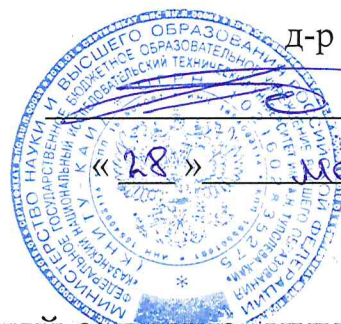


«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор - проректор по научной
и инновационной деятельности
ФГБОУ ВО КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева



д-р техн. наук, доцент

В.М. Бабушкин

« 28 » мая 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ» на диссертационную
работу Старкова Алексея Игоревича на тему «Полимерные композиционные
материалы пониженной горючести на основе клеевых препрегов» на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и
композитов

Использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) в
авиационной технике связано с увеличением требований к упруго-прочностным
характеристикам, а также весовой эффективности. С точки зрения
эффективности по весу наиболее целесообразно сосредотачиваться на
уменьшении массы компонентов конструкции, которые составляют
существенную часть воздушного судна, например трехслойные сотовые
конструкции. Вместе с тем, для обеспечения безопасности пассажиров и грузов
в процессе использования авиационной техники необходимо создание ПКМ с
повышенным уровнем пожарной безопасности и прочностных свойств,
соответствующих авиационным правилам пожарной безопасности в
соответствии с главами авиационных норм АП-25 и НЛГ 25. На основании
этого описанная в диссертационной работе «Полимерные композиционные

материалы пониженной горючести на основе клеевых препрегов» Старкова Алексея Игоревича технология изготовления клеевых препрегов на основе углеродных и стеклянных наполнителей, а также технология изготовления трехслойных сотовых конструкций из ПКМ на основе разработанных клеевых препрегов является **актуальной**.

Представленная к рассмотрению диссертация содержит введение, литературный обзор, объекты и методы исследования, результаты исследований и их обсуждение, основные выводы и список используемых источников. Работа изложена на 135 страницах машинописного текста, содержит 44 рисунка, 34 таблицы.

В работе раскрыта актуальность, определены цели и задачи исследования, сформулированы основные положения, практическая значимость и научная новизна. Приведены характеристики используемых объектов исследования, а также описание методов и методик, применяемых для решения поставленных задач.

Работа выполнена с применением современных методов исследования: термоаналитические методы исследования образцов связующего и ПКМ, микроструктурные исследования, физико-механические методы испытаний образцов ПКМ и трехслойных сотовых конструкций из ПКМ, методы определения характеристик пожаробезопасности, методы определения устойчивости к воздействию внешних факторов (экспозиция в имитационных камерах и технических средах) образцов ПКМ и исследования остаточной прочности после экспозиции в ожидаемых условиях эксплуатации, поэтому достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Следует также отметить большой объём экспериментальной работы и аккуратность её оформления.

Основные результаты работы изложены в пяти отдельных главах работы, которые неразрывно связаны с решением поставленной цели исследования и выполнением поставленных для этого задач.

Первая глава представляет собой литературный обзор, в котором рассмотрена литература, посвящённая применению ПКМ в авиации.

Рассмотрены основные наполнители при производстве ПКМ и отдельно рассмотрены углеродные и стеклянные волокна, которые представляют наибольший интерес для использования в составе ПКМ авиационного назначения.

Вторая глава посвящена описанию объектов исследований и используемых методов испытаний.

Третья глава является экспериментальной частью диссертационной работы, в которой представлены результаты исследований, направленных на разработку технологии изготовления клеевых препрегов на основе углеродных и стеклянных наполнителей. Исследована кинетика реакций отверждения клеевого связующего марки ВСК-14-6 в составе клеевого препрега, в результате чего разработан режим отверждения клеевых препрегов угле-стеклопластиков, в том числе для изготовления сотовых конструкций. Методами ДСК и микроструктурных исследований угле-стеклопластиков подтверждена правильность разработанного режима отверждения. Методами определения характеристик пожаробезопасности, таких как горючесть, дымообразующая способность и токсичность ПКМ, в том числе трехслойных сотовых конструкций, установлено соответствие требованиям АП-25 и НЛГ-25 по горючести. Оценена остаточная прочность углепластика марки ВКУ-59 и стеклопластика марки ВПС-68, а также образцов клеевых соединений на основе клеевых препрегов с увеличенным содержанием связующего, после экспозиции в ожидаемых условиях эксплуатации.

Четвёртая глава посвящена разработке технологий изготовления клеевых конструкций с применением разработанных ПКМ и разделена на два раздела.

Первый раздел посвящен разработке технологии изготовления и исследования свойств конструктивно-подобных образцов панелей пола трехслойной сотовой конструкции. Второй раздел посвящен разработке технологии изготовления и исследования толстостенной панели из углепластика марки ВКУ-59.

Пятая глава посвящена практической реализации полученных результатов, приведена оформленная нормативно-техническая документация на разработанные материалы, указан полученный патент и оформленные паспорта на разработанный углепластик и стеклопластик.

В заключении диссертации перечислены полученные результаты и основные выводы по работе.

