

## Отзыв

на автореферат диссертационной работы Чэнь Янян на тему: «Разработка методики оптимизации технологических режимов отверждения полимерного связующего при производстве деталей летательных аппаратов из композиционных материалов», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02- Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

### **Актуальность диссертации.**

Создание композиционных материалов таких как углепластики и стеклопластики обеспечило ускоренное развитие авиационной и ракетно-космической техники. Дальнейшее совершенствование конструкций изделий привело к необходимости повысить выходные характеристики композиционных материалов без увеличения их себестоимости. Однако решение данной задачи невозможно без разработки методов оптимизации технологических режимов изготовления композитов. В связи с этим диссертационную работу Чэнь Янян, посвящённую разработке методики оптимизации технологических режимов изготовления деталей летательных аппаратов на стадии отверждения, следует считать актуальной.

**Цель диссертационной работы** Чэнь Янян заключалась в совершенствовании процесса изготовления деталей летательных аппаратов из стекло- и углепластиков за счёт оптимизации технологических режимов отверждения эпоксидных связующих.

Для достижения поставленной цели исследований автором решались следующие задачи:

- определение теплофизических характеристик связующих в зависимости от их состояния;
- установление связи между теплофизическими свойствами армирующих материалов и распределением температур в композите при его отверждении;
- исследование влияния температурно-временных режимов на кинетику отверждения деталей из композитов.
- разработка методики оптимизации технологических параметров при производстве элементов конструкций летательных аппаратов из композиционных материалов при их отверждении.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«09» 11 2021 г.

**Достоверность результатов диссертационной работы** подтверждается согласованностью выводов с общепринятыми теоретическими положениями, применением методов математической статистики для обработки результатов исследования теплофизических процессов и использованием современных методов исследований.

Автором проведена оценка теплофизических характеристик эпоксидных связующих в процессе изменения их состояния. В диссертационной работе проведена оптимизация технологических параметров отверждения образцов полимерных композиционных материалов стеклопластиков и углепластиков на основе эпоксидных связующих при использовании одноступенчатого и двухступенчатого режимов отверждения

Дана оценки влияния экзотермических эффектов на отверждение стеклопластика и углепластика. Показано, что в углепластике изменение температурного поля и степени отверждения связующего имеют такие же закономерности как для стеклопластика, но из-за меньшего значения теплоёмкости и большого значения коэффициента теплопроводности углеродной ткани, температурное поле по объёму углепластика более равномерное, чем для стеклопластика, и как следствие, степень отверждения по объёму углепластика распределяется равномернее, чем для стеклопластика.

Чэнь Янян в диссертации осуществила разработку технологических режимов изготовления изделий из углепластиков. В качестве объекта исследования в работе выбран баллон высокого давления и стрингер крыла самолёта. В качестве исходных данных использованы результаты определения свойств связующего в процессе отверждения и теплофизические характеристики материалов.

В результате моделирования кинетики отверждения баллона определены значения температурных полей, степени отверждения связующего и интенсивности тепловыделения в различные моменты времени отверждения. Для обеспечения более равномерного распределения температурных полей по толщине конструкции, в работе проведено моделирование при меньшей скорости нагрева, для двухступенчатого режима отверждения, значения которой составила  $3^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  на первом участке и  $1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  на втором участке. Предлагаемый режим отверждения приводит к увеличению продолжительности отверждения на 5%, однако снижает значения градиентов температур по толщине на 8% и по длине на 11%.

В работе также проведено моделирование отверждения стингера крыла самолёта. С использованием кинетических и теплофизических свойств материалов определены

температурное поле, степень отверждения связующего и интенсивность тепловыделения в зависимости от времени отверждения в различных точках стингера.

В результате исследования масштабного фактора установлено, что при увеличении габаритов стингера в 3 раза, интенсивность тепловыделения увеличивается более чем в пять раз, максимальная температура стингера увеличивается на 40%.

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

- выявлено влияние степени конверсии связующего на теплофизические характеристики эпоксидного полимера;
- установлено влияние теплофизических свойств армирующих наполнителей на величину экзотермических эффектов и степень конверсии связующего;
- разработана методика оптимизации технологического режима отверждения композитов на участках нагрева при различных степенях конверсии связующего.

**Практическая ценность** диссертационной работы состоит в следующем:

- разработан метод определения оптимальных технологических режимов отверждения деталей из композиционных материалов, который может быть использован для конструкций различной геометрической формы.

Публикации в достаточной степени отражают содержание диссертации.

**Замечание:** автору диссертационной работы целесообразно показать как выбранные оптимальные режимы отверждения композитов повышают их прочностные характеристики.

Однако, упомянутое замечание не снижает общей положительной оценки диссертационной работы.

**Заключение.** В целом диссертационная работа Чэнь Янян : «Разработка методики оптимизации технологических режимов отверждения полимерного связующего при производстве деталей летательных аппаратов из композиционных материалов» представляе собой законченное исследование, выполненное на актуальную тему на высоком научно-техническом уровне. В диссертации решена важная научная задача, имеющая большое прикладное значение, состоящая в совершенствовании процессов производства деталей летательных аппаратов из полимерных композиционных материалов.

Судя по автореферату, диссертация Чэнь Янян соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, утвержденного положением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к кандидатским

диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02- «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».



Сидоров Олег Иванович

Согласен с обработкой персональных данных и размещении этих сведений и отзыва на официальном сайте МАИ.

Подпись Сидорова Олега Ивановича заверяю

Ученый секретарь, к.х.н.



/Киреев М.М.

Сведения об авторе отзыва

Сидоров Олег Иванович доктор технических наук

научные специальности : 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ; 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

Начальник лаборатории

Федеральное Государственное Унитарное Предприятие «Федеральный Центр Двойных Технологий Союз»

140090, Московская обл., г. Дзержинский, ул. Академика Жукова, д.42

тел. 8(495)551-75-78

E-mail: soyuz@fcdt.ru