

Проректору по научной работе ФГБОУ ВО
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
доктору технических наук, профессору
Ю.А. Равиковичу

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю отзыв ведущей организации на диссертационную работу Чэнь Янян «Разработка методики оптимизации технологических режимов отверждения полимерного связующего при производстве деталей летательных аппаратов из композиционных материалов», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Приложение: на 7 л. в 2 экз.

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

Исполнитель
В.И. Халиулин
Тел. 231-03-25

Отдел документационного
обеспечения МАИ

25 10 20 21 г.

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



«20» октября 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева - КАИ» на диссертационную работу Чэнь Янъян «Разработка методики оптимизации технологических режимов отверждения полимерного связующего при производстве деталей летательных аппаратов из композиционных материалов», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

Актуальность темы диссертации

При производстве летательных аппаратов (ЛА) наблюдается увеличение использования полимерных композиционных материалов (ПКМ) в качестве конструкционных, однако серьезные проблемы, связанные с огромным влиянием технологических режимов их формования, выводят проблему повышения качества деталей из ПКМ при снижении их себестоимости на первый план.

Технологические погрешности в процессе производства приводят к образованию термических напряжений и, как следствие, к снижению прочности композитной конструкции, и поэтому актуальной является разработка методики проектирования технологических режимов производства. Существующие методы контроля качества технологических режимов не обеспечивают решение этой задачи на современном уровне, о чем свидетельствует высокая себестоимость контрольных операций при низком уровне повышения качества формования. Подавляющее большинство предлагаемых технических решений ориентированы на изготовление единичных образцов, тогда как серьезной

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«25» 10 2021 г.

проблемой является обеспечение качества деталей из ПКМ в условиях действующих промышленных предприятий. С увеличением номенклатуры конструкций из ПКМ, увеличиваются и затраты на выполнение НИР и НИОКР, что связано с большим разнообразием используемых связующих и армирующих материалов.

Независимо от используемых технологий формования, завершающей технологической операцией при изготовлении деталей ЛА из ПКМ, является отверждение, в процессе которого связующее из жидкого агрегатного состояния первоначально переходит к гелеобразное, а далее в твердое и температурно-временные условия этого перехода зависят от множества факторов. Еще одна важная задача связана с необходимостью учета теплофизических свойств армирующих материалов, которые оказывают существенное влияние на кинетику процесса отверждения. В связи с этим диссертационная работа Чэнь Янян, посвященная решению задачи совершенствования процесса производства деталей ЛА из ПКМ за счет оптимизации технологических режимов отверждения полимерного связующего, несомненно, является актуальной.

Оценка структуры и содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация изложена на 134 страницах машинописного текста, включает 71 рисунок, 26 таблиц и 1 приложение. Работа имеет общепринятую структуру, состоит из введения, четырех глав, основных выводов и результатов, списка использованной литературы из 149 наименований. Содержание диссертации полностью соответствует поставленной цели и задачам исследования.

Во введении обоснована актуальность, степень разработанности темы исследования, сформулированы цель, задачи, научная новизна и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе анализируется современное состояние исследуемой задачи, рассматриваются теоретические подходы к оценке кинетики процесса нагрева и отверждения и экспериментальные методы их измерения. Рассмотрены материалы и технологии, применяемые в России и КНР при производстве деталей ЛА. По итогам литературного обзора выявлены основные проблемы, возникающие в процессе моделирования и оптимизации кинетики процесса отверждения композитных конструкций из ПКМ при их производстве. Результатом первой главы является формулировка цели и задач исследования.

Во второй главе приводятся результаты экспериментальных и теоретических исследований свойств эпоксидных связующих в процессе их

отверждения. Разработана методика оценки температуры и времени гелеобразования в зависимости от кинетики процесса их нагрева и методика определения теплофизических свойств связующего в зависимости от степени отверждения. На основании полученных результатов автор определяет кинетические характеристики используемых связующих в процессе их отверждения.

