

Заключение диссертационного совета 24.2.312.09, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета 04 июня 2025 г. № 15

О присуждении Габдрахмановой Гульназ Мазгаровне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модифицированные порошковые эпоксидные связующие и технология получения углепластиков на их основе» по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов принята к защите 28.03.2025 (протокол заседания №10) диссертационным советом 24.2.312.09, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68, приказ Минобрнауки России о создании совета №1351/нк от 24.10.2022).

Соискатель Габдрахманова Гульназ Мазгаровна, 4 декабря 1995 года рождения, в 2020 году окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», в 2024 году окончила аспирантуру очной формы обучения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева-КАИ», работает в должности инженера кафедры производства летательных аппаратов федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева-КАИ», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре производства летательных аппаратов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор химических наук, Амирова Лилия Миниахмедовна, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кафедра производства летательных аппаратов, профессор.

Официальные оппоненты:

Малышева Галина Владленовна, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»; кафедра «Ракетно-космические композитные конструкции», профессор.

Сулейманов Альфред Мидхатович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра строительных материалов, заведующий кафедрой.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт синтетических полимерных материалов им.Н.С. Ениколопова РАН», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Кузнецовым Александром Алексеевичем, доктором химических наук, профессором, заведующим лабораторией №3

(термостойких термопластов) указала, что диссертация Габдрахмановой Г.М. «Модифицированные порошковые эпоксидные связующие и технология получения углепластиков на их основе», является самостоятельным, законченным научно-квалификационным исследованием, посвященным решению актуальной задачи разработки модифицированных порошковых бензоксазиновых, цианэфирных и эпоксидных смесей и технологии получения углеродных композиционных материалов на их основе, полностью соответствует критериям, изложенным в п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013г. № 842, а ее автор, Габдрахманова Гульназ Мазгаровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

В работах соискателя приведены результаты по разработке новых полимерных порошковых связующих на основе смеси бензоксазина, цианозфира, токопроводящего наполнителя и эпоксидной смолы. Показано применение метода электростатического напыления для получения препрега на их основе. Установлены значения вязкости связующего для минимального межслоевого трения, исключающего дефекты при термоформовании и определена концентрация токопроводящего наполнителя для достижения предела перколяции в углекомпозите.

Диссертация не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем ученой степени работах. В диссертационной работе отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора или источник заимствования, а также результаты научных работ, выполненных соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов.

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, все по теме диссертации, общим объемом 5,25 печ. л. (личный вклад соискателя 80%), из них 4 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК для размещения материалов диссертаций, 2 статьи в изданиях, входящих в международную базу данных Web of Science и Scopus, 2 статьи в других рецензируемых

научных изданиях из перечня ВАК, 13 тезисов докладов в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций. Получено 3 патента на изобретение.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Мадиярова (Габдрахманова), Г.М. Порошковые олигомерные связующие и получение теплостойких углепластиков на их основе / Г.М. Мадиярова (Габдрахманова), Л.М. Амирова, О.Л. Хамидуллин, И.С. Антипин, Р.Р. Амиров // Бутлеровские сообщения – 2024. – Т. 79. № 7. С. 52-60 (K2) DOI:10.37952/ROI-jbc-01/24-79-7-52.

2. Khamidullin, O.L. Conductive Powder Binders for Production of Carbon Composites / O.L. Khamidullin, G.M. Gabdrakhmanova, D.A. Bubnov, K.A. Andrianova, L.M. Amirova // Russian Aeronautics. – 2024. – Vol. 67. – № 3. – P. 709-717 (Scopus, Q4) DOI:10.3103/S1068799824030279.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: д.х.н., доцента **Бурдуковского В.Ф.**, заместителя директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Байкальского института природопользования СО РАН (г. Улан-Удэ); д.х.н., доцента, **Бузаевой М.В.**, заведующего кафедрой «Химия и технологии композиционных материалов» Энергетического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск); д.ф.-м.н., **Юдина В.Е.**, заведующего лабораторией «Механика полимеров и композиционных материалов» Филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» - Институт высокомолекулярных соединений (г. Санкт-Петербург); к.т.н., **Токарева Ю.В.**, доцента кафедры «Строительные материалы, механизация и геотехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (г. Ижевск); к.х.н., **Ароновича Д.А.**, старшего научного

сотрудника, ведущего научного сотрудника-консультанта АО «Научно-исследовательский институт химии и технологии полимеров имени академика В.А. Каргина с опытным заводом» (АО «НИИ полимеров») (г. Дзержинск); д.х.н., доцента, **Ольхова А.А.**, заведующего лабораторией «Диффузионных явлений в полимерных системах» ФИЦ ХФ им. Н.Н. Семенова РАН (г. Москва); к.т.н., **Комиссара О.Н.**, директора по научной работе АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина Государственного научного центра Российской Федерации (г. Обнинск), д.ф.-м.н., **Канунниковой О.М.**, профессора кафедры химии и химической технологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (г. Ижевск).

