

Заключение диссертационного совета 31.1.002.01, созданного на базе федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ), Российская Федерация, по диссертации на соискание ученой степени доктора наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «22» декабря 2025 г. № 28

О присуждении Вешкину Евгению Алексеевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора технических наук.

Диссертация «Научно-технологические основы разработки высокоэффективных процессов изготовления полуфабрикатов и конструкций из полимерных композиционных материалов нового поколения» по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов принята к защите 19 сентября 2025 года (протокол заседания № 17) диссертационным советом 31.1.002.01, созданным на базе федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Российская Федерация, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17, приказ Минобрнауки России от 24.10.2022 г. № 1363/нк «О выдаче разрешения на создание совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на базе федерального государственного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Соискатель Вешкин Евгений Алексеевич, 10 мая 1984 года рождения, в 2006 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский

государственный технический университет» с присуждением квалификации «инженер» по специальности «Самолето- и вертолетостроение».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Технологии безавтоклавного формования низкопористых полимерных композиционных материалов и крупногабаритных конструкций из них» по научной специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов защитил в 2016 году в диссертационном совете, созданном на базе федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» (приказ Минобрнауки № 1414/нк-23 от 02 ноября 2016 года).

Вешкин Евгений Алексеевич работает начальником филиала «Ульяновского научно-технологического центра Всероссийского исследовательского института материалов» - Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (УНТЦ ВИАМ - НИЦ «Курчатовский институт»).

Диссертация выполнена в научно-исследовательском отделении «Полимерные композиционные материалы и технологии их переработки» федерального унитарного предприятия «Всероссийский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Научный консультант – доктор технических наук, доцент Славин Андрей Вячеславович, начальник научно-исследовательских отделений «Функциональные материалы и технологии синтеза» и «Полимерные композиционные материалы и технологии их переработки» федерального унитарного предприятия «Всероссийский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

– Милейко Сергей Тихонович, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Института физики твёрдого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук;

–Трофимов Александр Николаевич, доктор технических наук, генеральный директор Акционерного общества «Научно-производственное объединение Стеклопластик им. Н.Н. Трофимова»;

– Воротынцев Илья Владимирович, доктор технических, профессор, профессор кафедры «Физической химии» федерального государственного бюджетного высшего учебного заведения Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» в своём положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой производства летательных аппаратов, доцентом, кандидатом технических наук, Батраковым Владимир Владимировичем, профессором кафедры производства летательных аппаратов, доктором химических наук, профессором Амировой Лилией Миниахмедовной и утверждённом врио проректора по научной деятельности и цифровизации, доктором технических наук, доцентом Бабушкиным Виталием Михайловичем, указала, что диссертационная работа Вешкина Евгения Алексеевича на тему «Научно-технологические основы разработки высокоэффективных процессов изготовления полуфабрикатов и конструкций из полимерных композиционных материалов нового поколения», представленная на соискание учёной степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, имеющей актуальность, научную новизну, практическую ценность, вносит существенный вклад в науку о полимерных композиционных материалах и технологиях их переработки и в полной мере удовлетворяет требованиям и критериям, установленным пунктами 9-12, 14 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением

Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013, отвечает требованиям ВАК, предъявленным к докторским диссертациям, а её автор Вешкин Е.А. заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Соискатель имеет 92 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 66 работ, из них 37 - в журналах, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, и 29 - в журналах, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science. Вешкин Е.А. является соавтором 7 патентов Российской Федерации.

В опубликованных работах содержатся основные научные и практические результаты, изложенные в диссертационной работе соискателя. Работы выполнены как в соавторстве, так и самостоятельно, личный вклад соискателя в непосредственном участии во внедрении разработанных технологий при освоении их производства. Интерпретации полученных результатов, формулировке выводов, написании публикаций.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. Е.А. Вешкин, Абрамов П.А., Постнов В.И. Особенности подготовки полимерного связующего для снижения пористости стеклопластиков, получаемых методами вакуумного формования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 4 (2). С. 462–468.

2. Е.А. Вешкин [и др.] Разработка и производство конструкционных органопластиков для авиационной техники // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4 (2). С. 411–416.

3. Е.А. Вешкин [и др.] Свойства конструкционных углепластиков изготовленных пропиткой под вакуумом // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 4 (2). С. 762–766.

4. Е.А. Вешкин [и др.] Опыт применения технологического контроля полуфабрикатов из полимерных композиционных материалов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 6 (2). С. 393–398.

5. Вешкин Е.А. [и др.] Влияние механической обработки образцов при порезке на испытания композитов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19. № 4 (2). С. 214–219.

6. Е.А. Вешкин [и др.] Исследование свойств эпоксидных композиций, модифицированных полиарилсульфоном, и полимерных композиционных материалов на их основе // Труды ВИАМ. 2023. № 12 (130). Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-12-53-62.

7. Е.А. Вешкин [и др.] Оценка влияния длительности и условий хранения на свойства препрега и ПКМ на его основе // Труды ВИАМ. 2017. № 8 (56). Ст. 10. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-8-10-10.

8. Е.А. Вешкин [и др.] Исследование поверхностного натяжения и смачивающей способности термореактивных растворных связующих с помощью процессорного тензиометра // Авиационные материалы и технологии. 2025. № 1 (78). Ст. 05. URL: <http://www.journal.viam.ru>. DOI: 10.18577/2713-0193-2025-0-1-49-58.

9. Е.А. Вешкин [и др.] Моделирование процесса отверждения полимерного связующего и изменения микротвердости в его объеме // Труды ВИАМ. 2021. № 4 (98). Ст. 07. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-4-92-99.

10. E.A. Veshkin [et al.] / Analysis of some characteristics of polymer concrete by nontraditional methods // Polymer Science. Series D. 2018. Vol. 11. No. 3. P. 242–246.

11. Veshkin E.A., Postnov V.I., Semenychev V.V. Evaluating the microhardness of samples based on binder vst-1210 cured under various conditions as a method of testing // Inorganic Materials: Applied Research. 2019. Vol. 10. No. 1. P. 127–130.

