

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 24 апреля 2024 г. №12

О присуждении Обверткину Ивану Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модификация эпоксидных смол углеродными наночастицами для увеличения формостабильности изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов» по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов принята к защите 25.12.2023 (протокол заседания № 40) диссертационным советом 24.2.312.09, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования (ФГБОУ ВО) «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 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 Обверткин Иван Владимирович, 28 октября 1988 года рождения, в 2011 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» по специальности Химия (квалификация специалист). В 2017 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» по специальности «Ракетные комплексы и космонавтика» (квалификация магистр).

Работает научным сотрудником в ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена в лаборатории «Интеллектуальные материалы и структуры» ФГАОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент, Власов Антон Юрьевич, ФГАОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», проректор по исследованиям и разработкам.

Официальные оппоненты:

Кондрашов Станислав Владимирович, доктор технических наук, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», региональный учебно-научный центр «Безопасность», лаборатория «Технология маскирующих материалов», ведущий научный сотрудник.

Хамидуллин Оскар Ленарович, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ»; кафедра «Производство летательных аппаратов», доцент; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Тихоновым Николаем Николаевичем, кандидатом химических наук, профессором кафедры «Технология переработки пластмасс», указала, что диссертация Обверткина И.В. «Модификация эпоксидных смол углеродными наночастицами для увеличения формостабильности изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов» является самостоятельно выполненной, законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения по разработке методов увеличения формостабильности изделий из полимерных композиционных материалов, что вносит вклад в развитие отрасли композиционных материалов, соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор диссертационной работы – Обверткин Иван Владимирович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности

## 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Соискатель имеет 13 научных публикаций по теме диссертационной работы общим объемом 3 печ.л. (личный вклад автора 75%), в том числе 5 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, рекомендуемых для размещения материалов диссертаций, из них 3 статьи, входящие в реферативную базу Scopus (Q3), 1 патент Российской Федерации, 7 тезисов докладов в материалах Международных конференций.

В работах соискателя приведена информация о результатах комплексных исследований влияния направленной модификации полимерной матрицы на формостабильность изделий из полимерных композиционных материалов с учетом дезориентации армирующих волокон. В работах описаны также результаты исследования влияния направленной модификации на кинетику отверждения эпоксидной матрицы и результаты исследования влияния модификации углеродными нанотрубками на реологические и термомеханические свойства полимерной матрицы.

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.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Обверткин И.В., Пасечник К.А., Воронина С.Ю. Влияние углеродных нанотрубок на вязкоупругие свойства полимерных композиционных материалов. Бутлеровские сообщения. 2023 Т.75. №8. С.18-25. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/23-75-8-18. (K2)

2. Обверткин, И. В. Моделирование кинетики отверждения эпоксидной матрицы волокнистого композиционного материала методами многокритериальной оптимизации / И. В. Обверткин, К. А. Пасечник, С. Ю. Воронина // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022. № 6(402). С. 221-227. DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_6\_221. – EDN НКИРАИ. (K3) (Scopus)

3. Pasechnik, K. A., Obvertkin I.V., Vlasov A.Y. Numerical and experimental study on CFRP structure optimization for coefficient of thermal expansion // PNRPU

На диссертационную работу поступили отзывы от: к.ф-м.н. Родионовой В.В., директора Научно-образовательного центра «Умные материалы и биомедицинские приложения» и PhD in Physics Ершова П.А., научного сотрудника Научно-образовательного центра «Умные материалы и биомедицинские приложения», ФГБОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта» (г.Калининград); к.х.н., доцента Шалгунова С.И., директора ВНИИ стеклопластиков и стекловолокна АО «НПО Стеклопластик» (г.Калининград); к.т.н Пирогова Д.А., доцента кафедры мехатроники и радиоэлектроники ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» и к.т.н. Мирошниченко Д.А., старшего научного сотрудника научно-образовательного центра «Центр компетенций текстильной и легкой промышленности», Инжинирингового центра текстильной и легкой промышленности, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» (г.Иваново); д.х.н. профессора Беева А.А., старшего научного сотрудника центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий ФГБОУ ВО «Кабардино–Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» (г.Нальчик); д.х.н. профессора Баннова А.Г., профессора кафедры «Химии и химической технологии», старшего научного сотрудника, зав. лабораторией «Химическая технология функциональных материалов», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет» (г.Новосибирск); к.х.н. Дружининой Ю.А., доцента кафедры «Технология органического и нефтехимического синтеза» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (г.Самара); кандидата технических наук Пыхтина А.А., доцента кафедры «Химии и технологии переработки пластмасс и полимерных композитов» ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова)» (г. Москва); д.т.н. Кармановой О.В., заведующего кафедрой «Технология органических соединений и переработки полимеров» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (г.Воронеж).

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что результаты работы Обверткина И.В. представляют особый интерес в аэрокосмической области, в частности для создания изделий из полимерных композиционных материалов. Практическую значимость имеют представленные в автореферате результаты по



снижению коробления изделий из композиционных материалов, которые затрагивают особенности получения, свойства образцов, а также включают теоретические модели кинетики отверждения эпоксидного связующего, позволяющие снизить величину ошибки при моделировании процесса отверждения, что имеет высокую практическую значимость для развития современных подходов прогнозирования свойств полимерных композиционных изделий и создания их «цифровых двойников».