Все отзывы положительные. В качестве основных вопросов и замечаний по содержанию автореферата отмечено:

1. Было бы не лишним указать данные по долговечности композитов при циклических нагрузках. 2. Сравнение полученных результатов с известными аналогами могло бы значительно усилить работу, тем самым расширив обзор литературы. (Бурдуковский В.Ф.)

1. В разделе 1 следовало привести основное содержание работы по главам, а не переходить сразу на основные результаты и их обсуждение. 2. В автореферате не указано, каким методом была определена объемная проводимость наполнителя – графита ГЛ-1, представленная в таблице 4. (Бузаева М.В.)

1. Для механических испытаний (Табл.2) углепластиков на растяжение и сжатие использовали образцы, полученные методом прямого прессования (гидравлический пресс) препрегов при температуре, почему? Хотя было бы весьма познавательным узнать свойства углепластика, полученного именно разработанным в работе методом консолидации с использованием вакуумного мешка. 2. Для углепластиков, особенно на основе термореактивных (химически сшитых) связующих, весьма критичным для использования в авиакосмической технике является не только показатель

прочности и модуля упругости углепластика) а также показатель вязкости межслоевого разрушения (или критической скорости высвобождения энергии деформирования) G_{1c} , который характеризует трещиностойкость связующего. Было бы весьма желательным высказать какие-либо соображения диссертантом по этому поводу, тем более что обычно введение в такие связующие наполнителя в виде углеродных частиц приводит к дополнительному «охрупчиванию» полимерной матрицы. 3. В тексте автореферата прочность композита и его электрическая проводимость обозначается одной и той же греческой буквой σ , что усложняет чтение. Кроме того, плотность полимера (формула 1) и некий параметр в Таблице 1 (последний столбец) обозначается также одной и той же греческой буквой ρ . (Юдин В.Е.)

1. Одна из целей исследования и положений выносимых на защиту – разработка технологии получения углекомпозитов на основе модифицированных эпоксидных связующих. Следовало выделить технологию изготовления в отдельную главу, например, «Технология производства» с описанием технологической схемы производства. 2. При подведении итогов в разделе «Заключение» (стр. 15) необходимо указывать конкретные значения (цифры). Это позволяет получать более полное представление о полученных результатах исследования. 3. В работе выполнен значительный объем количественных исследований. Каким образом выполнялась статистическая обработка результатов с целью повышения надежности и достоверности опытных данных? (Токарев Ю.В.)

1. В автореферате отсутствует раздел анализа литературных данных по изучаемой проблеме. 2. В разделе 1 не приведены данные о влиянии содержания бензоксазина на угол смачивания, а также отсутствуют обсуждения о механизме установленного влияния электрического поля на смачиваемость. 3. На рисунке 13 не указано, для какого соотношения компонентов связующего проведено изучение конверсии и температурного режима. 4. Сравнение данных по температуре стеклования полимера при оптимальном соотношении 50:50, приведенные в таблице 1 и 3, имеют

разночтение. (Аронович Д.А.)

1. В выводе 5 следовало бы указать числовое значение оптимальной концентрации токопроводящего наполнителя, обеспечивающего возникновение порога перколяции и, соответственно, увеличение электропроводности композита. (Ольхов А.А.)

1. В работе не показана схема укладки листов углеродной ткани в технологический пакет. (Комиссар О.Н.)

1. В тексте приводятся преимущественно положительные результаты: высокая теплостойкость, прочность электропроводность, воздухопроницаемость препрегов, отсутствие пористости, возможность переработки без автоклава. При этом не указаны возможные ограничения применения разработанных связующих в реальных производственных условиях. 2. При наличии практического внедрения было бы целесообразно кратко оценить эффективность технологии по сравнению с традиционными методами (например, автоклавной переработкой). 3. В работе отсутствует сравнение предложенных композитов с коммерческими аналогами (например, терморезистивными матрицами типа HexFlow, CYCOM, Toray и др.), хотя это помогло бы наглядно продемонстрировать преимущества новых материалов. (Канунникова О.М.)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, компетенцией в вопросах, имеющих отношение к теме работы, а также способностью профессиональной оценки научно-практической значимости диссертационного исследования.

Ведущая организация является одним из ведущих исследовательских центров в области химии и физики полимеров, известна своими достижениями в области новых полимерных материалов, термостойких термопластов, высокопрочных полимерных композиционных материалов, синтетических полимерных материалов с комплексом электрических, магнитных, оптических, акустических и других физических свойств.