12. Veshkin E.A., Semenychev V.V., Postnov V.I., Krashennnikova E.V. Regularities of change in microhardness in the high section of fiberglass, scratch resistance by indenter, and formation of texture of sclerometric grooves //

В ходе выполнения диссертационной работы получен патенты на изобретение:

1. Каблов Е.Н., Чурсова Л.В., Бабин А.Н., Постнов В.И., Стрельников С.В., Панина Н.Н., Гуревич Я.М., Гребенева Т.А., Вешкин Е.А. / Эпоксидное связующее, препрег на его основе и изделие, выполненное из него // Патент RU 2585638 С1 от 27.05.2016. Заявка от 18.12.2014;

2. Каблов Е.Н., Коган Д.И., Твёрдая О.Н., Вешкин Е.А. / Способ изготовления деталей из полимерных композиционных материалов // Патент RU 2574269 С1 от 10.02.16. Заявка от 14.11.14;

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв ведущей организации подписан: заведующим кафедрой производства летательных аппаратов, доцентом, кандидатом технических наук Батраковым Владимир Владимировичем, профессором кафедры производства летательных аппаратов, доктором химических наук, профессором Амировой Лилией Миниахмедовной и утверждён врио проректором по научной деятельности и цифровизации, доктором технических наук, доцентом Бабушкиным Виталием Михайловичем. Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры производства летательных аппаратов федерального государственного бюджетного образовательного учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (протокол №3 от «20» октября 2025 г.), на котором присутствовало 23 научно-педагогических работника. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- отсутствует детализация моделей. Уточнить области применения и погрешности регрессионных моделей для свойств связующих и пленок.
- отсутствует сравнительный анализ. Добавить сравнительные данные, подтверждающие конкурентоспособность разработанных материалов и технологий с мировыми аналогами.

- для более детального изучения анизотропии полимерной матрицы и исключения влияния армирующих наполнителей на полученные значения микротвердости предлагается опробовать метод наноиндентирования с применением нанотвердомеров.

- долговечность и надёжность. В перспективных исследованиях целесообразно более глубоко изучить вопросы длительной прочности, усталости и старения, разработанных ПКМ в реальных эксплуатационных условиях.

- не представлена схема и методика измерения сигналов акустической эмиссии при нагружении консольного образца.

Перечисленные замечания не ставят под сомнение новизну, основные выводы и результаты работы, представленной на соискание учёной степени доктора технических наук.

2. Отзыв на диссертацию официального оппонента – Милейко Сергея Тихоновича, доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твёрдого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- рекомендуется в дальнейших публикациях более детально осветить методику интерпретации сигналов акустической эмиссии и их корреляции с микродефектами структуры ПКМ.

- целесообразно в заключениях к главам более чётко дифференцировать установленные закономерности для ПКМ с различными природой армирующего наполнителя (стекло, углерод, органопластик) и матрицы.

- не приведены сравнительные характеристики разработанных материалов с зарубежными аналогами.

- излишнее цитирование в подтверждение очевидных утверждений лишь затрудняет чтение. В то же время некоторые ссылки явно устарели.

Например, [10,12,13] считают A350XWB и Boeing Dreamliner "перспективным авиалайнером". В то же время оба этих самолёта эксплуатируются в коммерческих целях более 10 лет. Наш MS-21-й является, действительно, перспективным авиалайнером.

- некоторые иллюстрации (например, 1.2 с данными о прочности и жёсткости материалов) могут ввести в заблуждение неискущённого читателя.

Сделанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертации и общей высокой оценки работы, она соответствует научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

3. Отзыв на диссертацию официального оппонента - Трофимова Александра Николаевича, доктора технических наук, генерального директора Акционерного общества «Научно-производственное объединение Стеклопластик им. Н.Н. Трофимова». Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- автореферат оформлен с нарушениями требований ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». В автореферате отсутствует раздел «Научная новизна». В диссертации раздел «Научная новизна» сформулирован.

- при доказанной технологической эффективности по снижению энергозатрат на 50% в работе отсутствуют данные по экономическому эффекту от внедрения технологий в сравнении с традиционными, что могло бы усилить аргументацию их высокой эффективности и конкурентоспособности.

- в работе не рассмотрено влияние режимов формования ПКМ на их долговечность в условиях эксплуатации (усталость, старение, климатические воздействия).

- работа содержит значимо большой объем экспериментальных данных, при этом текст диссертации очень лаконичный, не содержит

подробного обсуждения результатов и сравнительного анализа разработанных материалов с отечественными и зарубежными аналогами.

– текст содержит опечатки, касающиеся орфографии, нумерации таблиц и подписи к рисункам. Список литературы оформлен не полностью в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11 -2011

Сделанные замечания не влияют на основные результаты работы и не снижают её общую высокую оценку, научную новизну и научно-практическую значимость.

4. Отзыв на диссертацию официального оппонента - Воротынцева Ильи Владимировича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Физической химии» федерального государственного бюджетного высшего учебного заведения Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

– термин «коэффициент объёмной анизотропии» характеризует отверждённый полимер по изменению величины микротвёрдости и не связан с параметрами прочности в указанных направлениях, в этой связи он некорректно использован в указанной интерпретации, т.к. только отражает неоднородность полимерной матрицы.

– в диссертации представлен обширный перечень разработанных материалов и технологий, но отсутствует их прямое сопоставление с лучшими зарубежными аналогами по ключевым показателям (удельные прочностные характеристики, стабильность свойств, экономический эффект). Такое сравнение усилило бы позиционирование работы как соответствующей мировому уровню или превосходящей его.

– раздел, посвящённый акустической эмиссии, выглядит несколько обособленно. Не в полной мере раскрыт потенциал этого метода для неразрушающего контроля и прогнозирования ресурса разработанных конструкций в составе реальных изделий.

– в работе указано, что при некоторой («критической температуре») параболическая зависимость микротвердости выравнивается. Было бы ценно дать более чёткое определение этой температуры и её связи с термодинамическими и кинетическими параметрами системы (температурой стеклования, максимальной температурой реакции).

– достаточно подробно исследовано влияние аппретирования углей и стекловолокна на их поверхностно-энергетические характеристики и смачиваемость в растворных связующих, но неясно, как оценивалась полнота удаления аппрета после выдержки материала в ацетоне.

– не приведены статистические данные по пределу прочности клеевого соединения при сдвиге после изменений в технологических режимах изготовления связующих с учётом составленной прогностической модели.

– в диссертационной работе единицы измерения термодинамической температуры при проведении теплофизических испытаний указаны в градусах Цельсия, хотя согласно формулировки Международного бюро мер и весов в «брошюре СИ» в качестве основной единицы измерений термодинамической температуры принят кельвин (К).

– Выдвинутые замечания не умаляют общей ценности диссертационной работы, носят в основном рекомендательный характер и определяют направления дальнейших исследований.

Отзывы на диссертацию и автореферат:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», подписан заведующим кафедрой СМ-13 «Ракетно-космические композитные конструкции», доктором технических наук, профессором Резником Сергеем Васильевичем и доцентом кафедры СМ-13 «Ракетно-космические композитные структуры, кандидатом технических наук Хазиевым Алексеем Равкатовичем.

Имеются замечания:

- трудно согласиться с формулировкой цели работы (стр. 4). Во-первых, формулировка цели не должна совпадать, пусть и частично, с названием работы. Во-вторых, разработка научно-технологических основ или чего-либо ещё не может являться самоцелью. Цель должна отражать положительный эффект от полученных результатов работы. Из анализа содержания автореферата можно предположить, что научно-технологические основы разрабатывались с целью повышения производительности изготовления и функциональных качеств композитных конструкций, повышения физико-механических характеристик ПКМ и снижения производственных затрат.

