

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(КНИТУ – КАИ)

СОГЛАСОВАНО:

Директор ПИШ КАИ

Шабалин Л.П.

2024 г.



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора корпоративного института

Никитина Т.С.

2024 г.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Технология изготовления оснастки из композиционных материалов»

1. Основные характеристики программы

Соответствие профессиональным стандартам	Программа составлена с учетом профстандарта «Инженер-технолог по производству изделий авиационной техники из полимерных композиционных материалов», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.05.2017 №418н.
Соответствие квалификационным требованиям	Программа составлена с учетом приказа Минздравсоцразвития РФ от 11.01.2011 N 1н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих», раздел «Квалификационные характеристики должностей работников, занятых в научно-исследовательских учреждениях, конструкторских, технологических, проектных и изыскательских организациях»
Категория слушателей	Работники конструкторских и технологических отделов предприятий композитного производства
Срок обучения	50 часов
Форма обучения	очная, с полным отрывом от производства

Программа дополнительного профессионального образования разработана и реализуется в рамках федерального проекта «Передовые инженерные школы. Комплексная авиационная инженерия».

2. Цель реализации программы:

Целью программы является формирование у слушателей знаний о проектировании и изготовлении технологической оснастки из композиционных материалов; освоение способов обработки оснастки для достижения высокой точности формообразующей поверхности и получение практических навыков изготовления формообразующих матриц методом вакуумной инфузии.

3. Требования к результатам обучения

Слушатель, освоивший программу, должен:

2.1. Обладать следующими компетенциями:

- проектирование специальной технологической оснастки при помощи прикладных программных средств;
- использование современных информационно-коммуникационных технологий, глобальных информационных ресурсов в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов;
- понимание физических и химических процессов, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации, использование в исследованиях и

расчетах знаний о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), проведение комплексных исследований;

- способность самостоятельно разрабатывать методы и средства автоматизации процессов производства, выбирать оборудование и оснастку, методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, технически и экологически безопасное производства;
- готовность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов;
- способность самостоятельно использовать в профессиональной деятельности современные компьютерные и информационные технологии.

2.2. Знать:

- тенденции развития ПКМ и технологий производства изделий и оснастки из ПКМ;
- типы технологического оборудования для формования изделия;
- виды и устройство технологической оснастки при производстве ПКМ;
- особенности технологических процессов изготовления оснастки для композитного производства.

2.3. Уметь:

- выбирать армирующий материал, связующее, а также вспомогательные материалы для реализации технологических процессов изготовления изделий из ПКМ и оснастки;
- осуществлять оптимальный выбор технологических процессов формообразования оснастки из ПКМ;
- использовать методики выбора технологического оборудования для изготовления изделия из ПКМ;
- прогнозировать влияние технологии формообразования изделия на результирующие эксплуатационные свойства;
- пользоваться методиками разработки специальной технологической оснастки для изготовления композитных материалов при помощи средств автоматизированного проектирования

2.4. Владеть:

- знаниями в области композитных технологий и тенденций их развития;
- методикой использования цифровых технологий в композитном производстве для проектирования деталей и технологии производства;
- навыками использования традиционных и новых технологических процессов, операций, оборудования, нормативных и методических материалов по технологической подготовке производства.

4. Содержание программы

Календарный учебный график

Образовательный процесс по программе может осуществляться в течение всего календарного года.

Форма обучения	Ауд. часов в день	Общая продолжительность программы (дней, недель, месяцев)
очная	10	5 дней

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

программы повышения квалификации

«Технология изготовления оснастки из композиционных материалов»

№	Наименование разделов, дисциплин и тем	Всего часов	В том числе			Форма контроля
			Лекции	Практиче- ские и лабо- раторные занятия	Самостоя тельная работа	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Модуль 1 «Проектирование и изготовление формообразующей оснастки»	10	10	-	-	-
	Тема 1. Вводная лекция. Общие сведения о современных композитных технологиях, конструкциях, оснастки.	2	2	-	-	-
	Тема 2. Проектирование оснастки (металлической, композитной, монолитной).	4	4	-	-	-
	Тема 3. Основные и вспомогательные материалы для изготовления оснастки. Особенности отверждения.	2	2	-		
	Тема 4. Способы изготовления формообразующей оснастки. Оборудование для обеспечения процессов изготовления формообразующей оснастки.	2	2	-		
2.	Модуль 2 «Цифровые методы проектирования, контроля и повышения точности формообразующей оснастки»	16	8	8	-	-

