

«УТВЕРЖДАЮ»



Генеральный директор  
НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ

С.В. Яковлев

08 20 25 г.

М.П.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский  
научно-исследовательский институт авиационных материалов»  
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Диссертация Старкова Алексея Игоревича на тему «Полимерные композиционные материалы пониженной горючести на основе клеевых препрегов», выполнена в лаборатории № 614 «Клеи и клеевые препреги» научно-исследовательского отделения «Функциональные материалы и технологии синтеза» федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ).

В период подготовки диссертации соискатель Старков Алексей Игоревич работал в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в секторе «Клеевые препреги» лаборатории № 611 «Углепластики и органиты» в должности инженера. В 2020 г. переведен на должность инженера в лабораторию № 614 «Клеи и клеевые препреги». В 2021 г. переведен на должность инженера 1 категории лаборатории № 614 «Клеи и клеевые препреги». В 2022 г. переведен на должность начальника сектора лаборатории № 614 «Клеи и клеевые препреги».

Старков Алексей Игоревич, 1989 года рождения, в 2012 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» по направлению «Химическая технология и биотехнология». В 2015 году окончил аспирантуру при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов». Справка о сдаче кандидатских экзаменах выдана 17.02.2025 г.

Научный руководитель – Куцевич Кирилл Евгеньевич, кандидат технических наук, начальник лаборатории № 614 «Клеи и клеевые препреги» НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

По итогам обсуждения принято следующее **заключение**:

Диссертационная работа Старкова Алексея Игоревича является научно-квалификационной работой, в которой решены важные научно-практические задачи:

1. Обоснован выбор связующего пониженной горючести марки ВСК-14-6 с теплостойкостью 80°C, угле- и стеклонаполнителей для применения в составе клеевых препрегов. На основании результатов исследования реологических характеристик клеевого связующего марки ВСК-14-6 выявлены оптимальные температурно-временные параметры, необходимые для переработки связующего ВСК-14-6 в клеевой препрег. Разработаны составы и технология изготовления клеевых препрегов из клеевого связующего пониженной горючести ВСК-14-6 и стекло-, угленаполнителей.
2. На основании результатов исследования кинетики реакций отверждения клеевых препрегов установлены условия формирования оптимальной структуры полимерных композиционных материалов (угле- и стеклопластика) в процессе отверждения клеевого связующего в составе клеевого препрега, что подтверждено результатами исследования структуры разработанных ПКМ методом растровой электронной микроскопии.

3. Установлено, что углепластик марки ВКУ-59 и стеклопластик марки ВПС-68, а также трехслойные сотовые конструкции с обшивками на их основе полностью соответствуют требованиям авиационных норм по горючести. На основании результатов испытаний стекло-, углепластика и трехслойной панели на дымообразование установлено, что данные материалы и конструктивные элементы на их основе обладают высокой дымообразующей способностью, однако согласно требованиям государственных авиационных норм материал может быть допущен для применения в составе трехслойных сотовых для следующего назначения: в качестве панелей пола в пассажирской кабине, а также панелей пола в багажных отсеках. Результаты испытаний на токсичность продуктов, выделяемых в процессе горения трехслойных сотовых конструкций панелей пола показали соответствие требованиям к панелям пола, установленным в ведущих мировых авиастроительных корпорациях (Boeing, Airbus).

4. Определен характер изменения свойств углепластика ВКУ-59 при воздействии внешних факторов. Уровень сохранения упруго-прочностных свойств при температуре 20 °С находится в интервале 79,6 – 103,8 %, при температуре 80 °С находится в интервале 71,5 – 102,3 % относительно исходных значений. Уровень сохранения прочностных свойств при сдвиге клеевых соединений при температуре 20 °С находится в интервале 68,4 – 118,8 %, при температуре 80 °С находится в интервале 66,0 – 119,3 % относительно исходных значений. Уровень сохранения прочностных свойств при отрыве обшивки от сотового заполнителя при температуре 20 °С находится в интервале 94,7 – 110,5 %, при температуре 80 °С находится в интервале 97,9 – 112,7 % относительно исходных значений.

