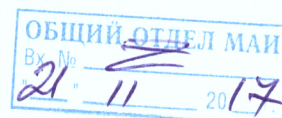


## Отзыв

официального оппонента д.т.н., профессора Комарова Валерия Андреевича на диссертацию 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.** В настоящее время практически все летательные аппараты оснащаются различными антеннами, в т.ч. параболическими с большими абсолютными размерами. К ним предъявляются очень высокие требования по точности формы и весовому совершенству. Поэтому, для их конструкции широко используются полимерные композиционные материалы с различными технологиями изготовления. Одним из первых способов изготовления больших антенн был автоклавный. Недостатками при изготовлении подобных конструкций традиционными способами являются большая трудоемкость из-за длительности процесса формования, высокая стоимость препрегов и перетяжеление конструкции в ряде случаев. Сейчас появились более экономичные инфузийные методы изготовления, в которых при формовании вместо препрегов используются ткани, и процесс нанесения связующего на ткань совмещен с операцией выкладки. Однако практический опыт освоения новых методов показывает, что при такой технологии изготовления повышается пористость материала, снижаются механические характеристики и возможно искажение формы. Кроме того, в процессе отверждения термореактивных связующих выделяется тепло. Поэтому, для успешного внедрения в практику инфузийных методов необходимы глубокие междисциплинарные исследования, направленные на совершенствование технологических процессов изготовления таких сложных ответственных агрегатов, какими являются антенны.





Поэтому, работа Пье Пху Маунга, направленная на повышение функционального качества тонкостенных рефлекторов антенн летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов с учетом ряда технологических аспектов, безусловно, актуальна.

### **Достоверность и новизна выводов и результатов исследований**

Структура диссертации Пье Пху Маунг является традиционной и соответствует требованиям ВАК РФ. Она состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы из 153 наименований. Диссертация изложена на 135 стр. включая 95 рис. и 27 таблиц. Принципиальных замечаний к оформлению диссертации и автореферата нет. Полученные автором результаты и выводы по работе показывают, что проблемы, сформулированные в ходе проведенных научных исследований, полностью успешно решены.

Публикации автора имеют достаточно высокий уровень и отражают основное содержание диссертации. К их числу относятся 14 научных работ, том числе в 5 статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Научную новизну** имеют следующие полученные автором результаты.

1) Разработана математическая модель процесса пропитывания тканых наполнителей с учетом влияния сетевого угла, который возникает при выкладке ткани на криволинейную поверхность.

2) Разработана экспериментально-аналитическая методика учета влияния пористости на формообразующие свойства ткани.

3) Разработана методика учета оценки тепловых эффектов в процессе отверждения связующего, позволяющая сократить продолжительность изготовления изделий из полимерных композиционных материалов.

**Практическая значимость.** В работе получены ценные данные о влиянии сетевых углов и места подачи связующего на продолжительность



технологической операции – пропитывания. В работе для конкретной конструкции рефлектора летательного аппарата определены рациональные схемы выкладки и выкройки, что позволило разработать рациональные технологические режимы.

Таким образом, в руки технологов дается инструмент для выявления резервов повышения показателя качества композитов, армированных любыми тканями или лентами, не требующий дорогостоящего создания новых компонентов.

### **Значимость выполненной работы для науки и техники**

Диссертационная работа представляет научный и практический интерес. Такое заключение обосновано следующими причинами.

Во-первых, разработанные в диссертации методики на стадии разработки технологий выкладки армирующего наполнителя на поверхность оснастки и его пропитки позволяют априори обеспечить качество формуемой детали, что значительно сокращает время предварительных исследований и повышает экономическую эффективность технологии в целом. Таким образом, диссертация вносит вклад в разработку новой проектной парадигмы – «точного попадания» (concurrent design).

Во-вторых, разработанные диссертантом инструментальные подходы к оценке тепловых эффектов, которые происходят в процессе отверждения формуемой детали при повышенной температуре, имеют принципиальное значение для выбора режимов отверждения. Эта часть работы представляет одновременно научный и практический интерес.

Ценность работы для науки и техники заключается в разработке новых методических подходов к выбору армирующих тканей и связующих с оптимальным комплексом свойств и в разработке методических рекомендаций по выполнению основных технологических операций (выкладка, пропитка и отверждение).



## **Оценка содержания диссертации.**

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и задачи, намечена методология и методы исследования с использованием новейшего экспериментального оборудования и программного обеспечения.

**В первой главе** научная проблема формируется на основании проведенного обзора литературы. Автор рассматривает существующие технологии формования деталей из полимерных композиционных материалов с использованием эпоксидных связующих. Основное внимание уделено двум технологическим операциям: выкладки и отверждения. Для обеспечения качества выполнения первой технологической операции – выкладки, автор исследует существующие методы моделирования кинетики процесса пропитывания и методы оценки формообразующих свойств армирующих тканей. Автор также рассматривает финишную технологическую операцию – отверждение и делает анализ существующих методов ее моделирования.