- в автореферате не приведена научная новизна работы.

- не очень понятно, чем обоснованы критерии выбора технологии изготовления конструкций из ПКМ, представленные в таблице 1 (стр.10). Исходя из данных в таблице можно сделать вывод, что для выбора материалов, технологии и параметров изготовления достаточно информации о габаритах изделия. Например, в соответствии с таблицей изделия с размерами до 1 м рекомендуется делать только из препрегов.

- неудачно и некорректно выбран термин «коэффициент объёмно анизотропии» (стр. 21). Анизотропия - это различие свойств материал (среды) в разных направлениях. Из данных, представленных автореферате, никак не следует, что предложенный автором параметр каким-либо образом связан с различием свойств материала в зависимости от направления и позволяет оценить степень анизотропии, т.е. выраженность каких-либо свойств в том или ином направлении... Указанный параметр даёт оценку наибольшей разницы микротвёрдости связующего по толщине композита. Таким образом, предложенный коэффициент в действительности характеризует степень неоднородности (а не анизотропии!) микротвёрдости материала по толщине;

— имеются замечания по оформлению: рисунки в автореферате..низкого качества. На большинстве рисунков крайне затруднительно читать надписи - шрифт мелкий и размытый, в том числе это касается и основной схемы работы на рисунке 1 (стр. 8); в первом предложении на стр. 4 используется некорректное словосочетание «наиболее оптимальных». Слово «оптимальный» уже обозначает превосходную степень и в дополнительном усилении не нуждается; в предпоследнем предложении на стр. 14 после «Однако» запятая не требуется.

2. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва», подписан заведующим кафедрой химической технологии твёрдых ракетных топлив, нефтепродуктов и полимерных композиций доктором технических наук Ворончихиным Василием Дмитриевичем.

Имеются замечания:

— на стр. 9 автореферата диссертации упомянуты «сервисные и технологические характеристики ПКМ». Что понимается под сервисными характеристиками и какие именно характеристики были отнесены в данную категорию?

— к сожалению, в автореферате диссертационной работе не представлен экономический эффект, хотя бы прогнозный, от внедрения новых материалов и разработок.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», подписан заведующей кафедрой химии и технологии композиционных материалов, доктором технических наук, доцентом Бузаевой Марией Владимировной.

Имеются замечания:

На 12 странице автореферата рассмотрено введение дисперсных отвердителей в полимерное связующее. Не дано пояснение, в чем заключается стабилизация теплофизических характеристик связующего при введении наполнителей и каков механизм этого явления.

4. Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» имени Александра Гавриловича Ромашина», подписан заместителем директора научно-производственного комплекса «Полимер», кандидатом технических наук Корнейчуком Алексеем Николаевичем и директором по научной работе, кандидатом технических наук Комиссаром Олегом Николаевичем.

Имеются замечания:

- на рисунке 4 приведен график изменения вязкости при изотермической выдержке, однако на подписи оси в графике и далее в тексте идет исследование изменения вязкости при нагреве;

- подписи к рисункам 5, 6, 7, 11 напечатаны не разборчиво, что затрудняет их анализ. данные замечания не снижают научную ценность диссертационной работы и не влияют на положительную оценку работы в целом.

5. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина» Государственный научный центр, подписан начальником лаборатории «Техническая керамика», доктором технических наук Михаилом Александровичем Марковым.

Имеется замечание:

- в автореферате формулировка научной новизны работы не вынесена в обособленный раздел;

- не раскрыт термин «ПКМ нового поколения» в частности, не указаны конкретные технические и технологические характеристики данных ПКМ.

– 6. Общество с ограниченной ответственностью «Плазма-ВСТ», подписан научным руководителем, доктором технических наук, профессором Абдуллиним Ильдаром Шаукатовичем. Замечаний нет.

7. Филиал публичного акционерного общества «Яковлев» в городе Ульяновск, подписан директором филиала Евгений Газизовичем Ибрагимовым и начальником технологического отдела Рузалия Гимадиновна Ахмеджанова.

Имеется замечание: мало затронута тема по влиянию материаловедческих, конструкторских и технологических аспектов на остаточное напряженно деформированное состояние изделия.

8. Акционерное общество «Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», подписан заместителем директора гиперзвуковых технологий, кандидат технических наук Денисом Вячеславовичем Гращенковым.

Имеются замечания:

– не представлено сопоставление ключевых показателей научных исследований и их практической реализации в сравнении с лучшими зарубежными аналогами, что могло бы стать дополнительным подтверждением соответствия полученных в диссертационной работе результатов мировому уровню или продемонстрировать квоты превосходства отечественных разработок;

– не приведена формализованная постановка задач исследований - имеется только их содержательное описание, а также не в полной мере отражена научная новизна предложенных научно-технических решений для реализации перечисленных выше основных задач;

– в автореферате отсутствуют сведения о существующих расчетных моделях, а также не представлен сравнительный анализ разработанных математических методов с имитационной и/или технологической моделью и получаемый при этом эффект от использования цифровых (в том числе суперкомпьютерных) технологий;

– при доказанной технологической эффективности в работе отсутствуют количественные данные по экономическому эффекту от внедрения разработанных технологий в сравнении с традиционными способами производства изделий-аналогов, что могло бы усилить аргументацию высокой эффективности полученных результатов и их конкурентоспособности.

9. Акционерное общество «Ульяновский научно-исследовательский институт авиационных технологий и организации производства», подписан генеральным директором Владимиром Анатольевичем Марковцевым.

Имеются замечания:

– недостаточно обоснован выбор критериев для технологии изготовления конструкций из ПКМ (таблица 1) и плохо читаема, последнее замечание можно отнести и к текстам на представленных рисунках;

– в таблице 5, 6 на стр. 23 (глава 5) следует указать, на каком объёме выборки приведены значения характеристик;

– на стр. 24 (глава 5) указано «... установлено, что двукратное увеличение толщины стеклопластика и углепластика с равнопрочными наполнителями приводит у четырёх - пятикратному снижению стрелы прогиба», однако данных по исследованию стеклопластика не представлено. Пояснить на каком основании делается данный вывод.

10. Акционерное общество «АэроКомпозит» в городе Ульяновск, подписан, заместителем генерального директора, директором филиала АО «Аэрокомпозит» в городе Ульяновск Юрий Валентиновичем Солодковым и техническим директором «Аэрокомпозит» в городе Ульяновск Андрей Владимировичем Третьяковым.

Имеются замечания:

– не представлены исследование длительной прочности и старения ПКМ в эксплуатационных условиях;

– не представлено исследование влияния параметров изменения микротвердости и коэффициента объёмной анизотропии на коробление деталей при формовании.

11. Акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», подписан, доктором химических наук, главным научным сотрудником Далинкевичем Андреем Александровичем.

Имеются замечания:

– в главе 2 на стр. 8 приводятся стандарты для определения характеристик ПКМ и их компонентов. Однако на часть проводимых исследований, таких как дифференциальная сканирующая калориметрия, определение поверхностного натяжения, оценка работы адгезии наполнителя к связующему и др. стандарты не предоставлены. Возникает вопрос, на данные исследования разрабатывалась новая методика определения показателей или их оценка проводилась в соответствие с определенными стандартами?

– В подрисуночной подписи к рис. 16 на стр. 21 (глава 5) следует пояснить с какой интенсивностью и в течение какого времени производилось отверждение образцов связующего РО 4761 ультрафиолетовым облучением.

– В таблице 5, 6 на стр. 23 (глава 5) следует указать, на каком объёме выборки приведены значения характеристик.

– Недостаточно подробно в автореферате изложена теория научно-технологических основ разработки высокоэффективных процессов изготовления полуфабрикатов и конструкций из полимерных композиционных материалов нового поколения.

– Недостаточно подробно изложено, в чем заключается оригинальность многофакторных регрессионных моделей (как следует из текста, это обычные уравнения регрессии).

– Недостаточно четко в автореферате описана решаемая актуальная научная проблема.

– В разделе «выводы» не указан факт решения научной проблемы и достижения поставленной в работе цели.

12. Акционерное общество производственно-конструкторское объединение «Теплообменник», подписан первым заместителем главного конструктора АО ПКО «Теплообменник», начальником опытного конструкторского бюро, кандидатом технических наук Суворовым Александром Витальевичем.

Имеются замечания:

– В автореферате представлен очень большой объём практических результатов, что, безусловно, является плюсом. Однако для докторской диссертации хотелось бы видеть более развёрнутое теоретическое обобщение и философию разработанного подхода, его место в общей парадигме «цифровых двойников» и «материаловедения 4.0».

– При всей подробности описания технологий, в автореферате недостаточно отражён сравнительный анализ эффективности разработанных процессов и материалов с лучшими зарубежными аналогами, что важно для оценки достигнутого уровня.

– Можно рекомендовать автору в дальнейших работах более детально рассмотреть вопросы утилизации разработанных ПКМ нового поколения, что является требованием времени.

13. Акционерное общество «Улан-Удэнский авиационный завод» (АО «У-УАЗ»), отзыв подписан, заместителем генерального директора по научно-техническому развитию Соломиным Сергеем Владимировичем, главным металлургом Климашевским Сергеем Константиновичем.

Имеются замечания:

– Среди перечисленных на стр. 8 методов испытаний отсутствуют способы определения сопротивления отслаиванию, липкости препрегов;

– Для рис. 4 (стр. 10) рекомендуется отдельное представление (при наличии) данных по вязкости растворных и расплавных связующих;

– На стр. 13 рекомендуется привести расчётные зависимости толщины монослоя от физических характеристик компонентов и их процентного содержания;

– На рис. 8 и в тексте на стр. 13-14 не указаны диапазоны прикладываемого давления;

– В табл. 2 и в тексте на стр. 14-15 не описаны составы аппретов, технологии их удаления, обоснование выбора жидкостей для исследования характеристик смачиваемости, применимость указанных результатов к выбору технологии совмещения армирующего наполнителя со связующими различной химической природы, возможное влияние на кажущуюся вязкость связующего, показатели качества отверждённого ПКМ (толщина монослоя, пористость);

– В тексте на стр. 20-22 рекомендуется явно указать взаимосвязь различных знаков у КОА микротвёрдостей для указанных связующих с направлением термического эффекта реакции их отверждения, следующую из данных рис. 15-17;

– В тексте на стр. 25 не приводятся: критерий выбора режима дополнительной термообработки (необходимое превышение температуры стеклования), исходная и конечная степени конверсии материала, пористость отверждённого пластика, степень его влагонасыщения при кипячении. Результаты приведены для растворного связующего, но не расплавного;

– В описании этапов формования изделий из ПКМ, представленных на стр. 26-27, не упоминается вакуумирование и его влияние на конечные свойства изделий;

– На стр. 27 не уточняется вид процесса формования (автоклавно-вакуумное, прессовое и т.п.), под который разработана оснастка. Влияние шероховатости и покрытия поверхности оснастки на качество поверхности изделия рекомендуется представить в табличном виде;

– На стр. 28 не указаны характер разрушения клеевых соединений (адгезивный/когезивный), а также критерии оценки эффективности

подготовки поверхности обработкой ПАД по сравнению с традиционными методами, помимо прочности на отслаивание. Не уточнены методы исследования липкости препрегов;

– На стр. 28-29 рекомендуется привести оценку экономической эффективности прессового формования по сравнению с вакуумно-автоклавным (в частности, по стоимости оснастки и её работоспособности);

– В качестве незначительного замечания можно отметить наличие опечаток в формуле (1) и пояснительном тексте на стр. 13.

14. Филиал публичного акционерного общества «объединенная авиастроительная корпорация» - оперативно-тактическая авиация (Филиал ПАО «ОАК» - ОТА), подписан главным конструктором - начальником НИО-21 материалов и технологий, кандидатом технических наук, доцентом Андрей Анатольевичем Филатовым, заместителем начальника НИО-21 отд. ПКМ Борисом Борисовичем Морозовым, руководителем научно-технологического сектора, кандидатом технических наук Федором Андреевичем Насоновым.

Имеются замечания:

– Нечеткие надписи на рисунках 1, 7, 11, 13б;

– По тексту автореферата имеются некоторые терминологические неточности, затрудняющие понимание при изучении автореферата (например, в таблице 1 «препрег» назван способом совмещения (вид полуфабриката), целесообразней было сказать «препреговая технология», пропитка или жидкофазное совмещение; способ формования для инфузии «в помещении» лучше было указать, например, «вакуумное, при комнатной температуре»; испытания образцов связующего имеется ввиду отвержденное связующее?).

– В тексте автореферата имеются оформительские неточности, в предложениях присутствует дублирование слов, пунктуационные и орфографические ошибки, слова не согласованы по падежам либо части предложения не согласованы друг с другом. Например:

– с. 11 в последнем абзаце приводится аббревиатура ПСФФ-30 и ПССФ-30;

– с. 15- способом, обеспечивающей; марки связующего связующего;

-с. 17 выбранных параметров выбранных параметров;

-с. 19 учитывающее коэффициента проницаемости заготовки;

-с. 21 связующих, реакции в которых идет с выделением тепла.