5. Определен характер изменения свойств стеклопластика марки ВПС-68 при воздействии внешних факторов. Уровень сохранения упруго-прочностных свойств при температуре 20 °С находится в интервале 68,7 – 104,5 %, при температуре 80 °С находится в интервале 69,8 – 105,8 % относительно исходных значений. Уровень сохранения прочностных свойств при сдвиге клеевых соединений при температуре 20 °С находится в

интервале 71,3 – 106,3 %, при температуре 80 °С находится в интервале 81,7 – 107,6 % относительно исходных значений. Уровень сохранения прочностных свойств при отрыве обшивки от сотового заполнителя при температуре 20 °С находится в интервале 88,4 – 94,2 %, при температуре 80 °С находится в интервале 94,5 – 118,2% относительно исходных значений.

6. Разработана технология изготовления и исследованы свойства трехслойных сотовых конструкций пониженной горючести, предназначенных для изготовления высоконагруженных панелей пола. Выявлены технологические особенности двухступенчатого процесса формирования трехслойных сотовых конструкций, позволяющих исключить повышенную текучесть клеевого связующего по торцам сотового заполнителя и тем самым обеспечить формирование галтелей связующего требуемой формы, что обеспечивает уровень прочности клеевых соединений, определяющийся прочностью сотового заполнителя.

7. Разработана технология изготовления и исследованы свойства толстостенной конструкции из углепластика марки ВКУ-59. Установлено, что саморазогрев полимерной основы клеевого препрега углепластика при отверждении монолитной толстостенной конструкции по трехступенчатому температурно-временному режиму исключен, достигается равномерное отверждения материала по всей толщине, что обеспечивает минимальный разброс его характеристик.

Работа имеет важное практическое значение для авиационной промышленности и отвечает требованиям пунктов 9-11, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842.

**Личный вклад соискателя** состоит в выполнении всех этапов диссертационного исследования, включающих анализ научно-технической литературы, выбор клеевого связующего марки ВСК-14-6 пониженной горючести, исследование его реологических характеристик, разработку экспериментальных составов клеевых препрегов и их технологий изготовления, разработку технологических режимов изготовления

композиционных материалов клеевых (угле- и стеклопластика) пониженной горючести на основе клеевых препрегов, разработку режимов изготовления монолитных толстостенных и трехслойных сотовых конструкций, в том числе сотовых конструкций панелей пола, за один технологический цикл, оформление заявки на изобретение, разработку программы паспортизации угле-стеклопластика, обработку и анализ полученных экспериментальных данных, в том числе написание научных публикаций и выступление с докладами на научных конференциях, разработку необходимой технологической документации.

**Достоверность полученных результатов** обеспечена использованием аттестованного, поверенного оборудования и современных стандартизованных методик при проведении экспериментов.

**Научная новизна работы:**

1. На основании проведенных исследований разработаны научно обоснованные температурно-временные параметры режимов 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 и обеспечивающие высокий уровень прочностных характеристик конструктивных элементов за счет равномерного распределения связующего по объёму ПКМ и формирования качественных галтелей в трехслойных сотовых панелях.
2. Установлено, что 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, достигается синергический эффект огнезащиты, обеспечивающий защиту внутренних слоев конструкции от воздействия открытого пламени и повышенный уровень пожарной безопасности.

На основе выполненных исследований были получены следующие **практические результаты:**

1. Разработана технология изготовления клеевого препрега углепластика марки ВКУ-59 на основе клеевого связующего пониженной горючести марки ВСК-14-6 с теплостойкостью 80°C и углеродного жгутового наполнителя марки УВ-12К и оформлена следующая документация: ТИ 1.595-11-1173-2018, ТУ 1-595-11-1775-2018, ТУ 1-595-УНТЦ-1930-2021 «Заготовки панелей пола из полимерных композиционных материалов». Оформлен паспорт № 1994 на углепластик ВКУ-59.
2. Разработана технология изготовления клеевого препрега стеклопластика марки ВПС-68 на основе клеевого связующего пониженной горючести марки ВСК-14-6 с теплостойкостью 80°C и стеклоткани Т-60/2(ВМП) и оформлена следующая документация: ТИ 1.595-11-1174-2018, ТУ 1-595-11-1776-2018. Оформлен паспорт № 1995 на стеклопластик ВПС-68.
3. Разработана технология изготовления монолитных и трехслойных сотовых конструкций панелей пола с обшивками из клеевых препрегов и оформлена ТР 1.2.2757-2019 «Изготовление монолитных и трехслойных сотовых конструкций панелей пола с обшивками из клеевых угле- и стеклопрепрегов на основе клеевого связующего марки ВСК-14-6».
4. Организован серийный выпуск разработанных клеевых препрегов на сертифицированном производстве НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.
5. Оформлено Решение № 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.
6. Углепластик марки ВКУ-59 и стеклопластик марки ВПС-68 внесены в конструкторскую документацию самолетов Ил-114-300 и Ил-76МД-90А для изготовления заготовок панелей пола на основе разработанных материалов.