Третья глава посвящена теоретической и экспериментальной оценке кинетики процесса отверждения ПКМ с учетом теплофизических свойств армирующего наполнителя. На основании полученных результатов, автором разработан алгоритм определения режима отверждения ПКМ и алгоритм оптимизации технологических режимов.

В четвертой главе, на конкретных примерах, рассмотрена технология отверждения деталей ЛА из стеклопластика, для которых исследованы распределения температурных полей, степени отверждения и интенсивности тепловыделения с учетом геометрических и масштабных факторов.

В заключение работы приведены выводы и результаты, соответствующие теоретическим и экспериментальным исследованиям.

Автореферат освещает основные разделы диссертации и позволяет сделать выводы об объеме и результатах проведенных исследований.

Основные результаты и их значимость для развития соответствующей отрасли науки и производства

Значимость результатов диссертации для науки заключается в установлении закономерностей между степенью отверждения эпоксидного связующего и его теплофизическими характеристиками, а также в установлении причинно-следственных связей между кинетикой процесса нагрева, скоростью процесса отверждения и теплофизическими свойствами армирующих наполнителей. Предлагаемая методика оценки тепловых режимов, возникающих в процессе отверждения деталей ЛА из ПКМ позволяет осуществлять идентификацию степени отверждения, а разработанные модели позволяют оптимизировать технологические параметры.

Значимость результатов диссертации для производства заключается в разработанных методиках оптимизации скорости процесса нагрева в зависимости от комплекса факторов, в том числе и экономических.

Предложенный метод оптимизации режима отверждения является очень перспективным, что связано с простотой его реализации и он может быть применен не только по отношению к изделиям из стекло- или углепластиков, но и любым другим ПКМ, при изготовлении которых будут использоваться

связующие, отверждение которых происходит при повышенных температурах. Предложенные автором комплексные технологические решения будут востребованы при производстве конструкций ЛА с сотовым наполнителем, поскольку позволяют существенным образом снизить значения градиентов температур по толщине композитных конструкций. Предложенные автором новые технические решения могут быть легко реализованы на самых различных предприятиях, в том числе и на промышленных предприятиях г. Казани, например, при изготовлении таких деталей, как обшивки, лонжеронов, нервюр, панелей и др.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Рекомендации по использованию результатов исследования состоят в следующем:

- предложенные модели целесообразно использовать при разработке технологических режимов отверждения деталей из ПКМ при выполнении опытно-конструкторских и проектных работ, связанных с применением композитов на основе эпоксидных связующих;

- разработанный алгоритм оптимизации технологических режимов отверждения можно рекомендовать для организаций, занятых проектированием и изготовлением изделий из ПКМ на основе углеродных и стеклянных волокнистых материалов и эпоксидных связующих при выполнении НИР, НИОКР, подготовке конструкторско-технологической и ремонтной документации;

- предложенные методы и результаты исследований можно использовать в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку специалистов и магистров в области разработки новых материалов по направлениям подготовки «Авиационная и ракетно-космическая техника», «Материаловедение и технологии материалов», а также в области изготовления изделий из ПКМ самого различного назначения.

Достоверность, новизна и реализация выводов и результатов диссертации

Полученные автором результаты и выводы по работе показывают, что задачи, сформулированные в ходе проведенных научных исследований, успешно решены в полном объеме.

Научную новизну имеют следующие полученные автором результаты:

- Впервые для оценки кинетики процесса отверждения использованы теплофизические свойства связующего, находящегося в разных агрегатных состояниях: жидком, гелеобразном и твердом.

- Научный и практический интерес представляет разработанная автором методика оптимизации технологических режимов отверждения на стадии процесса нагрева, которая позволяет обосновать кинетику процесса нагрева с учетом комплекса свойств композиционных материалов и размеров формуемой конструкции.

Отличительной особенностью предлагаемых автором технических решений является их универсальность, что позволяет использовать полученные автором результаты при оптимизации техпроцессов различных деталей из стекло- и углепластика.

Таким образом, диссертантом разработана методика, которая одинаково будет востребована технологами и конструкторами и позволит им разрабатывать рациональные конструкторско-технологические решения.

