

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и инновационной
деятельности ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский
технический университет
имени А.Н. Туполева-КАИ»,

д.т.н., профессор

С.А. Михайлов

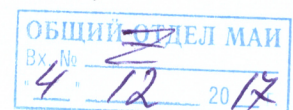


« 1 » Октября 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ» на диссертационную работу Пье Пху Маунг на тему: «МЕТОДИКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОСТЕННЫХ РЕФЛЕКТОРОВ АНТЕНН ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Актуальность темы диссертации. Технологии производства летательных аппаратов (ЛА) должны обеспечивать заданные геометрические и точностные характеристики ЛА при минимальных затратах. Главной целью в процессе производства антенн летательных аппаратов является обеспечение не только механических свойств рефлекторов, но и минимальных отклонений формы отражающей поверхности от заданной. Искажение формы отражающей поверхности приводит к снижению функционального качества, и поэтому



актуальной является разработка численных методов и моделей для анализа напряженно-деформированного состояния конструкции рефлекторов на различных этапах технологического процесса их производства. Применение таких методов позволит сократить количество дорогостоящих натуральных экспериментов. В рецензируемой работе рассматривается проблема производства высокоточных крупногабаритных композитных антенных рефлекторов с углепластиков с использованием современной технологии, отличающейся высокой экономической эффективностью. Таким образом, проведение исследований в данной области является актуальным и представляет собой большой научный и практический интерес.

Общая характеристика диссертации. Диссертация Пье Пху Маунг содержит 135 страниц текста, включая 95 рисунков и 27 таблиц, состоит из введения, 4 глав и списка литературы, содержащего 153 наименования.

Структура диссертации является логичной и полностью соответствует поставленной цели и задачам исследования. По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 5 статей опубликовано в изданиях, входящих в перечень ВАК для кандидатских диссертаций.

Выводы соответствуют полученным научным результатам, сделаны на основе теоретических и экспериментальных исследований. Автореферат освещает основное содержание диссертации и позволяет получить достаточно полное представление о проделанной автором работе.

Основные результаты и их значимость для науки и производства

Значимость для науки. Основными научными результатами следует считать разработку методик оценки формообразующих свойств тканых структур, определения сетевых углов, определения коэффициентов проницаемости и коэффициента пропитываемости для систем «связующее–тканый наполнитель». Автором также разработаны математические модели, позволяющие оценить изменение формообразующих свойств тканей. Разработана методика, позволяющая

производить оценку кинетики процессов отверждения рефлекторов из углепластика с учетом тепловых эффектов.

Значимость выполненного исследования для практики заключается в разработанной методике, использование которой позволяет оптимизировать технологические режимы формования изделий из полимерных композиционных материалов, причем не только по технологии вакуумной инфузии, которая использовалась в данной диссертационной работе, но и для других технологий формования, например, при пропитывании под давлением. Кроме этого, с учетом формообразующих свойств и фактических значений сетевых углов используемой ткани, автором предложена методика определения мест установки канала для подачи связующего. Таким образом, полученные автором результаты имеют большую теоретическую и практическую значимость для развития технологий производства тонкостенных конструкций из полимерных композиционных материалов.

Научная новизна результатов исследования заключается в разработанных математических моделях, позволяющих учесть экзотермические эффекты в процессе отверждения. Автором также разработаны математические модели, позволяющие определить кинетику процессов пропитывания в зависимости от структурных характеристик тканей, используемых в качестве армирующего материала.

Достоверность и обоснованность научных положений, полученных результатов и выводов, приведенных в диссертационной работе, подтверждены сопоставлением результатов теоретических и экспериментальных исследований и гарантируются корректным использованием математических методов и моделей с четкой формулировкой допущений и условий, в рамках которых проводились расчёты.

Реализация результатов исследований. По результатам диссертационной работы автором разработана технология изготовления рефлектора с использованием полимерных композиционных материалов. Автором лично изготовлены 3 полномасштабные модели рефлекторов. Результаты диссертационной работы применяются в учебном процессе Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертации, в том числе предложенные модели, целесообразно:

— использовать в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и проектных работах, связанных с решением проблемы в исследуемой области;

— использовать в учебном процессе в вузах, осуществляющих подготовку специалистов в области разработки конструкции и технологии изготовления изделий из полимерных композиционных материалов;

— рекомендовать для организаций авиационного комплекса при подготовке организационно-технологической документации.

Общая характеристика работы.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследования, даны характеристики основных методов данного исследования, обозначены научная новизна и практическая значимость работы, приведено описание её структуры и содержания.

В первой главе предпринята попытка анализа современных представлений о конструкциях высокоточных современных рефлекторов, особенностей формирования конструктивно-силовой схемы рефлектора и выбора материалов. Также проанализированы некоторые аспекты производства изделий на основе терморезистивных связующих и тканых наполнителей. Отмечается, что себестоимость изделий, формируемых на основе препрегов, высока и целесообразно переходить к прямым методам формования, в том числе использовать метод

вакуумной инфузии (Vacuum Assisted Resin Infusion–VARI). Автор анализирует методы моделирования кинетики процесса пропитывания и отверждения связующих, а также рассматривает методики оценки формообразующих свойств армирующих тканей в зависимости от типа плетения и последующей технологической переработки. По итогам литературного обзора сформулирована цель работы и задачи исследования.