**Ценность научных работ соискателя** заключается в том, что выявлена связь между составом, реологическими свойствами клеевого связующего пониженной горючести и температурно-временными параметрами технологического процесса переработки клеевого препрега,

изготовленного на его основе, которые обеспечивают формирование оптимальной структуры композиционного материала в процессе изготовления изделий монолитной и сотовой конструкции.

### **Соответствие пунктам паспорта научной специальности**

Область диссертационного исследования Старкова А.И. включает исследования влияния технологических параметров и процессов протекающих при изготовлении клеевых препрегов на основе связующего ВСК-14-6, разработка и исследование процессов отверждения полимерной матрицы, исследование функциональных свойств материалов путем испытания элементов конструкций, определение физико-механических и эксплуатационных характеристик разработанных угле-стеклопластиков, разработка технологии изготовления и исследование конструктивно-подобных образцов и элементов конструкций из разработанных угле-стеклопластиков.

Указанная область исследований соответствует паспорту научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (технические науки):

П 2. Полимерные материалы и изделия: пластмассы, волокна, каучуки, резины, пленки, покрытия, нетканые материалы, натуральные, искусственные и синтетические кожи, клеи, компаунды, композиты, бумага, картон, целлюлозные и прочие композиционные материалы, включая наноматериалы; свойства синтетических и природных полимеров, фазовые взаимодействия; исследования в направлении прогнозирования состав-свойства, технологии изготовления изделий и процессы, протекающие при этом; последующая обработка с целью придания специальных свойств; процессы и технологии модификации; вулканизация каучуков; сшивание пластмасс; фазовое разделение растворов; отверждение олигомеров.

П 3. Физико-химические основы процессов, происходящих в материалах на стадии изготовления изделий, а также их последующей обработки, в процессе эксплуатации; моделирование технологических процессов переработки; экологические проблемы технологии синтетических

и природных полимеров и изготовления изделий из них; разработка теоретических основ и способов переработки отходов производств материалов на основе синтетических и природных полимеров; получение сопутствующих веществ при переработки полимерного сырья.

П 6. Полимерное материаловедение; методы прогнозирования и прототипирования; разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры синтетических и природных полимерных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств; разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры; испытание и определение физико-механических и эксплуатационных характеристик синтетических и природных полимерных материалов и изделий; теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых синтетических и природных полимерных материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 4 в изданиях, входящих в перечень ВАК и 1 в журналах, включенных в международные системы цитирования и 1 патент РФ.

Основные положения диссертации с достаточной полнотой представлены в следующих публикациях:

*В изданиях, рекомендованных ВАК:*

1. Старков А. И., Куцевич К. Е., Тюменева Т. Ю., Петрова А. П. Клеевые препреги пониженной горючести, предназначенные для изготовления интегральных и трехслойных сотовых конструкций авиационной техники. Труды ВИАМ. электрон. науч.-технич. журн., 2022 № 5 (111), С. 41-52. URL: <http://www.viam-works.ru>. dx.doi.org/ 10.18577/2307-6046-2022-0-5-41-52;

2. Старков А.И., Куцевич К.Е., Петрова А.П., Антюфеева Н.В. К вопросу о выборе температурно-временного режима отверждения препрега

углепластика КМКУ-6.80.SYT49(S) на основе клеевого связующего пониженной горючести. Труды ВИАМ. электрон. науч.-технич. журн., 2023 №3, С. 29-38. URL: <http://www.viam-works.ru>. dx.doi.org/ 10.18577/2307-6046-2023-0-3-29-38;