– В тексте в некоторых предложениях пропущены слова, имеющие значение для понимания смысла, например:

-с. 24 образцов того углепластика не указана марка углепластика;

-с. 25-матрицы в разрезе микротвердости (необходимо пояснить);

-с. 26 в зависимости от их зоны проведения испытаний (необходимо пояснить);

– В описании 5 главы имеются стилистические неточности. Представляется целесообразным вместо описания расположения минимальных и максимальных значений микротвердости на графиках указать на характерные формы графиков для случаев экзотермических и эндотермических реакций отверждения. Также в заключительной части главы не упомянуто, что моделирование температурных полей в деталях должно учитывать не только индивидуальные особенности этих деталей, но также особенности используемой формообразующей оснастки;

– С. 28 оценка результатов испытаний небольшого количества поставленных партий не указано точное количество партий;

– Не указаны марки углетекстолита органотекстолита, потока использовавшиеся для изготовления лямбда-образного пылезащитного устройства двигателя вертолета, стекателя и разделителя авиационного двигателя, конструктивно-подобного образца капота мотогондолы силовой установки вертолетной техники (с. 5-6, с. 29);

– Целесообразным видится необходимость в тексте автореферата указать обозначения конкретных разработанных нормативных документов, в

том числе 14 технических условий, 3 технологических рекомендации, 36 технологических инструкций;

15. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный Университет промышленных технологий и дизайна», подписан профессором, доктором технических наук, Дубовым Владимиром Климентьевичем.

Имеются замечания:

- в четвертой главе на стр. 9 упомянут термин «сервисные характеристики ПКМ», данный термин требует дополнительных пояснений;

- на рис. 14 б) приведены значения степени конверсии в зависимости от толщины образца и температуры отверждения, однако непонятно по каким причинам выбраны именно эти температуры;

- на стр. 24 (глава 5) указано «установлено, что двукратное увеличение толщины стеклопластика и углепластика с равнопрочными наполнителями приводит к четырём пятикратному снижению стрелы прогиба», однако, данных по исследованию стеклопластика не представлено. Пояснить на каком основании делается данный вывод;

Все отзывы носят положительный характер. В отзывах отмечено, что диссертационная работа является завершённой, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой в области исследования свойств полимерных композиционных материалов и технологий их переработки. Работа соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявленным к диссертациям на соискание степени доктора наук, а её автор, Вешкин Евгений Алексеевич, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

– доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики твёрдого тела имени Ю.А. Осипяна Российской академии наук Милейко Сергей Тихонович является признанным специалистом в области создания композитов, автором более 200 научных трудов и патентов. Под руководством и при непосредственном участии Милейко С.Т. выполнен колоссальный объем научно-исследовательских работ, в том числе в рамках международных коопераций, направленных на создание новых композиционных материалов и исследования физико-механических процессов их разрушения;

– доктор технических наук, генеральный директор Акционерного общества «Научно-производственное объединение Стеклопластик им. Н.Н. Трофимова» Трофимов Александр Николаевич является признанным специалистом в области инновационных композиционных материалов, химии и технологии производства стекловолокна и стеклопластиков. Он автор более 200 научных публикаций и патентов. Под руководством Трофимова А.Н. разработаны технологии уникальных полимерных композиционных материалов, которые позволили решить ряд специальных задач оборонной техники, судостроения, авиационной и ракетно-космической техники.

– доктор технических наук, профессор, профессор кафедры физической химии федерального государственного бюджетного высшего учебного заведения Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева Воротынцев Илья Владимирович является признанным специалистом в области мембранно-каталитических систем для альтернативной водородной энергетики, разработкой новых полимерных «умных» материалов, гибридными процессами газоразделения и другими направлениями. Под его руководством оптимизирован газогидратный способ очистки природного газа, предложена технология получения ксенона из природного газа и повышения производительности аммиачных предприятий. Активно публикуется в ведущих мировых журналах, имеет более 200 публикаций.

— Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» (КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева) является одним из ведущих образовательных центров Российской Федерации по исследованиям и разработкам в области новых композиционных технологий и материалов для авиационной промышленности. Исследования в данной области отражены в публикациях и патентах ученых ведущей организации.

Список основных публикаций сотрудников ведущей организации за последние 5 лет:

1. Халиулин В.И., Галиев А.Г., Батраков В.В. / Патент на полезную модель RU 231165 U1, 14.01.2025. Заявка № 2024129968 от 04.10.2024.
2. Халиулин В.И., Демидович В.Н., Малышева А.А., Петров П.А. Патент на полезную модель RU 231179 U1, 14.01.2025. Заявка № 2024128481 от 26.09.2024.
3. Пузырецкий Е.А., Шабалин Л.П., Халиулин В.И., Батраков В.В., Савинов Д.В. Патент на полезную модель RU 229264 U1, 30.09.2024. Заявка № 2024101940 от 26.01.2024.
4. Федяев В.Л., Халиулин В.И., Сидоров И.Н., Катаев Ю.П. / Математическое моделирование вакуумирования ухого технологического пакет семипрегов // I Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2023. № 3. С. 150-158.
5. Федяев В.Л., Халиулин В.И., Сидоров И.Н., Гимадиев Р.Ш. / Особенности пропитки семипрегов в производстве авиационных конструкций // Вестник Московского авиационного института. 2023. Т. 30. № 3. С. 69-77.
6. Шабалин Л.П., Пузырецкий Е.А., Халиулин В.И., Батраков В.В. / Моделирование процессов 3D-печати композитной оснастки и трансферного формования сетчатых конструкций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2023. № 1. С. 159-172.

7. Федяев В.Л., Халиулин В.И., Сидоров И.Н., Катаев Ю.П. / Капиллярная пропитка пакета семипрегов при изготовлении композитных элементов летательных аппаратов // Вестник Московского авиационного института. 2023. Т. 30. № 4. С. 68-78.
8. Курылев Д.В., Печенкин М.В., Бабушкин В.М. / Методы и средства технологической подготовки производства // Казань, 2020.
9. Циренщиков А.В., Батраков В.В. / Исследование возможностей роботизированной механической обработки в композитном производстве // В сборнике: Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики (АНТЭ-2024). материалы IX Всероссийской научно-технической конференции. Казань, 2024. С. 157-158.
10. Усмонов Р.С., Батраков В.В., Яшин И.И., Сахбутдинова В.Р. / Способ трансферного формования деталей профильного типа // Патент на изобретение RU 2750803 С1, 02.07.2021. Заявка № 2020136334 от 05.11.2020
11. Халиуллин В.И., Батраков В.В., Никонов С.В. / Исследование возможностей программируемого армирования для создания преформ сетчатых конструкций // В книге: Международный конгресс по аэронавтике. Сборник тезисов. Москва, 2023. С. 341-344.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны научно-технологические основы создания технологий изготовления полуфабрикатов и конструкций из полимерных композиционных материалов нового поколения;

разработаны основные критерии и методы проектирования технологий переработки полимерных композиционных материалов в конструкцию, путём направленного регулирования прочностных и технологических свойств полимерных связующих, характеристик смачиваемости поверхности армирующих наполнителей, объёмно-массового соотношения полуфабрикатов, технологических параметров их совмещения, формообразования и регулирования параметров отверждения, тем самым

