изложены научно обоснованные положения о последовательности химических процессов формирования полимерной цепи полиэфир-уретанакрилата (ПЭУА);

– выявлен синергетический эффект гибридизации (сочетание синтетических и натуральных волокон), обеспечивающий снижение массы композиционных материалов без потери прочности;

– установлены причинно-следственные связи между строением фурансодержащих олигомеров (наличие жестких фурановых и бензольных циклов и гибких алифатических фрагментов различной длины) и их реологическими свойствами;

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

– разработана и внедрена технология получения полиэфир-уретанакрилатного связующего на основе 2,5-фурандикарбоновой кислоты и технологические рекомендации по его применению. Внедрение подтверждено актом внедрения в производственном процессе ООО «ХимИнжиниринг», где предложенная технология была использована для получения опытных партий продукта и испытана в качестве связующего при изготовлении компаундов для укладки наливных покрытий для пола.

– определены пределы и перспективы использования разработанных связующих на практике: установлены оптимальные мольные соотношения исходных компонентов для синтеза, обеспечивающие оптимальную вязкость и высокие физико-механические свойства композитов. Показана перспективность полного или частичного импортозамещения традиционного сырья (терефталевой кислоты и фталевого ангидрида) 2,5-фурандикарбоновой кислотой.

– разработаны принципиальные технологические схемы синтеза ПЭУА и про-

питки тканевого армирующего материала и представлены методические рекомендации и технологические регламенты для масштабирования производства (включая нормы загрузки сырья на тонну готового продукта и материальные балансы), а также предложения по дальнейшему совершенствованию технологии получения экологичных полимерных матриц;

Результаты исследования имеют важное научное и практическое значение и могут представлять интерес для таких организаций как, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, МИРЭА – Российский технологический университет, Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова Российской академии наук, «Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук» - Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения Российской академии наук, ФГБУН Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук, Филиал НИЦ "Курчатовский институт" – ПИЯФ – Институт высокомолекулярных соединений и в других профильных организациях связанных с данной областью химии. Результаты диссертации могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях химической и нефтехимической отраслей промышленности, специализирующихся на производстве полиэфирных смол и композиционных материалов, в частности, АО «Камтэкс-Полиэфиры», ООО «МАГНАМ», ООО «Карбоним Инжиниринг» и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном современном оборудовании (спектрометр ЯМР Bruker Avance Neo 300 МГц, ИК-Фурье спектрометр Varian 640, синхронный термический анализатор STA 449 F5, сканирующий электронный микроскоп Hitachi SU8000, испытательная машина РЭМ 20, ротационный вискозиметр Fungilab SMART-L). Показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях: эксперименты проводились с использованием стандартизированных методик (ГОСТ 31933-2012, ГОСТ Р 56800-2015 и др.) и включали параллельные испытания нескольких образцов с последующей статистической обработкой данных;

– теория построена на известных, проверяемых данных и фактах о процессе поликонденсации, химии фурановых соединений и механизмах формирования композитных структур. Полученные теоретические положения полностью согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации и по смежным отраслям;

– идея базируется на анализе современной теории и практики получения полимерных композиционных материалов и обобщении передового опыта в области «зеленой химии» и концепции экономики замкнутого углеродного цикла. Идея использования 2,5-фурандикарбоновой кислоты из растительной биомассы для синтеза НПС опирается на актуальные мировые тренды по снижению углеродного следа;

– использовано сравнение авторских данных (значений вязкости, прочности при разрыве и изгибе, данных ТГА и СЭМ) и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике (в частности, характеристик традиционных полиэфирных и эпоксидных смол, а также коммерческих аналогов, таких как Revesol

Р9509 и эпоксидная смола LY556).
– установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике (в частности, закономерности изменения водопоглощения композитов с натуральными волокнами, а также характера их термического разложения). Сравнение является обоснованным, так как проводилось для аналогичных классов материалов и в сопоставимых условиях испытаний.

Личный вклад соискателя состоит в:
– включенном участии на всех этапах процесса работы над диссертацией, от постановки целей и задач исследования (совместно с научным руководителем) и анализа научной литературы до формулирования выводов и написания текста диссертации;
– непосредственном участии соискателя в получении исходных данных и научных экспериментах, включая личное проведение синтезов непредельных полиэфирных смол (ПЭМ и ПЭУА) с использованием ФДКК, изготовление композиционных материалов, а также проведение исследований их физико-механических свойств;
– личном участии в апробации результатов исследования, представлении докладов и обсуждении полученных данных на международных и всероссийских научно-практических конференциях;
– разработке экспериментальных методик и технологических схем, лично автором разработаны и реализованы лабораторные методики синтеза ПЭМ и ПЭУА, а также предложены принципиальные технологические схемы получения ПЭУА и пропитки тканевого армирующего материала;
– обработке и интерпретации экспериментальных данных, выполненных лично автором, проведена расшифровка ^{1}Н ЯМР и ИК спектров для подтверждения химической структуры промежуточных соединений и конечных полимеров на разных стадиях синтеза, выполнена статистическая обработка результатов механических и термических испытаний;
– подготовке основных публикаций по выполненной работе, написание научных статей (в соавторстве с научным руководителем и коллегами), тезисов докладов, а также участие в оформлении заявок на получение патентов РФ на изобретение.

Диссертационная работа Петренко Дмитрия Сергеевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания. Соискатель Петренко Дмитрий Сергеевич ответил на задаваемые ему вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 06 ноября 2026 г. (протокол № 05) диссертационный совет принял решение: за решение актуальной научно-практической задачи, состоящей в разработке научно-технологических основ получения новых непредельных полиэфиров 2,5-фурандикарбоновой кислоты, имеющей важное значение для развития технологий получения полимерных связующих и композиционных материалов на основе растительного сырья, в химической и

композитной отраслях, что соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученных степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ «О порядке присуждения ученой степени» от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, присудить Петренко Дмитрию Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.4.7. Высокомолекулярные соединения, технические науки, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета Хаширова Светлана Юрьевна

Ученый секретарь
диссертационного совета Жанситов Азамат Асланович

06.11.2026 года