

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.10

Соискатель: Юргенсон Сергей Андреевич

Тема диссертации: Изменение несущей способности авиационных конструкций из композиционных материалов в зависимости от силового воздействия.

Специальность: 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» (технические науки)

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании «19» октября 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Юргенсону Сергею Андреевичу ученую степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» (технические науки), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Присутствовали: председатель д.т.н., проф. Денискин Ю.И.; секретарь совета к.т.н., доц. Денискина А.Р.; д.т.н., проф. Боголюбов В.С.; д.т.н., доц. Долгов О.С.; д.т.н., проф. Дудченко А.А.; д.т.н., проф. Ендогур А.И.; д.т.н., проф. Комков В.А.; д.т.н., проф. Куприков М. Ю.; д.т.н., проф. Лисейцев Н.К.; д.т.н., проф. Панкина Г.В.; д.т.н., проф. Парамонов Н.В.; д.т.н., проф. Подколзин В.Г.; д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н.; д.т.н. доц. Рахманов М.Л.; д.т.н., проф. Сидоренко А. С.; д.т.н., проф. Туркин И.К.; д.т.н., проф. Фирсанов В.В.; д.т.н., проф. Шайдаков В.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.125.10
к.т.н., доцент



А. Р. Денискина

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.10
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 октября 2016 года, № 11

О присуждении Юргенсону Сергею Андреевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Изменение несущей способности авиационных конструкций из композиционных материалов в зависимости от силового воздействия» принята к защите 21 июня 2016 г., протокол № 8 диссертационным советом Д 212.125.10 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета № 714/НК от 02.11.2012 г.

Соискатель Юргенсон Сергей Андреевич 1990 года рождения. В 2013 году соискатель с отличием окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Самолето- и вертолетостроение».

Юргенсон Сергей Андреевич в период с 01.09.2013 г. по 31.08.2016 г. обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». На период подготовки диссертации с 01.09.2013 г. по 19.10.2016 г. Юргенсон Сергей Андреевич был прикреплен к кафедре 104 «Технологическое проектирование и управление

качеством» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Юргенсон Сергей Андреевич работал с сентября 2009 года по декабрь 2012 года в должности техника отраслевого специального конструкторского бюро экспериментального самолетостроения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». С марта 2013 г. по март 2015 г. – инженер кафедры 104 «Технологическое проектирование и управление качеством» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». С августа по ноябрь 2015 года – инженер в ООО Научно-инновационном центре «Институт развития исследований, разработок и трансферта технологий».

С февраля 2016 года по настоящее время работает инженером 2-й категории НИО-101 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре 104 «Технологическое проектирование и управление качеством» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, старший научный сотрудник **Васильев Сергей Леонидович**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра 104 «Технологическое проектирование и управление качеством», доцент.

Официальные оппоненты:

Митрофанов Олег Владимирович, доктор технических наук, доцент, акционерное общество «Гражданские самолеты Сухого», заместитель главного конструктора по прочности, заместитель начальника научно-исследовательского отдела прочности,

Стрижиус Виталий Ефимович, доктор технических наук, акционерное общество «Аэрокомпозит», начальник департамента усталостной прочности и ресурса

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Государственный научный центр Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», г. Жуковский, Московская область, в своем положительном заключении, подписанном Зиченковым Михаилом Чеславовичем, кандидатом технических наук, заместителем генерального директора – начальником комплекса прочности ЛА; Гришиным Вячеславом Ивановичем, доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником; Чижовым Владимиром Михайловичем, доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником, указала, что диссертация Юргенсона Сергея Андреевича представляет собой законченную научную работу, построенную на экспериментальном материале соискателя, обладающую определенной научной и практической ценностью при анализе конструкций из полимерного композиционного материала. Диссертация отвечает критериям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 3 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях. Различные аспекты материалов диссертации отражены в 5 отчетах о научно-исследовательских работах. В рамках диссертационных исследований получен патент на полезную модель.

Наиболее значительные работы:

1. Бойцов Б.В., Громашев А.Г., Юргенсон С.А., Васильев С.Л. Методы неразрушающего контроля, применяемые для конструкций из перспективных композиционных материалов / Бойцов Б.В., Громашев А.Г., Юргенсон С.А., Васильев С.Л. // Труды МАИ. – 2011. - вып. 49.
2. Артемьев А.В., Васильев С.Л., Юргенсон С.А., Кулаков В.В., Авдеев В.В. Исследование макроструктуры углеродных фрикционных материалов методом рентгеновской томографии / Артемьев А.В., Васильев С.Л., Юргенсон С.А., Кулаков В.В., Авдеев В.В. // Цветные металлы. – 2012. – вып. 12.
3. Васильев С.Л., Артемьев А.В., Бакулин В.Н., Юргенсон С.А. Контроль образцов методом вычислительной рентгеновской томографии под нагрузкой / С.Л. Васильев, А.В. Артемьев, В.Н. Бакулин, С.А. Юргенсон// Дефектоскопия. – 2016.- № 5. - с. 52-61.
4. Устройство для определения структуры материала или изделия, преимущественно полимерного композиционного материала: пат. 157585 Рос. Федерация: МПК G01N 3/02/ Юргенсон С.А.; заявитель и патентообладатель Юргенсон С.А.- № 2014138148/28; заявл. 22.09.2014; опубл. 10.12.2015 Бюл. №34

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- от ведущей организации **Государственного научного центра Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского»,**

г. Жуковский, Московская область. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Название работы не в полной мере отвечает содержанию диссертации, охватывая более широкий круг проблем.

2. По нашему мнению, требуется разработка методов взаимосвязи предложенных критериев с прочностными характеристиками конструкций из ПКМ, которые позволили бы расширить область применения предлагаемой методики и повысить ценность результатов исследования.

3. Желательно рассмотреть влияние других типов силового воздействия (сжимающих нагрузок, изгиба, усталостного нагружения) на изменение структуры и прочности элементов авиационных конструкций.

- от официального оппонента **Митрофанова Олега Владимировича**, доктора технических наук, доцента, заместителя главного конструктора по прочности, заместителя начальника научно-исследовательского отдела прочности акционерного общества «Гражданские самолеты Сухого», г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Работа выполнена на стыке трех специальностей 05.07.03 (Прочность и тепловые режимы), 05.11.13 (Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий) и 05.07.02 (Проектирование, конструкция и производство ЛА), что затрудняет оценку полноты и ценности полученных результатов по заявленной специальности.

2. Рентгеновские установки ограничены по габаритам и их применение возможно в ограниченном объеме со средствами специальной защиты. То есть, применение метода ВРТ возможно для элементарных и конструктивно-подобных образцов.

3. Название диссертации не соответствует ее содержанию. То есть, задача изменения характеристик материалов при силовом воздействии, рассмотренная в диссертации, является более простой по сравнению с традиционными задачами исследования несущей способности с позиций, например, нелинейных (геометрически и физически) проблем статической прочности. При интенсивном силовом воздействии характеристики материалов могут изменяться в локальных зонах максимальных напряжений, происходит перераспределение внутренних силовых факторов в зависимости от изменений жесткостных характеристик и далее следует рассматривать итерационную задачу о несущей способности с изменяющимися характеристиками материалов.

4. Целью работы, как указано на стр.4 автореферата, является «повышение несущей способности ... за счет оценки изменения структуры материала при различных конструктивно-технологических решениях». Фактически же следует

рассматривать различные варианты конструкции с наибольшей несущей способностью.

5. На 20 стр. диссертации автор анализирует процессы проектирования конструкций из ПКМ. В частности, указано, что «процесс проектирования и определения конструктивно-технологических параметров носит вариативный характер и не сформирован единый подход, большая часть работ переносится на экспериментальную отработку». С этим нельзя согласиться, поскольку статические и ресурсные испытания, являются частью расчетно-экспериментального обоснования и носят подтверждающий характер.

6. В диссертации (на стр. 20 – 21) автор рассмотрел только самые начальные этапы проектирования композитных конструкций без упоминания существующих в авиационной промышленности этапов разработки конструкций (этап технических предложений, аванпроект и т.д.) или применяемую в последние годы западную систему «ворот» (GATE) с соответствующими требованиями на каждом этапе или «воротах». То есть, комплекс работ, по мнению автора, начинается с «выбора типа КМ и силовой схемы конструкции», а заканчивается «отработкой конструкции в составе планера при статических и ресурсных испытаниях». На практике между указанными этапами проходит от 8 до 15 лет. То есть, параграф №1.1 диссертации следовало бы изложить более подробно в соответствии с принятыми в отрасли этапами.

7. В автореферате (стр. 12) и в диссертации (стр. 63) при определении целевых параметров автор приводит прочностные характеристики изотропных материалов $x=X(E, \sigma_{02}, G, \tau_{02}, \mu, \sigma_B)$, что очевидно требует отдельных комментариев, поскольку работа посвящена композитным конструкциям.

8. Есть несколько замечаний, связанных со ссылками из списка использованных источников.