регулируя изменение микротвёрдости полимерной матрицы в полимерном композиционном материале;

предложены и научно обоснованы способы регулирования вязкости и смачивающей способности полимерных связующих за счет смешивания различных эпоксидных основ и термопластичных добавок для обеспечения совмещения с армирующими наполнителями различной природы. Предложены математические модели, характеризующие влияние свойств исходных компонентов на клеевой сдвиг отверждённой полимерного связующего и технологических параметров на объёмно-массовые свойства плёнок полимерных связующих изготавливаемых на коутере, для повышения стабильности их характеристик при серийном производстве. **предложен** впервые метод оценки отверженной полимерной матрицы методами микротвердометрии и склерометрии. Предложена методика подбора температурно-временных параметров режима отверждения ПКМ, для целенаправленного регулирования коэффициента объёмной анизотропии полимерной матрицы в ПКМ;

доказано наличие неоднородности свойств по микротвердости в объёме отверждённых связующих, причём изменение микротвердости по их толщине происходит по параболической зависимости с экстремальными значениями микротвердости в середине высотного сечения образцов. Установлена закономерность изменения микротвердости в объёме полимеров, от температурных режимов отверждения. Связующие на эпоксидной основе и полиэфирные смолы, отверждаемые по экзотермической реакции, имеют максимальные значения микротвердости в середине высотного сечения образцов. Связующие на основе фенолформальдегидных смол, отверждаемые по эндотермической реакции, в сердцевине высотного сечения образцов имеют минимальные значения микротвердости. Установлено, что с ростом толщины образцов растут и максимальные значения микротвердости. Доказано, что микротвердость матрицы во всех трех исследованных взаимно перпендикулярных плоскостях по толщине изученного стеклоуглепластика изменяется по параболической

зависимости с максимальными значениями микротвердости в середине высотного сечения образцов. Величины микротвердости матрицы в одноименных зонах разных плоскостей образцов имеют существенные различия, что возможно при наличии структурных неоднородностей в полимерной матрице;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны новые аспекты взаимосвязи «структура-свойства» для полимерных композиционных материалов, касающаяся влияния строения полимерной матрицы на изменение величины её микротвердости в ПКМ, связанное с воздействием градиента температурного поля при отверждении;

доказано для всех исследованных видов образцов, что амплитуда и частота сигналов акустической эмиссии возрастают с ростом микротвердости матрицы, а длительность прохождения акустического сигнала падает, полученные эмпирические кривые этих характеристик свидетельствуют о том, что изменение этих величин происходит по асимптотам;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** новый комплексный подход создания стекло-, угле- и органопластиков и разработки технологий их переработки в конструкцию учитывающий зависимость характеристик полимерных композиционных материалов от свойств полимерных матриц, армирующих наполнителей и технологических параметров переработки, что позволило обосновать совместимость полимерных связующих различных классов с армирующими наполнителями различной природы при их совмещении и отверждении различными способами.

изложен новый метод оценки различия микротвердости полимерной матрицы по толщине ПКМ расчёта коэффициента объемной анизотропии, показывающий неоднородность структуры полимерной матрицы по толщине образца;

раскрыты закономерности изменения реокинетических параметров процессов растворения полиарилсульфонов и эпоксидных олигомеров различных марок, с выявлением s-образного перехода, приходящегося на

максимум показателя кажущейся вязкости при полном растворении гранул термопластичной добавки, а также сформулированы критерии создания смесей для связующих с регулируемой вязкостью;

изучены факторы, оказывающие влияние на прочностные свойства отвержденных полимерных связующих и влияния параметров процессов изготовления на объёмно-массовые характеристики пленок расплавленного полимерного связующего. Изучены кинетические процессы изменение микротвёрдости полимерных связующих различной природы и полимерных матриц при отверждении угле- и стеклопластиков на различных изотермических выдержках. Изучены процессы смачивания поверхности волокон армирующих наполнителей тесовыми жидкостями и полимерными связующими, проведена оценка работы адгезии;

проведена модернизация средств производства препрегов и способа выбора температурно-временных и манометрических параметров процесса отверждения ПКМ, в зависимости от структуры конструкции.

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

разработаны и внедрены составы и технологии изготовления полимерных связующих, препрегов, семипрегов, а также конструкций из стеклопластиков, углепластиков и органопластиков. Отработаны технологии и освоено серийное производство в УНТЦ ВИАМ - НИЦ «Курчатовский институт»:

- полимерных расплавных связующих марок ВСК-14-1, ВСК-14-2, ВСК-14-2м, ВСК-14-4, ВСК-14-4м, ВСК-14-4к, ВСЭ-1212, ВСЭ-36;

- стабильных по толщине $\pm 0,5$ % (масс.) плёночных клеев марок ВК-36, ВК-36Р, ВК-36РТ;

- препрегов марок ВПС-53/Т-10, ВПС-53/Т-64(ВМП), ВКУ-25, ВКУ-29/ВТкУ-3, ВКУ-39/ВТкУ-2.200, ВПС-31/Т-25(ВМП), ВКУ-46/ВТкУ-2.280, ВКУ-30К.УМТ49, ВПС-68/Т-64, ВПС-68/РВМПН10-1200-14 на основе полимерных связующих и стеклянных, углеродных армирующих

наполнителей с разбросом содержания связующего в них ± 2 %. Для изготовления элементов конструкций самолетной и вертолетной техники;

- препрега и семипрега марок ВПС-55 и ВПС-59, а также технологий изготовления полимерных формообразующих оснасток для изготовления конструкций и ПКМ;

- листового органопластика марки Органит 11ТЛ, с совмещением под действием вакуума наполнителя ткани технической арт. 5381/1-89 и клеевой плёнки марки ВК-36РТ.140, обеспечивающая стабильность свойств и массово-габаритных характеристик в диапазоне ± 3 %, для изготовления лопастей несущего винта вертолетной техники;

- заготовок трубопроводов системы кондиционирования воздуха (СКВ) – гибких элементов и жёстких сложнопрофильных, замкнутых патрубков, обеспечивающих снижение массы СКВ самолёта не менее чем на 20 %. Для пассажирского самолета Ил-114-300;

- радиопрозрачного обтекателя переменного сечения с применением сотового заполнителя ССП-1-3,5 и препрегов марок КМКС-4.175.Т10.37, КМКС-4.175.Т10.55, обеспечивающая стабильные массово-габаритные характеристики;

- заготовок панелей пола для салонов самолётов Ил-114-300 и Ил-76МД-90А, обеспечивающих стабильность упруго-прочностных и массово-габаритных характеристик в диапазоне ± 5 %.

