

**ОТЗЫВ**  
**ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**  
**на диссертацию Старкова Алексея Игоревича**  
**«Полимерные композиционные материалы пониженной горючести на**  
**основе клеевых препрегов», представленной на соискание учёной**  
**степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11.**  
**«Технология и переработка синтетических и природных полимеров и**  
**композитов»**

**Актуальность диссертационной работы**

За последние несколько десятилетий полимерные композиционные материалы (ПКМ) стали неотъемлемой частью конструкций авиационной техники, что объясняется высокими показателями удельной прочности для всех типов материала этого класса. Тем не менее, в попытках ещё больше повысить значения весовой эффективности летательных аппаратов конструктора и технологи пришли к выводу, что необходимо совмещение разнородных материалов в объеме одной конструкции. Результаты работ в этом направлении привели к созданию трехслойных конструкций, состоящих из обшивок на основе ПКМ и заполнителей (пенопласты, соты и т.д.). В частности, площадь использования трехслойных сотовых панелей в отделке стен, потолка и пола пассажирской кабины и багажно-грузового отсека в пассажирских магистральных самолетах составляет несколько сотен квадратных метров, и масса одного квадратного метра варьируется в пределах от 1,5 до 4 кг в зависимости от функционального назначения панели. Широкое применение трехслойных сотовых панелей из ПКМ, состоящих из двух обшивок, сотового заполнителя и скрепленных между собой с использованием высокопрочного пленочного клея, способствовало значительному увеличению весовой эффективности конструкций самолетов.

Вместе с тем известно, что трехслойные сотовые панели из обшивок на основе клеевых препрегов получили широкое применение в авиационной

технике за счет возможности изготовления сотовой конструкции без применения пленочного клея, но ввиду того что эти материалы являются горючими, они не могут быть применены в внутренней части воздушного судна ввиду наличия требований авиационных норм АП-25 и НЛГ-25.

Целью своей работы автор ставит разработку состава и технологии изготовления клеевых препрегов и полимерных композиционных материалов (угле- и стеклопластиков) пониженной горючести на их основе с теплостойкостью не ниже 80°C.

Для достижения поставленной цели, автор решает следующие задачи:

1. Разработать составы и технологии изготовления клеевых препрегов для ПКМ пониженной горючести.

2. Определить оптимальные условия формирования структуры полимерных композиционных материалов (угле- и стеклопластика) в процессе отверждения клеевого связующего в составе клеевого препрега.

3. Исследовать и установить свойства ПКМ (пожаробезопасность, характер изменения свойств при воздействии внешних факторов).

4. Исследовать влияние режима формования и разработать технологию изготовления трехслойных сотовых конструкций пониженной горючести, предназначенных для изготовления панелей пола.

5. Исследовать влияние режима формования и разработать технологию изготовления толстостенной конструкции пониженной горючести на основе углепластика и исследовать её свойства.

### **Научная новизна диссертации**

В диссертационной работе Старкова А.И. научно обоснованы температурно-временные параметры режимов формования монолитных, в том числе толстостенных, и трехслойных сотовых конструкций из клеевых угле- и стеклопрепрегов 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. За счет



равномерного распределения связующего в межволоконном пространстве достигается высокий уровень пожарной безопасности.

### **Практическая значимость полученных результатов работы**

Автором разработаны и подтверждены на практике технологии, позволяющие изготавливать конструктивно-подобные образцы трехслойных сотовых конструкций панелей пола пониженной горючести с обшивками из углепластика марки ВКУ-59 и стеклопластика марки ВПС-68 на основе клеевых препрегов. Организован серийный выпуск разработанных клеевых препрегов для изготовления конструкций панелей пола, которые нашли свое применение в составе действующего воздушного судна.

### **Достоверность полученных результатов**

Исследования подтверждаются использованием стандартизованных методов испытаний, поверенного современного оборудования, всесторонними исследованиями большого количества образцов и статистической обработкой значительного объема экспериментальных данных.

Результаты исследований, представленные в диссертации, не противоречат опубликованным в открытой печати.

### **Общая характеристика работы**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и основных выводов, списка литературы из 125 наименований, содержит рисунков – 44, таблиц – 34. Общий объем диссертационной работы – 135 страниц машинописного текста.

### **Введение**

Автор обосновал актуальность диссертационной работы, сформулировал ее цель и определил задачи, научную новизну и практическую значимость работы, представил основные достигнутые результаты и положения, выносимые на защиту.

### **Первая глава**

Первая глава представляет собой литературный обзор, в котором рассмотрены вопросы создания ПКМ, проведен анализ в области клеевых препрегов. Показаны достоинства созданий трехслойных сотовых конструкций с обшивками из ПКМ на основе клеевых препрегов марок КМКУ и КМКС. Рассмотрены пути снижения горючести ПКМ и показаны типы конструкций из ПКМ и технологии их изготовления.

### **Вторая глава**

В главе дано описание использованных материалов для изготовления ПКМ, приведены методики исследования. Выбранные автором методы свидетельствуют о высоком уровне исследований и надежности полученных данных.