Исследования в данной области отражены в публикациях ученых ведущей организации (Кузнецова А.А., Шевченко В.Г., Седуша Н.Г. и др.) в российских и международных изданиях (Polymers, High Performance Polymers, Polymer Science Series C, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Thermochemica Acta, Российский химический журнал, European Polymer Journal, International journal of molecular sciences, Materials, Russian Chemical Bulletin, Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, Russian Aeronautics, Polymer Science Series D, Вестник Российской академии наук). Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что наиболее существенные результаты, полученные лично соискателем, и их научная новизна заключаются в следующем:

предложен метод направленного регулирования реологических характеристик связующих в диапазоне 75-350 Па·с с помощью контролируемого частичного отверждения или наполнителя на этапе получения консолидированных пластин;

установлено, что воздействие электрического заряда при напылении на углеродную ткань приводит к уменьшению угла смачивания, что свидетельствует о повышении ее смачиваемости. Улучшенная смачиваемость, в свою очередь, облегчает проникновение связующего в межволоконное пространство, обеспечивая создание препрегов с хорошей проницаемостью в трансверсальном направлении и, как следствие, качественных консолидированных пластин.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

выявлены основные закономерности получения углекомпозитных материалов с использованием эпоксидно-циан-бензоксазиновых порошковых связующих, наносимых электростатическим напылением, позволяющие получать консолидированные пластины из твердых препрегов с воздухопроницаемой структурой. Благодаря неограниченному времени хранения препрегов и получению консолидированных пластин на их основе

под вакуумным мешком, технология отличается простотой, эффективностью и легкостью автоматизации, обеспечивается производство бездефектных изделий методом компрессионного формования;

изучено влияние содержания токопроводящего наполнителя на электропроводящие и реологические свойства эпоксидного связующего и получаемого из нее углепластика. Определены параметры перколяции для системы, состоящей из эпоксидного связующего и графита.

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

разработан состав порошкового связующего, основой которого является бензоксазиновая композиция и порошковое циановое связующее с повышенными технологическими свойствами и способ получения углеродного композиционного материала, обладающего высокими физико-механическими свойствами и теплостойкостью;

показано, что препрег, изготовленный методом напыления порошкового связующего, обладает пористой структурой, поскольку связующее концентрируется на волокнах, обеспечивая хорошую проницаемость слоев ткани для воздуха, что важно для эффективного удаления воздуха при внеавтоклавной консолидации.

предложен состав порошкового связующего для углекомполитов, оптимизированный по концентрации токопроводящего наполнителя для достижения порога перколяции и повышения трансверсальной электропроводности. Разработка основана на исследовании корреляции между объемной долей наполнителя и технологическими, электрическими и механическими характеристиками. Предложен способ получения препрега и армированного углекомполита с использованием данного связующего.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что работа выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, результаты основаны на экспериментальных данных, полученных с использованием современного оборудования и аналитических методов исследования.

Теория построена на известных фактах и базируется на установленных закономерностях по тематике исследования, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по направлению диссертационной работы.

Идея базируется на анализе литературных данных, связанных с порошковой технологией получения композиционных материалов, использованием бензоксазина и цианового эфира, а также электропроводящего наполнителя.

Использованы современные методы анализа, такие как ИК-спектроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, оптическая микроскопия, динамический механический анализ, диэлектрический анализ, термомеханический анализ, реология, измерение угла смачивания.

Выводы обоснованы и достоверны; полученные результаты являются воспроизводимыми, согласуются между собой и не противоречат литературным данным.

Личный вклад соискателя заключается в проведении экспериментов, обработке и интерпретации полученных результатов, формулировке научных выводов, подготовке результатов исследований к публикациям и обсуждении результатов исследований на международных и всероссийских конференциях.

Соискатель аргументированно ответил на прозвучавшие в ходе заседания замечания и вопросы, привел собственную аргументацию. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в профильных научно-исследовательских институтах, занимающихся разработкой полимерных композиционных материалов, например, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Федеральное

государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Ярославский государственный технический университет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Новосибирский государственный технический университет, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» и др., а также на промышленных предприятиях, выпускающих полимерные композиционные материалы (АО «Препрег-СКМ», ЗАО «Институт новых углеродных материалов и технологий» и др.).

По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, а именно по п.п. 2, 3.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Габдрахмановой Гульназ Мазгаровны соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России (постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. в

действующей редакции), является научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-практическая задача – разработаны составы полимерных порошковых связующих, которые позволяют получать твердые препреги с долгим сроком хранения, а также способ получения углеродных композитов на их основе с заданными характеристиками и низкой пористостью, используя метод термоформования.

На заседании 4.06.2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Габдрахмановой Гульназ Мазгаровне ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов за решение задачи по разработке составов полимерных порошковых связующих и технологии получения твердых препрегов с длительным сроком хранения на их основе и углекомпозитов с заданными характеристиками и минимальной пористостью, используя метод термоформования.

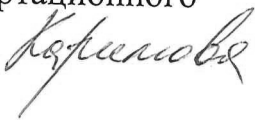
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человека, из них 6 докторов наук по специальности, рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовал: «за» – 23, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного
совета 24.2.312.09



Вольфсон Светослав Исаакович

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.312.09



Каримова Лиана Катифьяновна

4 июня 2025 г.