

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Юргенсона Сергея Андреевича
**«Изменение несущей способности авиационных конструкций из
композиционных материалов в зависимости от силового воздействия»**

(научный руководитель – к.т.н. Васильев С.Л.), представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Известно, что важнейшее значение при использовании полимерных композиционных материалов (ПКМ) приобретает возможность управления физико-механическими характеристиками ПКМ, в том числе характеристиками статической и усталостной прочности.

Важно отметить, что для ПКМ структура материала (в том числе, наличие дефектов, полученных при изготовлении, и эксплуатационных повреждений) имеет особое влияние на несущую способность композитной конструкции. Эти положения определили направление представленной диссертационной работы, связанное с разработкой подхода и выбором критериев исследования конструктивно-технологических параметров для конструкций из ПКМ при силовом воздействии для повышения их несущей способности. В этом плане **актуальность темы** диссертационной работы не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, заключения, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 125 страниц, включая 64 рисунка и 7 таблиц. Список литературы содержит 112 наименований.

Полученные в диссертации научные результаты представлены в 15 печатных работах, в том числе 3 из них в журналах, рекомендованных ВАК.

Во введении дается обоснование актуальности темы диссертации, описана проблематика производства и проектирования авиационных конструкций из ПКМ, определены цели и задачи исследования.

В первой главе рассматриваются этапы развития применения ПКМ в авиационной отрасли, описаны достоинства и недостатки использования ПКМ в

элементах планера самолета. Приведено описание процедуры проектирования изделий из ПКМ, основанной на совместной обработке конструктивных и технологических решений, с учетом прочностного анализа и экспериментальной оценки принятых решений.

Вторая глава посвящена определению количественных критериев, применяемых для анализа структурной плотности материала с использованием метода вычислительной рентгеновской томографии (ВРТ).

На основе анализа выделены три основных направления применения метода ВРТ:

1. Исследование структуры ПКМ с целью выявления дефектов.
2. Определение изменений в структуре ПКМ при силовом воздействии.
3. Верификация конечно-элементных моделей и их дополнение информацией о развитии и наличии внутренних расслоений.

В третьей главе приводятся основные положения, лежащие в основе разрабатываемой методики оценки конструктивно-технологических решений на основе совместного применения метода вычислительной рентгеновской томографии и специального стендового приспособления, реализующего силовое воздействие.

В основе разрабатываемой методики лежит положение о различных моделях поведения конструкций из ПКМ в зависимости от конструктивно-технологических параметров.

В четвертой главе приводятся результаты исследования элементарных образцов, выполненных по одной технологии с использованием различных армирующих материалов и связующего, подтверждающие работоспособность предложенной методики.

Можно отметить наиболее существенные новые научные результаты, полученные автором.

1. Для оценки изменений несущей способности авиационных конструкций разработана методика анализа поведения структуры материала в зависимости от силового воздействия на основе графических моделей накопления дефектов.

2. Предложены количественные критерии на базе осредненных по высоте рабочей зоны образца результатов томографической информации, позволяющие сравнивать различные конструктивно-технологические параметры и исследовать поведение конструкции при силовом воздействии. Критерии основываются на описании распределения линейного коэффициента ослабления (ЛКО) относительно исходного состояния конструкции и могут рассматриваться как дополнительный параметр оценки конструктивно-технологических решений, что позволяет анализировать процессы изменения структуры материала в авиационных конструкциях из ПКМ.
3. Эффективность разработанной методики заключается в количественном описании процесса накопления дефектов в конструкции, позволяющем проводить сравнение механизмов разрушения при выборе различных конструктивно-технологических параметров.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что ее результаты могут быть использованы в ОКБ при принятии решения на начальных этапах разработки конструкции из ПКМ в части выбора материала и отработки технологических процессов производства. Результаты работы позволяют проводить оценку поведения материала, уточнять существующие прочностные модели и количественно сравнивать существующие материалы и технологии с целью обоснования их выбора для конкретного элемента конструкции.

Достоверность полученных результатов обеспечивается достаточно высокой корреляцией с существующими моделями поведения ПКМ под нагрузкой и результатами, полученными в работах других авторов.

К несомненным достоинствам работы следует также отнести широкую апробацию и внедрение результатов работы в процесс решения ряда вопросов научно-исследовательских работ предприятий аэрокосмической отрасли.

Замечания к работе сводятся к следующему.

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

нагрузки 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.

В целом, диссертационная работа Юргенсона С.А. представляет собой законченное научное исследование, имеющее несомненную практическую ценность и соответствует требованиям ВАК при Министерстве образования и науки РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, С.А. Юргенсон, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Содержание автореферата правильно отражает основные результаты диссертации.

Начальник департамента
усталостной прочности и ресурса
АО «АэроКомпозит», доктор технических наук



Стрижиус В.Е.

Подпись заверяю:
Директор по персоналу и общим вопросам
АО «АэроКомпозит»



Буланова В.С.