- от официального оппонента **Стрижиуса Виталия Ефимовича**, доктора технических наук, начальника департамента усталостной прочности и ресурса акционерного общества «Аэрокомпозит», г. Москва. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В разделе «Заключение» работы автор утверждает, что «в результате анализа возможен выбор конструктивно-технологических параметров, повышающих несущую способность конструкций в процессе эксплуатации». Следует, однако, отметить, что влияние эксплуатационного нагружения на несущую способность конструкций из ПКМ в работе не исследовалось, матрица нагружения образцов носит чисто лабораторный характер, такого нагружения в реальной эксплуатации элементов конструкций из ПКМ нет.

2. Следует также отметить определенное несоответствие содержания и названия работы. Работа при явно «прочностном» названии на самом деле посвящена исследованиям влияния на несущую способность авиационных конструкций из композиционных материалов прежде всего конструктивно-технологических параметров, а не «силового воздействия».

3. В диссертационной работе присутствуют некоторые упущения в вопросах орфографии и оформлении работы с точки зрения действующих ГОСТов.

- от **Юркова Андрея Львовича**, доктора технических наук, ведущего научного сотрудника ЗАО «Институт новых углеродных материалов и технологий», отзыв положительный. Имеется замечание:

1. В качестве замечания можно указать недостаточную освещенность вопроса влияния технологических факторов (таких как давление, температура, подготовка связующего и т.д.) на рассматриваемые в работе количественные критерии.

- от **Халиулина Валентина Илдаровича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Производство летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Работоспособность методики показана на элементарных образцах с одноосным силовым воздействием. В то время как основной интерес при отработке конструктивно-технологических решений возникает при исследовании конструктивно-подобных образцов со сложным напряженно-деформированным состоянием.

2. Методика не позволяет напрямую повысить эффективность конструкций, но предоставляет дополнительный инструмент оценки эффективности рассматриваемых решений.

- от **Дворецкого Александра Эргардовича**, кандидата физико-математических наук, заместителя генерального директора ОАО «Композит». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Исходя из текста автореферата создается впечатление о несоответствии темы основному содержанию работы. Так, в автореферате отсутствуют соотношения, позволяющие оценить остаточную несущую способность элементов конструкций по известным количественным характеристикам их степени повреждения.

2. Представляется целесообразным дополнить наблюдения на разработанном стенде данными, получаемыми методом акустической эмиссии. Это позволило бы провести дополнительную верификацию экспериментальной схемы и получить более полную информацию о текущей степени повреждения образца.

- от **Ларина Алексея Андреевича**, кандидата технических наук, заместителя начальника лаборатории, начальника отдела прочности и ресурса АО «Московский машиностроительный экспериментальный завод–композиционные технологии». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В рамках исследований не определен уровень дефектности внутренней структуры образцов из ПКМ, по которому должна осуществляться отбраковка.

2. В рамках работы рассмотрены образцы, изготовленные методом пропитки и формования под двойным вакуумным пакетом, можно рекомендовать провести исследования образцов, изготавливаемых по технологии автоклавного формования, которая является одной из наиболее широко применяемых технологий при производстве изделий из ПКМ для авиационной промышленности.

- от **Комарова Валерия Андреевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой конструкции и проектирования летательных аппаратов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Примеры повышения несущей способности на основе выполненного исследования не приведены.

2. Формулировка оптимизационной задачи (8) использует математический аппарат, не имеющий ничего общего с записью подобных задач в терминах нелинейного математического программирования, что затрудняет понимание работы.

3. В автореферате заявлено использование метода конечных элементов, но так и не показаны цели и результаты его применения.

- от **Макарова Александра Федотовича**, кандидата технических наук, ведущего конструктора АО «ГосМКБ «Радуга» им. А.Я. Березняка». Отзыв положительный, замечаний нет.

- от **Громова Алексея Николаевича**, технического директора акционерного общества «Московское машиностроительное предприятие имени В.В. Чернышева». Отзыв положительный, замечаний нет.

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна и достоверность полученных результатов, а также их практическая значимость.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

- официальные оппоненты работают на ведущих предприятиях аэрокосмической отрасли, имеют значительный опыт в научно-исследовательской и проектно-конструкторской работе в области проектирования, испытаний, производства и эксплуатации изделий из композиционных материалов;

- ведущая организация обладает значительным опытом создания моделей для анализа конструкций из композиционных материалов, а также исследования их теоретических и экспериментальных характеристик.

Диссертационный совет отмечает:

1. Считать диссертационную работу Юргенсона С.А. научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения и методики, имеющие существенное значение при

проектировании и прогнозировании эксплуатационного состояния авиационных конструкций из композиционных материалов.