Заслуживает высокой оценки выбор и анализ современных актуальных источников, в т.ч. зарубежных, сравнительный анализ четырех крупных программных комплексов по обсуждаемой проблеме (с.21). Завершается глава четкой формулировкой задач исследования.

**Вторая глава** диссертации посвящена исследованию ряда вопросов, связанных с процессом пропитывания тканых наполнителей. Последовательно анализируются вязкость эпоксидных связующих и факторов, влияющих на нее. Исследуется влияние на пропитываемость двух структур перспективных углеродных тканей - Аспро А-60 и ХЕХСЕЛ. В качестве объектов исследования автором использованы низкопористые углеродные ткани и эпоксидное связующее. В работе подробно описаны методики оценки коэффициентов проницаемости и учтено влияние сетевого угла ткани на ее проницаемость. Эта часть работы состоит из экспериментальных и теоретических исследований, результаты которых



автор постоянно сравнивает между собой. Такой подход позволил ему разработать простую и эффективную методику учета таких характеристик армирующих тканей, как пористость и сетевой угол.

**Третья глава** посвящена экспериментальной отработке различных схем выкройки и выкладки углеродной ткани. Рассмотрены основные технологические операции производства рефлектора по технологии вакуумной инфузии. Автор изготовил несколько рефлекторов, отличающихся между собой только габаритами, что позволило ему сформулировать основные технологические проблемы, возникающие при их производстве и разработать рациональную схему выкладки. В работе приводятся сведения об изготовлении полномасштабной модели рефлектора, и проведено сравнение результатов экспериментальных и теоретических исследований, которое показало расхождение по времени пропитки всего 3%, что можно считать очень хорошим результатом.

**Четвертая глава** посвящена исследованию кинетики процессов отверждения связующего. Автором выполнен обширный цикл расчетов, позволяющих оценить тепловые эффекты в процессе полимеризации связующего. Полученные результаты теоретических исследований автор сравнивает с результатами экспериментов, которые он выполнил с использованием самого современного термоаналитического оборудования. Заслуживает внимания установленное экспериментально существенное увеличение количества выделяемого тепла при увеличении скорости нагрева образца, которое необходимо учитывать при программировании процесса полимеризации. Завершается глава демонстрацией высокого качества рефлекторов, изготовленных с использованием разработанной технологии.

#### **Замечания по диссертации и автореферату:**

1. Список условных обозначений и сокращений расположен неудачно: после выводов, перед списком литературы.



2. В разделе 1.4 не дано математического определения важнейшего понятия «коэффициент проницаемости».
3. В формуле (2.10) и далее в (2.12) коэффициент проницаемости пропорционален вязкости, что нуждается в комментариях.
4. В разделе 3.2 не даны в явном виде размеры ячеек.
5. С.65 «наиболее рациональная схема» - лучше было бы просто сказать «лучшая из трех».
6. В (4.3) не определено  $H$ .
7. С. 99 – в оценке варианта 3 едва ли правомерно говорить об оптимальности. Скорее всего, это компромиссная точка на множестве Парето.
8. Появление таблицы 4.13 на с.110 без необходимых пояснений перед общими выводами по работе представляется нецелесообразным.
9. На рис. 1.2 показана конструктивная схема рефлектора с ребрами, далее на рис. 4.3 также с ребрами, но ничего в диссертации об этом важнейшем элементе не говорится.

Высказанные замечания не затрагивают существа выполненных исследований и сделанных выводов. В ряде случаев они несколько затрудняют чтение диссертации или просто носят характер опечаток.

### **Заключение**

Полученные автором результаты достоверны и соответствуют поставленным цели и задачам. Научные положения, выносимые на защиту, обоснованы, достоверны и отличаются новизной. Экспериментальные результаты получены с использованием широкого спектра современных методов. Тема диссертации соответствует заявленной специальности.

Диссертация Пье Пху Маунг является самостоятельной законченной научной квалификационной работой. По актуальности темы, научной новизне, практической значимости и достоверности результатов диссертация «Методика совершенствования технологии производства

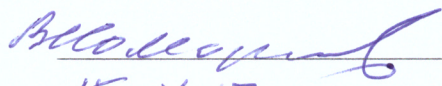


тонкостенных рефлекторов антенн из полимерных композиционных материалов» соответствует требованиям действующего Положения о присуждении ученых степеней (пп. 9 - 11, 13, 14), утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г, предъявляемым к кандидатским диссертациям и паспорту специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов, а ее автор Пье Пху Маунг заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент

заведующий кафедрой конструкции и проектирования летательных аппаратов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университета имени академика С.П. Королева», профессор, доктор технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

тел.: (846) 267-46-45; e-mail: vkomarov@ssau.ru

  
15.11.17

Комаров Валерий Андреевич

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева";

443086, Приволжский федеральный округ, Самарская область, г. Самара, Московское шоссе, д. 34. тел.: (846) 335-18-26; e-mail: [ssau@ssau.ru](mailto:ssau@ssau.ru), сайт: <http://www.ssau.ru>.

04.12.2017 *Тидуф*