Результаты экспериментальных и теоретических исследований внедрены при проведении научных исследований и в учебном процессе Межотраслевого инжинирингового центра «Композиты России» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Таким образом, полученные автором результаты убедительно демонстрируют их эффективность при производстве деталей ЛА из ПКМ, имеют большую теоретическую и практическую значимость для развития самых различных отраслей, которые занимаются проектированием и изготовлением композитных конструкций.

Замечания по диссертации

В качестве объектов исследования автор ограничился только ПКМ на основе армирующих тканых материалов, тогда как существенно большее применение при производстве деталей ЛА имеют многослойные конструкции, в том числе с наполнителем. Непонятно, возможен ли перенос результатов, полученных автором на иные типы конструкций.

В работе не учтено влияние технологических погрешностей, связанных с нарушением схем армирования и непонятно, будут ли предложенные автором методики эффективны в этих случаях.

Для отверждения образцов и деталей ЛА из ПКМ автор использовал только один тип оборудования – электрическую печь France Etuves серия XU112, тогда

как на производстве для этих целей применяется самое различное оборудование и было бы целесообразно рассмотреть его влияние.

В качестве связующего выбрана лишь одна система, нет анализа влияния природы связующего на результаты оптимизации. Непонятен принцип выбора связующего, логичнее было бы рассмотреть современные связующие, используемые при производстве летательных аппаратов.

Нет сравнительного анализа с коммерчески доступными программными обеспечениями ESI, ANSYS, ABAQUS и др., позволяющими проводить оптимизацию температурно-временных параметров процесса формования с учетом теплофизических параметров системы.

Данные замечания не снижают высокий уровень диссертационной работы и носят рекомендательный характер для организации дальнейших исследований.

Заключение

Диссертация Чэнь Янян является завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложены новые обоснованные технологические решения, направленные на решение актуальной отраслевой задачи – совершенствования технологии производства деталей ЛА из ПКМ основе эпоксидных связующих.

Выводы, рекомендации и теоретические положения, изложенные в диссертации Чэнь Янян достоверны, научно обоснованы, отличаются научной новизной и практической ценностью и апробированы в производственных условиях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы и позволяет сделать выводы об объеме научных исследований. Диссертация и автореферат размещены в открытом доступе в сети Интернет в установленные Положением о присуждении ученых степеней сроки.

Основные результаты работы достаточно полно опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Материалы диссертации отражены в 16 научных статьях, в том числе 3 в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ для кандидатских диссертаций, в том числе 8 в изданиях, входящих в международную базу Scopus.

Диссертационная работа «Разработка методики оптимизации технологических режимов отверждения полимерного связующего при производстве деталей летательных аппаратов из композиционных материалов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов, отвечает критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней»,

утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 и пункту 12. области исследований паспорта специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов, а ее автор Чэнь Янъян заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Проект отзыва на диссертационную работу Чэнь Янъян подготовлен д.т.н., профессором Халиулиным Валентином Илдаровичем.

Диссертация, автореферат и отзыв обсуждены в дистанционном режиме под председательством Халиулина Валентина Илдаровича на расширенном заседании кафедры производства летательных аппаратов с привлечением 4 докторов наук, профессоров 11 октября 2021 г. (протокол №2). Результаты голосования: из 27 присутствующих 27 – за, против нет, воздержавшихся нет.

Заведующий кафедрой
производства летательных аппаратов КНИТУ-КАИ,
д.т.н., профессор
специальность 05.07.02 - Проектирование,
конструкция и производство летательных аппаратов

В.И. Халиулин



Необходимые сведения предоставляю и даю согласие на размещение этих сведений и отзыва на официальном сайте МАИ в сети «Интернет» в соответствии с «Порядком размещения в сети «Интернет» информации, необходимой для обеспечения порядка присуждения ученых степеней, утвержденных приказом Минобрнауки РФ от 16.04.2014 №326.

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Почтовый адрес: 420111, г. Казань, К. Маркса, 10, КНИТУ-КАИ

Тел.:(843) 238-41-10 Факс: (843) 236-60-32

e-mail: kai@kai.ru, <http://www.kai.ru>