В качестве основных вопросов замечаний по содержанию автореферата отмечено:

1. Неполное изучение структурных свойств полимерной матрицы после модификации. К такому рода анализу стоит отнести совмещение методов ИК спектроскопии и дифференциальной сканирующей калориметрии с целью выяснения изменения температуры стеклования и молекулярной структуры полимерного связующего. Также не хватает анализа его базовых химических характеристик – химическая формула, молекулярная масса, полидисперсность. Ввиду направленности работы на использование разрабатываемого композита в качестве материала параболической антенны, в работе не хватает механических испытаний, таких как получение деформационных кривых на растяжение и сжатие, определение модуля Юнга, пределов упругости и прочности в предполагаемом температурном диапазоне работы изделия. (Родионова В.В., Ершов П.А.)

2. Ссылаясь на работы Dano и Nuerg, где деформация плоского образца рассматривается как формы потери устойчивости плоской пластины, зависящие от геометрии вырезки образца, состава и точности исполнения его многослойной структуры, автор использует вполне логичное описание формы деформации управлением 63. Но выбранный критерий на основании этих рассуждений критерий – СКО поверхности образца, является в данном контексте не вполне обоснованным упрощением. К чести соискателя, он демонстрирует хорошее владение методами статического анализа полученных данных, которое компенсирует недостатки выбранного метода и сглаживает возникающие логические шероховатости. (Шалгунов С.И.)

3. В тексте автореферата не дается определение термину «Формостабильность». (Пирогов Д.А., Мирошниченко Д.А.)

4. 1) Из текста автореферата не совсем понятно какими показателями в работе характеризуется «формостабильность»: физико-механическими,

геометрическими, структурными? 2) В работе отмечается, что результаты распространяются и на изделия. Но изделия имеют конечную длину, а теория CLT рассматривает композитные структуры (ламинаты) бесконечных размеров, поэтому полученные деформации и напряжения не соответствуют состоянию на краях ламинатов конечных размеров. Это подтверждается данными на рис.13. (Пирогов Д.А., Мирошниченко Д.А.)

5. 1) Из знакомства с авторефератом не ясно, каким образом была проведена функционализация УНТ. 2) Если использованный метод сканирующей электронной микроскопии снабжен функцией элементарного анализа, то его результаты, могли бы существенно дополнить и подтвердить данные, полученные ИК-спектроскопией. (Беев А.А.)

6. 1) На странице 6 фигурирует концентрация (содержание) углеродных нанотрубок в %, но не указано, в масс.% или об.%, что для добавок УНТ, которые обычно с низкой насыпной плотностью, очень важно. 2) В таблице 5 приведены значения механических характеристик без доверительного интервала, поэтому возникает ощущение, что некоторые показатели (модуль упругости вдоль волокон, коэффициент Пуассона) практически не изменяются при добавлении УНТ. 3) Словосочетание «углеродные наночастицы» указано в теме диссертации, но фактически в работе наночастицы (например, типа луковичного углерода, детонационного наноалмаза и т.п.) не использовались. Возможно, автор работы хотел показать, что фактическое армирование производится не индивидуальными нанотрубками, а их агрегатами, которые являются наночастицами. (Баннов А.Г.)

7. Следовало указать доверительный интервал к полученному значению энергии активации, позволяющей рассчитать коэффициент сдвига (стр. 13 автореферата). (Дружинина Ю.А.)

8. 1) В автореферате не указано, в каких процентах (массовых или объемных) приведено содержание компонентов в полимерных композиционных материалах. 2) В работе не представлены исследования кинетики роста агломератов из ОУНТ и МУНТ. 3) В автореферате не приведены производители, основные технологические и эксплуатационные характеристики и тип модификации (для МУНТ) углеродных нанотрубок. 4) На странице 6 (3ий абзац сверху) не указано на сколько в % происходит увеличение вязкости эпоксидианового олигомера при введении нативных и функционализированных углеродных нанотрубок. 5) Формулировка описания рисунка 2 (страница 6)

является некорректной, поскольку не отражает в полной мере смысл проведенного исследования. 6) На странице 10 (последний абзац) приведена информация о том, что наблюдается «незначительная» агломерация наночастиц, но в автореферате не приведены исследования кинетики агломерации частиц и нет понимания в сравнении с чем размер агломератов является «незначительным». Также в этом абзаце показано, что уровень агломерации низкий, хотелось бы увидеть размеры агломератов. Нет понимания о том, что означает «сильное взаимодействие» между УНТ и эпоксидной матрицей. 7) При оценке вытягивания нанотрубок на поверхность разрушения материала необходимо (по аналогии с армированием ПКМ коротким волокном) провести расчет критической длины волокна. 8) Было бы гораздо нагляднее, если бы в работе были представлены зависимости технологических и эксплуатационных характеристик полимерных композиционных материалов, от диаметра агломератов из частиц наполнителя. 9) В тексте автореферата не приведена технология введения и распределения УНТ в эпоксидной матрице. (Пыхтин А.А.)