2. На основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** новая методика анализа структуры материала в зависимости от силового воздействия на основе графических моделей накопления дефектов, позволяющая оценить изменения несущей способности авиационных конструкций;

- впервые **предложены** количественные критерии результатов томографической информации, позволяющие сравнивать различные конструктивно-технологические параметры и исследовать поведение конструкции при силовом воздействии;

- **разработан** способ получения новой информации о поведении композиционного материала непосредственно под нагрузкой;

- **доказана** перспективность использования методов вычислительной рентгеновской томографии для повышения эффективности верификации прочностных моделей прогрессирующего разрушения конструкций из полимерных композиционных материалов;

- **новые понятия** не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** возможность проведения исследований на элементарных образцах без конструктивных и технологических концентраторов с применением критериев, осредненных по высоте изделия, что значительно снижает трудоемкость проведения исследования. При этом среднеквадратичная погрешность измерений составила не более 1%;

- **доказано**, что графические модели, основанные на предложенных критериях, позволяют комплексно описывать процессы деградации структуры композиционного материала в авиационных конструкциях в процессе силового воздействия;

- впервые **получена** количественная оценка состояния композиционного материала, склонного к накоплению дефектов, в течение и после снятия силового воздействия. Изменение составляет порядка 7%;

- **применительно к проблематике** диссертации эффективно использованы высокоточный метод неразрушающего контроля (вычислительная рентгеновская

томография), методы постановки научного эксперимента и элементы математической статистики;

- **проведено** экспериментальное подтверждение работоспособности предлагаемой методики при варьировании конструктивно-технологических параметров элементарных образцов;

- **предложено** применение термина «структурная плотность» в приложении к анализу состояния конструкций из полимерных композиционных материалов;

- **изложены** принципы взаимодействия полученных новых результатов с существующими методами конечно-элементного анализа композиционных материалов.

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

- **предложена** новая методика, дополняющая существующие методы оценки несущей способности авиационных конструкций из полимерных композиционных материалов;

- **разработан** специальный стенд для проведения лабораторных исследований на элементарных образцах, обеспечивающий силовое одноосное воздействие при анализе методом вычислительной рентгеновской томографии структуры композиционных материалов (патент №157585 от 22.09.2014 г. «Устройство для определения структуры материала или изделия, преимущественно полимерного композиционного материала»);

- **проведен** комплекс работ по использованию отдельных элементов предлагаемой методики при отработке технологических процессов изготовления элементов авиационных конструкций для предприятий аэрокосмической отрасли, что подтверждено актами внедрения;

- **получена** доказательная база следующего: деградация структуры материалов, для которых характерно накопление повреждений, возникает на начальном этапе приложения нагрузки (составляющей до 20% от разрушающей) и достигает 3 – 4%. В процессе последующего нагружения образцов (до их разрушения) изменения в структуре материалов могут достигать 15 – 18% по отдельным критериям;

- доказана практическая необходимость применения разработанной методики для определения склонности материала к накоплению дефектов в процессе силового воздействия при выбранных конструктивно-технологических параметрах в процессе проектирования авиационных конструкций из композиционных материалов.

Реализация результатов исследований.

Полученные теоретические и практические результаты отражены в 5 отчетах по научно-исследовательским работам, которые выполнялись совместно с ОАО «Комозит», ООО НПП «АпАТЭК», ОАО «НИАТ», ЗАО «ТМЗ». Результаты исследований также использованы при анализе состояния и отработке технологических процессов элементов конструкций вертолетной техники и элементов силовых установок на АО «Камов» и АО «ММП имени В.В. Чернышева», что подтверждено актами о внедрении результатов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила следующее:

- проведено экспериментальное обоснование предложенной методики при объеме выборки образцов, необходимом и достаточном для получения достоверных значений;
- установлено качественное соответствие авторских результатов с опубликованными результатами исследований других авторов;
- использован экспериментальный материал, полученный высокоточным методом вычислительной рентгеновской томографии.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- разработана новая методика оценки изменения структуры полимерных композиционных материалов авиационных конструкций при силовом воздействии. Методика позволяет количественно анализировать процессы разрушения таких конструкций;
- разработан, изготовлен и запатентован специальный стенд для создания силового воздействия при томографическом исследовании авиационных конструкций;
- определены количественные критерии оценки структурной плотности материалов на основе томографической информации;

- получены экспериментальные подтверждения разработанной методики, например, при варьировании двух типов компонентов композиционного материала выявлены зависимости количественных критериев оценки структурной плотности материалов от уровня силового воздействия. На основе данных зависимостей построены графические модели поведения материала;

- выполнена подготовка публикаций по представленной работе.

На заседании 19 октября 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Юргенсону Сергею Андреевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов», участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ученый секретарь
Ученого совета МАИ

19 октября 2016 г.


Ю. И. Денисов

А. Р. Денисова

А. О. Шемяков