3. Старков А.И., Исаев А.Ю, Куцевич К.Е. Комплексная оценка воздействия эксплуатационных и климатических испытаний на изменение прочностных свойств полимерных композиционных материалов на основе клеевых препрегов. Часть 1. Углепластик марки ВКУ-59. Труды ВИАМ. электрон. науч.-технич. журн., 2024 №3, С. 91-100 URL: <http://www.viam-works.ru>. dx.doi.org/ 10.18577/2307-6046-2024-0-3-91-100;

4. Старков А.И., Исаев А.Ю, Куцевич К.Е. Комплексная оценка воздействия эксплуатационных и климатических испытаний на изменение прочностных свойств полимерных композиционных материалов на основе клеевых препрегов. Часть 2. Стеклопластик марки ВПС-68. Труды ВИАМ. электрон. науч.-технич. журн., 2024 №4, С.98-107. URL: <http://www.viam-works.ru>. dx.doi.org/ 10.18577/2307-6046-2024-0-4-98-107.

*Патент:*

1. Патент 2676634 Российская Федерация, СПК: C08L 63/00; C08L 9/00; C08J 5/24. Препрег на основе клеевого связующего пониженной горючести и стеклопластик, углепластик на его основе / Каблов Е.Н., Тюменева Т.Ю., Куцевич К.Е., Хина М.Б., Старков А.И., Хайретдинов Р.Х.; заявитель и правообладатель ФГУП «ВИАМ» 2018114527 заявл. 19.04.2018; опубл. 09.01.2019, бюл. № 1.

*Публикации, индексируемые базами Web of Science и Scopus:*

1. Antyufeeva N.V., Starkov A.I. The influence of the content of halogen-containing oligomer in the composition of VSK-14-6 adhesive binder on the kinetics of the curing process of prepregs on different fillers and a comparative analysis of the curing kinetics of prepregs based on VSK-14-1 adhesive binder // Polymer science, Series D. 2023. Vol. 16, № 4. P. 882-891.

*Другие публикации:*

1. Старков А.И., Куцевич К.Е., Тюменева Т.Ю., Комаров В.А. Полимерные композиционные материалы на основе клеевых препрегов пониженной горючести. Клеи. Герметики. Технологии. 2020 № 5 С. 27-32. URL: <http://www.nait.ru>. dx.doi.org/ 10.31044/1813-7008-2020-0-5-27-32
2. Старков А.И., Куцевич К.Е., Тюменева Т.Ю., Комаров В.А. Полимерные композиционные материалы на основе клеевых препрегов пониженной горючести // Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения». 18 октября 2019 Москва. С.149-162.
3. Старков А.И., Куцевич К.Е., Тюменева Т.Ю., Комаров В.А. Разработка композиционных материалов на основе клеевых препрегов пониженной горючести и требований к механическим характеристикам ПКМ с учетом области применения // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения». 21 августа 2020 Москва. С.69-81.
4. Антюфеева Н.В., Старков А.И. Влияние содержания галогеносодержащего олигомера в составе клеевого связующего на кинетику процесса отверждения препрегов // Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения». 18 ноября 2022 Москва. С.198-216.
5. Старков А.И., Куцевич К.Е. Клеевые препреги пониженной горючести // XXIII Международная научно-техническая конференция «Конструкции и технологии получения изделий из неметаллических материалов», 16-18 октября 2024 Обнинск. С. 268-269.
6. Старков А.И., Куцевич К.Е. Пожаробезопасность ПКМ на основе клеевых препрегов // VIII Всероссийская научно-технической конференция «Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения». 15 ноября 2024 Москва. С.6-22

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения.

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Учитывая научную зрелость Старкова А.И., актуальность выполненной работы, научную новизну и практическую значимость исследования, диссертационная работа Старкова Алексея Игоревича «Полимерные композиционные материалы пониженной горючести на основе клеевых препрегов» рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Заключение принято на заседании президиума научно-технического совета научно-исследовательского отделения «Функциональные материалы и технологии синтеза» НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ. Присутствовало на заседании – 23 человек, в том числе с правом голоса – 16 человек. Результаты голосования: «за» – 16, «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол № 10 от 18 марта 2025 г.

Начальник НИО

«Функциональные материалы и  
технологии синтеза»



Вахрушева  
Яна Андреевна