9. Необходимо пояснить наличие экстремума на зависимости изменения СКО (рис. 12) в диапазоне концентраций 0,2-0,3% в отличие от других статистических показателей, тем более что автор делает заключение о нецелесообразности использовать концентрации модификатора выше 1%. Достаточно ли представительная выборка? (Карманова О.В.)

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 известна своими достижениями в области переработки пластмасс, модификации полимерных материалов, а также многих других областях, относящиеся том числе к синтезу и переработке высокомолекулярных соединений. Исследования в данных областях отражены в публикациях ученых организации (Сиротин И.С., Горбунова И.Ю., Кербер М.Л., Солдатов М.А.) в российских и международных изданиях: Высокомолекулярные соединения, Polymers, Химическая технология сегодня, Клеи. Герметики. Технологии, Пластические массы, Thermochimica Acta, Polymer Science. Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

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

- разработана методика оценки влияния направленной модификации полимерной матрицы на формостабильность изделий из ПКМ, заключающаяся в возможности оценки увеличения точности геометрических параметров образцов нанокomпозиционного материала, снижение эксплуатационных свойств которого вызвано дезориентацией армирующих волокон. Использование данной методики позволяет оценить эффективность модификации непосредственно на целевой показатель и определить наиболее эффективные концентрации модификатора;

- установлено, что модификация полимерной матрицы углеродными нанотрубками увеличивает формостабильность изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов в условиях дезориентации армирующих волокон для схем армирования с теоретически нулевым короблением;

- разработана методика определения параметров модели кинетики отверждения эпоксидного связующего, позволяющая снизить величину ошибки при моделировании процесса отверждения в диапазоне температур более чем в 3 раза относительно методик, для поиска параметров которых методы оптимизации не применялись.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что разработана методика оценки влияния изменения свойств полимерной матрицы на геометрический характеристик композиционного материала в условиях дезориентации армирующих волокон. Приведена количественная оценка влияния модификации углеродными нанотрубками эпоксидного связующего на форму образца композиционного материала для схем армирования с нулевым короблением.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что разработанные способы снижения коробления изделий из композиционных материалов использованы при реализации комплексного проекта в рамках 218 постановления правительства РФ «Организация импортозамещающего производства крупногабаритных трансформируемых рефлекторов наземных и космических антенн из интеллектуальных полимерных композиционных материалов на основе безавтоклавных технологий» (Соглашение о предоставлении и использовании субсидии № 02. G25.31.0147). Практические результаты, приведенные в



диссертации, использованы для доработки технологической документации на процесс изделий из полимерных композиционных материалов в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».

**Оценка достоверности результатов исследований выявила**, что сформулированные в диссертации выводы подтверждаются квалифицированным использованием современных методов: инфракрасная спектроскопия, просвечивающая электронная и сканирующая микроскопия, реологические исследования проведенные при помощи ротационного реометра, дифференциально-сканирующая калориметрия, термогравиметрия, термомеханический анализ, динамический механический анализ. Результаты экспериментов получены при многократном повторениях, и согласуются со значениями, полученными расчетным способом.

**Личный вклад соискателя** заключается в выборе направления научных исследований, постановке задач и разработке методов их решения, проведением экспериментальных и теоретических исследований наноструктурированных полимерных композиционных материалов, обобщении полученных закономерностей и формулировке основных положений диссертационной работы.

В ходе защиты диссертации был высказан ряд критических замечаний, в частности: в работе не приведены, базовые характеристики полимерной матрицы такие как, химическая формула, молекулярная масса, полидисперсность, что затрудняет оценку сравнительных показателей свойств полимерных материалов.

Соискатель аргументировано ответил на прозвучавшие в ходе заседания замечания и вопросы. С рядом высказанных замечаний соискатель согласился.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в профильных научно-исследовательских институтах, занимающихся изучением полимерных композиционных материалов, например, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», ФГБОУ ВО «Самарский государственный технологический университет», а так же на промышленных предприятиях, выпускающих изделия из полимерных композиционных материалов, например, ОАО «Институт пластмасс», ПАО «КАМАЗ», Уральский автомобильный завод, Серпуховский автомобильный завод и др.

Выполненная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, а именно п.п. 2, 4, 6 направления исследования.

Диссертационным советом сделан вывод, что диссертация Обверткина И.В. соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки России (постановление Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г. в действующей редакции), является научно-квалификационной работой, в которой решена важная научно-практическая задача по разработке методов увеличения формостабильности изделий из полимерных композиционных материалов.

На заседании 24.04.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Обверткину Ивану Владимировичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов за решение задачи разработки технологических основ создания формостабильных конструкций из полимерных композиционных материалов устойчивых технологической вариативности структуры.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 4 доктора наук по специальности, рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: «за» - 15, «против» - 0, недействительных бюллетеней – 3.

Председатель диссертационного  
совета 24.2.312.09



Вольфсон Светослав Исаакович

Ученый секретарь диссертационного  
совета 24.2.312.09



Черезова Елена Николаевна



24.04.2024