Разработана технология изготовления конструкций – монолитных и трёхслойных панелей интерьера, прессовым формованием («crush-core») из стеклопластика марок ВПС-42П, обеспечивающая сокращения энергозатрат на 50 %, использования вспомогательных материалов на 80 % и уменьшение цикла изготовления более чем в 10 раз. Разработаны технологии изготовления и соединения типового конструктивного элемента - монолитной и трёхслойной конструкции из ПКМ на основе связующего ВСЭ-1212, снижающие трудоёмкость изготовления на 10 %. Разработаны состав ПКМ, технология изготовления конструкции методом пропитки под действием вакуума из огнестойкого углетекстолита марки ВКУ-48

(обеспечивающего огнестойкость при 1100 °С не менее 15 мин), для изготовления капотов вертолётной техники, снижающая энергозатраты на 20 %. Разработана технология изготовления конструкции пылезащитного устройства из углетекстолита с антиэрозионным слоем из органотекстолита, обеспечивающая стабильность массово-габаритных характеристик в диапазоне $\pm 2 \%$ и стойкую антиэрозионную защиту. Разработана технология изготовления профилированного настила для изготовления автомобильного мостового перехода. Разработана безавтоклавная технология изготовления стекателя и разделителя потока. Все это позволило решить важнейшие задачи обеспечения суверенитета страны и импортозамещения материалов с набором уникальных упруго-прочностных и эксплуатационных свойств, что подтверждается значительным экономическим эффектом. Часть результатов диссертационной работы внедрена в учебный процесс кафедры «Автоматизация машиностроительных производств и производство изделий из композитных материалов» по дисциплинам «Конструктивные и функциональные полимерные и композиционные материалы» и «Технологии пластических масс» в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (УлГТУ);

определены перспективы практического применения разработанных составов полимерных связующих, модифицированных термопластичными добавками и полимерных композиционных материалов на их основе и разработаны практические рекомендации по их использованию с учетом конструктивно-технологических и эксплуатационных особенностей изделий.

создан комплекс практических рекомендаций по разработке всей технологической цепочки переработки полимерных композиционных материалов с единством «материал-технология-конструкция», обеспечивший создание стекло-, угле- и органопластиков с ценным набором упруго-прочностных и эксплуатационных свойств и их реализацию в конструкциях.

представлены рекомендации по дальнейшему совершенствованию составов и технологий переработки полимерных связующих,

полуфабрикатов и конструкций из полимерных композиционных материалов с использованием цифровых моделей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применялись преимущественно современные стандартизованные и взаимно дополняющие друг друга экспериментально аналитические методы и испытания, сертифицированные приборы и оборудование. Использовался комплексный анализ исходных данных, основанный на действующих нормативных документах. Достоверность подтверждается воспроизводимостью экспериментальных данных, полученных различными независимыми методами;

теория построена на известных, воспроизводимых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными результатами по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики, известных литературных и собственных экспериментальных данных, обобщении мирового опыта в области переработки стекло-, угле- и органопластиков и конструкций из них;

использовано сравнение результатов эксперимента, полученных с использованием авторских методов с результатами других авторов по исследуемой тематике;

установлено совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методы анализа, обработки информации и прогнозирования свойств полимерных композиций

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования: анализе и обобщении научно-технических по современному состоянию вопроса, отраженных в литературном обзоре; обосновании выбора объектов исследования; постановке цели и задач исследования, проведении научных экспериментов; обработке полученных экспериментальных данных; проведении расчётов; разработке научно-технологических основ создания технологических процессов изготовления полуфабрикатов и конструкций из ПКМ на их

основе, создании конструктивно-технологического подхода с целью выбора технологий переработки, а также в разработке подходов к выбору температурно-временных и манометрических параметров формования ПКМ и в непосредственном участии во внедрении разработанных технологий при освоении их производства; анализе и обсуждении полученных результатов на конференциях и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были заданы вопросы и высказаны ряд критических замечаний:

1. Не приведены сравнительные характеристики разработанных материалов с зарубежными аналогами.

2. Термин «коэффициент объёмной анизотропии» характеризует отверждённый полимер по изменению величины микротвёрдости и не связан с параметрами прочности в указанных направлениях, в этой связи он некорректно использован в указанной интерпретации, т.к. только отражает неоднородность полимерной матрицы.

3. В работе указано, что при некоторой («критической температуре» параболическая зависимость микротвёрдости выравнивается. Было бы ценно дать более чёткое определение этой температуры и её связи с термодинамическими и кинетическими параметрами системы (температурой стеклования, максимальной температурой реакции).

4. Трудно согласиться с формулировкой цели работы (стр. 4). Во-первых, формулировка цели не должна совпадать, пусть и частично, с названием работы. Во-вторых, разработка научно-технологических основ или чего-либо ещё не может являться самоцелью. Цель должна отражать положительный эффект от полученных результатов работы. Из анализа содержания автореферата можно предположить, что научно-технологические основы разрабатывались с целью повышения производительности изготовления и функциональных качеств композитных конструкций, повышения физико-механических характеристик ПКМ и снижения производственных затрат.

5. Не очень понятно, чем обоснованы критерии выбора технологии изготовления конструкций из ПКМ, представленные в таблице 1 (стр.10). Исходя из данных в таблице можно сделать вывод, что для выбора материалов, технологии и параметров изготовления достаточно информации о габаритах изделия. Например, в соответствии с таблицей изделия с размерами до 1 м рекомендуется делать только из препрегов,

6. Мало затронута тема по влиянию материаловедческих, конструкторских и технологических аспектов на остаточное напряженно деформированное состояние изделия.

7. Отсутствует детализация моделей. Уточнить области применения и погрешности регрессионных моделей для свойств связующих и пленок.

8. Долговечность и надёжность. В перспективных исследованиях целесообразно более глубоко изучить вопросы длительной прочности, усталости и старения разработанных ПКМ в реальных эксплуатационных условиях.

9. Достаточно подробно исследовано влияние аппретирования угле- и стекловолокна на их поверхностно-энергетические характеристики и смачиваемость в растворных связующих, но неясно, как оценивалась полнота удаления аппрета после выдержки материала в ацетоне.

10. При доказанной технологической эффективности по снижению энергозатрат на 50% в работе отсутствуют данные по экономическому эффекту от внедрения технологий в сравнении с традиционными, что могло бы усилить аргументацию их высокой эффективности и конкурентоспособности.

11. Изучалась ли комплексная оценка изменения свойств стеклопластика марки ВПС-58, разработанного для профилированных настилов используемых при строительстве мостов, с учетом действующих агрессивных сред?

Соискатель Вешкин Е.А. аргументировано ответил на прозвучавшие в ходе заседания замечания и вопросы:

1. Согласен, что сравнительные данные усиливают аргументацию. Но прямое сопоставление с рядом зарубежных материалов и технологий ограничено доступностью открытых исходных данных, коммерческой и патентной закрытостью по многим зарубежным материалам. Однако, конкурентоспособность подтверждается:

- Внедрением материалов в конструкции перспективных отечественных ЛА (например, Ил-114-300, различная вертолетная техника), что подразумевает соответствие строгим техническим требованиям.