Углепластик марки ВКУ-59 и стеклопластик марки ВПС-68 внесены в конструкторскую документацию самолета Ил-114-300 для изготовления заготовок панелей пола на основе разработанных материалов, что подтверждается Решением № 11424-0182-143 об организации изготовления и поставки трехслойных сотовых заготовок панелей пола из полимерных композиционных материалов (углепластик марки ВКУ-59 и стеклопластик марки ВПС-68) производства НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

Научная новизна работы заключается в разработке научно-обоснованных температурно-временных параметров формования монолитных, в том числе толстостенных, и трехслойных сотовых конструкций из клеевых угле- и стеклопрепегов на основе связующего ВСК-14-6 с оптимальными характеристиками вязкости в процессе его отверждения, что обеспечивает высокий уровень прочностных характеристик конструктивных элементов за счет равномерного распределения связующего по объёму ПКМ. Вместе с тем, за счет сочетания оптимальных реологических характеристик клеевого связующего пониженной горючести ВСК-14-6 (вязкость 20 – 30 Па·с при 80 °С в течение 5 часов) с установленными режимами формования, вследствие пропитки межволоконного пространства без воздушных пор, установлено, что достигается синергический эффект огнезащиты, обеспечивающий защиту внутренних слоев конструкции от воздействия открытого пламени и повышенный уровень пожарной безопасности.

Практическая значимость диссертационной работы очевидна. Показано, что разработанная технология изготовления клеевых препегов на основе углеродных и стеклянных наполнителей, а также технология изготовления трехслойных сотовых конструкций из ПКМ позволяет

изготавливать трехслойные сотовые конструкции панелей, в том числе панелей пола, которые соответствуют требованиям АП-25 и НЛГ-25 по горючести. Разработана вся нормативно техническая документация и организован серийный выпуск разработанных клеевых препрегов на сертифицированном производстве НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в соответствии с Решением № 11424-0182-143 в интересах самолета Ил-114-300.

Все научные положения, сформулированные в работе Старкова А.И. и сделанные на их основе выводы и рекомендации, вполне обоснованы и достоверны, т.к. базируются на экспериментальном материале, выполненном на высоком научном уровне с привлечением надёжных современных методов исследования. Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается применением различных независимых и надёжных методов исследований, согласованностью экспериментальных данных, а также соответствие тенденциям, описанным в научной литературе.

Полученные результаты можно использовать в организациях, занимающихся как изготовлением изделий из полимерных композиционных материалов, так и в организациях, непосредственно связанных с изготовлением воздушных судов.

Результаты проведённых испытаний достаточно полно отражены в публикациях автора – 4 в изданиях, входящих в перечень ВАК, 1 в журнале, включенном в международные системы цитирования Web of Science и Scopus и в материалах конференций различного уровня.

Приведённые в диссертации результаты исследований в достаточном объёме отражены в автореферате.

Замечания по диссертации:

1. В диссертационной работе указан углеродный жгут УВ-12К, но отсутствуют сведения о производителе.

2. В главах 3.5.3.1 и 3.5.3.2, посвященных исследованию изменения характера свойств углепластика марки ВКУ-59 и стеклопластика марки ВПС-68 при воздействии внешних факторов, отсутствуют исследования пределов прочности при растяжении и межслоевом сдвиге, т.к. результаты указанных

исследований могли бы дать более полное представление о влиянии внешних факторов имитирующих эксплуатационные на свойства ПКМ.

3. Желательно полученные значения по содержанию клеевого связующего марки ВСК-14-6 в элементарных панелях толстостенной панели из углепластика марки ВКУ-59 представить в табличной форме.

Диссертационная работа Старкова А.И., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Содержание автореферата и сформулированные в нем выводы полностью соответствуют представленным в диссертации результатам исследований. Представленные в работе исследования достоверны, выводы обоснованы.

Диссертация соответствует требованиям п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автору Старкову Алексею Игоревичу может быть присуждена учёная степень кандидата технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры производства летательных аппаратов (протокол №8 от 21 мая 2025 года).

Халиулин Валентин Илдарович
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой производства летательных аппаратов
Казанского национального исследовательского
технического университета им. А. Н. Туполева - КАИ
Тел.: +7(843)2310368
E-mail: pla.kai@mail.ru

Амирова Лилия Миниахмедовна
доктор химических наук, профессор,
профессор кафедры производства летательных аппаратов

Казанского национального исследовательского
технического университета им. А. Н. Туполева - КАИ
Тел.: +7(843)2310355
E-mail: lmamirova@kai.ru

23.05.2025

/В.И. Халиулин/

23.05.2025

/Л.М. Амирова/

Подпись В.И. Халиулин Л.М. Амирова
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля



Согласны на включение наших персональных данных в документы, связанные с
работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

Адрес: 420111, г. Казань, ул. К. Маркса, 10, федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский
национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-
КАИ»

E-mail: kai@kai.ru

тел./факс: +7(843)231-01-09, +7(843)238-56-30

Сайт: www.kai.ru