Во второй главе основное внимание уделено вопросам, связанным с моделированием процесса пропитывания тканых наполнителей. Разработана математическая модель элементарной ячейки тканого материала при его выкладке на поверхности оснастки двойной кривизны и приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований кинетики процесса пропитывания углеродной ткани эпоксидным связующим в зависимости от структуры ткани. Большое внимание уделено исследованию структуры плещёных тканей. В качестве конструкционного материала автор предлагает использовать углепластики на основе тканей HEXCEL, Аспро А-60, Аспро А-80 (с эпоксидной матрицей), обеспечивающие геометрическую термостабильность конструкции. Разработана математическая модель элементарной ячейки при выкладке на поверхность оснастки, которая учитывает изменение сетевых углов внутри каждой ячейки. Показано, что плотность ткани на разных участках будет разной из-за изменения сетевого угла. Также установлено влияние кривизны рабочей поверхности оснастки на величину коэффициентов проницаемости.

В третьей главе рассмотрен очень важный практический вопрос, связанный с разработкой технологических операций выкройке и выкладки. Представлена маршрутная технология формования тонкостенного рефлектора, включающая в себя следующие основные операции: подготовка оснастки (очистка поверхности, обезжиривание, нанесение антиадгезионного покрытия), раскрой и выкладка углеродной ткани, раскрой и выкладка жертвенного слоя, проверка герметичности вакуумного пакета, приготовление связующего, пропитка, отверждение, извлечение изделия и контроль весовых и геометрических параметров. Для обоснования содержания переходов основных технологических операций и

обеспечения качества изделия автором проведен целый ряд исследований, которые имеют большую практическую значимость. В работе установлено влияние пористости на формообразующие свойства тканей и выполнен анализ влияния схемы выкладки на качество и длительность технологического процесса. Погрешность между теоретическими и экспериментальными значениями не превышает 3%, что свидетельствует о высокой точности разработанных математических моделей.

В четвертой главе подробно рассмотрен вопрос моделирования кинетики процесса отверждения. Отверждение изделий из полимерных композиционных материалов — наиболее продолжительная технологическая операция, и выбор правильных режимов термообработки позволяет существенно сократить продолжительность технологического процесса в целом и снизить себестоимость. Автором последовательно разработаны две модели теплообмена в процессе отверждения: без учета и с учетом экзотермических эффектов. Произведено моделирование экзотермических эффектов в процессе отверждения эпоксидного связующего, что позволило решить задачу оптимизации скорости нагрева в процессе отверждения. В этой же части работы автором проведена оценка качества изготовленного рефлектора и показано, что погрешности при изготовлении по толщине составляют 3 мкм, а по профилю отражающей поверхности – 15 мкм, что полностью соответствует заданным техническим требованиям.

Замечания по диссертации

- 1) В работе отсутствует методика расчета оптимальных значений сетевых углов и пористости ткани в зависимости от кривизны оснастки.
- 2) В работе все расчеты и экспериментальные исследования приводятся только для низкопористых тканей, и неясно, возможно ли применять полученные автором результаты для других типов армирующих наполнителей.
- 3) Диссертация напечатана не в цвете, и поэтому некоторые данные на рисунках требуют дополнительного пояснения, например, рисунки 4.5-4.9 и 4.23.
- 4) Имеются вопросы по оформлению списка литературы, например, пп. 14, 26.

Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором при проведении дальнейших исследований.

Заключение

Диссертация Пье Пху Маунг является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена задача совершенствования технологии производства тонкостенных рефлекторов антенн, изготовленных из полимерных композиционных материалов.

Выводы, рекомендации и теоретические положения, изложенные в диссертации, научно обоснованы, отличаются новизной и оригинальностью, апробированы в производственных условиях, а также аргументированы.

Основные научные положения достаточно полно опубликованы в рецензируемых научных изданиях, материалах российских и международных научно-практических конференций.

Диссертация «Методика совершенствования технологии производства тонкостенных рефлекторов антенн из полимерных композиционных материалов» соответствует требованиям действующего «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям и паспорту специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Отзыв на диссертационную работу Пье Пху Маунг рассмотрен и одобрен на научном семинаре кафедры «Производство летательных аппаратов» Казанского национального исследовательского технического университета имени А.Н. Туполева 30 ноября 2017 г, протокол №4.

Заведующий кафедрой
«Производство летательных
аппаратов» КНИТУ-КАИ
д.т.н., профессор,
специальность 05.07.02
(ранее 05.07.04)

Подпись _____
заверяю. Начальник управ
делами КНИТУ-КАИ



04.12.2017 *Handwritten signature*