- Паспортными характеристиками, которые не уступают, а по ряду параметров превосходят зарубежные аналоги (например, ВПС-53/Т-10 превосходит зарубежный Hex-ply R913/37%/7781, отечественный ВПС-39П превосходит Cusom 799/7781, ВПС-42П превосходит Gurit PH831-4480 и т.д.);

2. Согласен, что терминология требует уточнения в соответствии с физическим смыслом. Классическая анизотропия предполагает зависимость свойств от направления в плоскости. В нашем случае параметр КОА(В) характеризует градиент свойства (микротвердости) по толщине (в объеме) и отражает неоднородность микротвёрдости (и степени структурной неоднородности или отверждения) по толщине;

3. Рекомендации будут учтены. Под «критической температурой» в контексте рис. 16 подразумевалась температура отверждения, при которой зависимость микротвердости от координаты по толщине перестает быть параболической и вырождается в прямую линию ($КОА \rightarrow 0$). Это температура, при которой из-за интенсивности тепловыделения/прогрева градиенты степени конверсии по толщине нивелируются. Ее связь с температурой стеклования (T_g) и кинетикой реакции требует отдельного глубокого изучения;

4. С замечанием согласен. В формулировке цели работы смещен акцент с потенциально достигаемого положительного эффекта и конкретных ожидаемых результатов работы на процесс их достижения. Однако в содержательной части и результатах диссертационной работы подробно

описаны достигнутые результаты и положительный эффект от научно-технологических основ разработки высокоэффективных процессов изготовления полуфабрикатов и конструкций из ПКМ нового поколения;

5. Готов внести ясность. Таблица 1 является упрощенной схемой, иллюстрирующей системный подход. Выбор технологии (препрег/трансфер) зависит не только от габаритов, но и от всей совокупности факторов, перечисленных в таблице (серийность, сложность формы, требования). Рекомендации для изделий до 1 м носят ориентировочный характер для типовых условий. Для мелкосерийных изделий сложной формы ($>1\text{м}$) также могут применяться трансферные методы;

6. Тема остаточных напряжений действительно является критической. В данной работе заложен технологический фундамент для её решения: разработанные режимы отверждения (медленное охлаждение, выравнивание температурных полей) и введенный критерий однородности матрицы (КОА) направлены именно на минимизацию факторов, порождающих эти напряжения. Глубокое численное моделирование НДС для конкретных конструкций - это следующий этап, для которого наша работа предоставляет надёжные исходные данные по свойствам и кинетике материалов;

7. С замечанием согласен частично. Регрессионные модели использованы в пределах экспериментально исследованных диапазонов параметров (в объеме более 300 партий) как инструмент выявления закономерностей влияния состава и технологических факторов на свойства связующих и пленочных материалов. В диссертации (гл. 3, 4) для каждой регрессионной модели четко определены: исследуемый параметр, входные факторы, диапазоны их изменения на основе свойств серийных материалов. Погрешность моделей оценена через коэффициент детерминации и анализ остатков. Область применения ограничена исследованными марками связующих (эпоксидные, фенолформальдегидные) и технологическими параметрами оборудования, использованного в работе.

8. Замечание принято. Работа ориентирована на разработку научно-технологических основ изготовления ПКМ и оптимизацию процессов

формования. Исследования долговечности, усталости, старения требуют длительных ресурсных испытаний и выходят за рамки задач работы; направление обозначено перспективным. Исследования долговечности, циклической прочности и старения в реальных условиях с построением прогностичных моделей в том числе с воздействием климата проводится в рамках продолжения исследований по гранту РНФ № 24-19-00009.

9. Принимается. Полнота удаления аппретирующего состава оценивалась комплексно: постоянство массы образца после многократной промывки в ацетоне, изменение краевого угла смачивания и СЭП до и после обработки (табл. 2), визуально-оптический контроль. Полное удаление аппрета может и не происходило, но однозначно фиксировалось изменение его количества (возможно, качества), на основании комплекса исследований, описанных выше.

10. С замечанием согласен частично. Прямой экономический эффект от внедрения (в денежном выражении) является коммерческой информацией предприятий-заказчиков. Однако в работе приведены технико-экономические показатели, напрямую влияющие на себестоимость: сокращение энергозатрат (до 50%), материалов (в некоторых процессах до 80%), цикла изготовления (в 10 раз), трудоемкости (на 10%). Эти показатели являются объективным основанием для значимого экономического эффекта. Ярким примером являются технологии изготовления заготовок панелей пола и интерьеров пассажирских самолетов.

11. Для разработанного материала марки ВПС-58 проведены комплексные испытания в том числе и влияния агрессивных сред, в объёме общей квалификации и оформлен паспорт, который рекомендует его применение для использования в строительстве мостов.

1. Материаловедение. Теории фазового разделения, смачивания и реологии для управления структурой и свойствами расплавных связующих.

2. Моделирование процессов. Взаимосвязанные модели синтеза связующих, пропитки наполнителя и термокинетики отверждения для прогнозирования свойств на всех стадиях.

3. Системный анализ. Классификатор выбора технологии и принцип обратной связи через диагностические параметры (например, коэффициент объёмной анизотропии) для оптимизации всего цикла «состав – процесс – конструкция» под заданные требования. В дальнейших публикациях и обобщающих работах это концептуальное положение будет раскрыто в полной мере. Фактически, предложен новый инструмент для косвенной оценки сложного комплексного состояния материала - его структурно-механической неоднородности по толщине, возникающей в процессе формования. Для исключения терминологических дискуссий автор открыт к обсуждению наиболее точного названия и не исключает возможности в ходе дальнейших исследований переименования термина.

С рядом замечаний соискатель согласился. Диссертационный совет принял решение, что критические замечания признаны справедливыми, но не отменяют основных результатов представленной диссертации.

В диссертационной работе все заимствованные источники представлены со ссылками на автора или источник.

На заседании «22» декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение о том, что диссертация Вешкина Е.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней, утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора технических наук, и за решение важной для Российского авиастроения научной проблемы разработки научно-технологических основ и фундаментальных закономерностей создания высокоэффективных технологий изготовления полуфабрикатов и конструкций из ПКМ нового поколения, принял решение присудить Вешкину Е.А. степень доктора технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

д.т.н.

Антипов

Владислав Валерьевич

подпись
фамилия, имя, отчество
(полностью)

Ученый секретарь

диссертационного совета

к.т.н.



Горбовец

Михаил Александрович

подпись
фамилия, имя, отчество
(полностью)

Дата оформления заключения: «22» декабря 2025 г.