### **Третья глава**

Третья глава является началом экспериментальной части диссертационной работы и состоит из пяти разделов, которые посвящены разработке технологии изготовления клеевых препрегов на основе углеродных и стеклянных наполнителей, а также разработке режимов отверждения монолитных трехслойных сотовых конструкций из ПКМ на основе разработанных клеевых препрегов.

Представлены результаты исследований температурно-временных зависимостей клеевого связующего марки ВСК-14-6, выбранного в качестве объекта исследований. Определен оптимальный температурный интервал переработки связующего в клеевой препрег, который составляет  $(80 - 85) ^\circ\text{C}$  и режим отверждения связующего в составе экспериментальных образцов: первая ступень  $(80 \pm 5) ^\circ\text{C}$  в течение  $(60 \pm 5)$  минут, вторая ступень  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  в течение  $(60 \pm 5)$  минут, третья ступень  $(140 \pm 5) ^\circ\text{C}$  в течение  $(180 \pm 5)$  минут. Кроме этого в третьей главе в результате исследований углепластика марки ВКУ-59, стеклопластика марки ВПС-68, а также трехслойных сотовых конструкций на их основе, на горючесть, дымообразующую способность и токсичность продуктов горения, определены показатели и даны пояснения о соответствии требованиям АП-



25 и НЛГ-25. Вместе с тем, представлены результаты исследований влияние эксплуатационных факторов на свойства углепластика марки ВКУ-59 и стеклопластика марки ВПС-68, а также образцов клеевых соединений на основе клеевых препрегов с увеличенным содержанием связующего и определено сохранение упруго-прочностных характеристик в зависимости от вида и температуры испытаний.

#### **Четвёртая глава**

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

Первый раздел посвящён разработке технологии изготовления и изучению свойств конструктивно-подобных образцов трёхслойных сотовых панелей пола с обшивками из углепластика марки ВКУ-59 и стеклопластика марки ВПС-68, которые были изготовлены на основе разработанных клеевых препрегов. Приводятся результаты исследований, направленных на выбор сотового заполнителя с ячейкой 2,5 мм, но обладающие разной плотностью и прочностью. Рассматриваются типы трехслойных сотовых конструкций и приводится сравнение разработанных конструктивно-подобных образцов с существующими панелями, как отечественными, так и зарубежными.

Второй раздел посвящен разработке технологии изготовления и исследования толстостенной панели из углепластика марки ВКУ-59. Приводятся данные по прочности при растяжении элементарных панелей и представлены данные о массовой доле связующего в каждой элементарной панели и ее распределению в составе толстостенной панели, а также уровню конверсии связующего в составе каждой элементарной панели.

#### **Пятая глава**

Пятая глава описывает практическую реализацию полученных в работе результатов. Изложена техническая документация на клеевые препреги углепластика марки ВКУ-59 и стеклопластика марки ВПС-68 включающая в себя технические условия, технологические инструкции,

технологическую рекомендацию, паспорта на разработанные ПКМ и патент на изобретение, подтверждающий новизну разработки.

Решение №11424-0182-143 подтверждает организацию изготовления и поставки трёхслойных сотовых заготовок панелей пола из полимерных композитных материалов (углепластик ВКУ-59 и стеклопластик ВПС-68), разработанных НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ. Данное решение подчёркивает практическую значимость работы и её прямую направленность на нужды самолёта Ил-114-300, обеспечивая технологическую базу для производства конкурентоспособных и лёгких конструкционных элементов сотовых панелей пола.

### **Основные замечания и вопросы по работе:**

1. 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 эксплуатационных факторов отсутствуют исследования пределов прочности при растяжении и межслоевом сдвиге, что вероятно не позволяет сделать полноценный вывод о воздействии эксплуатационных факторов на комплекс физико-механических свойств ПКМ.

2. На рисунке 42 характеризующий степень отверждения клеевого связующего марки ВСК-14-6 в элементарных панелях углепластика ВКУ-59 отсутствует подпись оси.

3. На рисунках 44а и 44б приводятся данные о прочности при растяжении образцов углепластика марки ВКУ-59 изготовленных из элементарных панелей толстостенной панели углепластика марки ВКУ-59, однако на рисунке указано просто «Предел прочности».

Однако, высказанные замечания ни в коей мере не снижают ценности работы Старкова А.И. «Полимерные композиционные материалы пониженной горючести на основе клеевых препрегов», которая соответствует специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов. Автором проделан и систематизирован большой



объем экспериментальных и теоретических исследований. Работа выполнена на высоком научном уровне, изложена четким языком.

### **Заключение**

По актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа Старкова А.И. «Полимерные композиционные материалы пониженной горючести на основе клеевых препрегов» полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемыми к кандидатским диссертациям, согласно пунктам 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г.), а ее автор Старков Алексей Игоревич заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Официальный оппонент:

Преподаватель кафедры «Инновационные материалы прайтмедиаиндустрии»

ФГАОУ ВО «Московский Политехнический университет»,

доктор технических наук



А.В. Дедов  
30 мая 2025 г.

107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д.38

Телефон:

Адрес электронной почты: dedovs55@rambler.ru

Подпись Александра Васильевича Дедова

заверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ  
ПОГОРЕЛОВА А.В.