	Тема 1. Цифровое моделирование технологических процессов.	2	2	-		
	Тема 2. Расчет упреждения и теплового расширения оснастки.	4	2	2	-	-
	Тема 3. Проектирование композитной формообразующей оснастки.	6	2	4	-	-
	Тема 4. Методы контроля геометрических параметров оснастки и изделий. Факторы, влияющие на точность изготовления композитной оснастки.	4	2	2	-	-
3.	Модуль 3 «Практическое освоение методов изготовления оснастки»	20	2	18		
	Тема 1. Проектирование, разработка и изготовление мастер-моделей	2	2	-		
	Тема 2. Технология изготовления формообразующей матрицы методом вакуумной инфузии.	10	-	10		
	Тема 3. Контрольное изготовление деталей	8	-	8		
9	Круглый стол	4	-	-	-	4
	Итого	50	20	26		4

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
программы повышения квалификации
«Технология изготовления оснастки из композиционных материалов»

Раздел 1. Проектирование и изготовление формообразующей оснастки (10 ч.)

1. Вводная лекция. Общие сведения о современных композитных технологиях, конструкциях, оснастке.

- Определение композиционных материалов (КМ).
- Функциональные и технологические характеристики композитов, достоинства и недостатки.
- Конструктивно-технологические особенности композитов.
- Историческая справка о развитии композитных технологий.
- Рекомендуемая область применения КМ. Обзор применения композитов в летательных аппаратах.
- Проблемы современные композитных технологий, приоритеты и перспективы их развития.
- Тенденции развития композитных конструкций и технологии

2. Проектирование оснастки (металлической, композитной, монолитной).

- Конструктивные решения формообразующей оснастки.

- Требования к конструкции оснастки при различных технологиях изготовления изделий из ПКМ.
- Вспомогательная оснастка для предварительного формирования преламинатов и преформ на выпуклую поверхность.
- Оснастка для подготовки преформ интегральных конструкций.

Материалы, используемые для изготовления оснастки

3. Основные и вспомогательные материалы для изготовления оснастки. Особенности отверждения

- Классификация композитов по материаловедческим и конструкционным признакам.
- Армирующие материалы, применяемые в современном производстве летательных аппаратов, и вспомогательные материалы для реализации современных технологических процессов.
- Перечень основных типов смол, применяемых в авиастроении, их технологические характеристики.
- Структурные и технологические особенности современных тканей.
- Существующие методы совмещения арматуры и связующего, проблемы совмещения, пути их решения.
- Материалы, применяемые в трансферных методах изготовления деталей из ПКМ.
- Перспективные направления в разработке связующих и армирующих материалов.

4. Способы изготовления формообразующей оснастки. Оборудование для обеспечения процессов изготовления формообразующей оснастки.

- Варианты технологических схем изготовления. Достижимая точность при изготовлении оснастки, ресурс в зависимости от материала и технологии изготовления.
- Рекомендации по выбору конструктивно-технологических решений оснастки.
- Неудаляемые и удаляемые вкладыши на основе материалов типа Rohacell, легкоплавких металлов. Опыт изготовления конструкций с замкнутыми полостями

Раздел 2. Цифровые методы проектирования, контроля и повышения точности формообразующей оснастки (16 ч.)

1. Цифровое моделирование технологических процессов.

- Основные цели процессов моделирования
- Моделирование армирующего материала
- Моделирование процесса получения преформ
- Моделирование трансферных методов формования
- Моделирование прессовых методов формования
- Полимеризация и коробление

2. Расчет упреждения и теплового расширения оснастки.

- Анализ и классификация технологических процессов производства композиционных материалов, определение основных параметров технологических процессов
- Выбор современных программно-аппаратных средств для контроля основных параметров технологического процесса
- Определение типов и видов образцов, используемых для калибровки расчётной модели технологического процесса
- Выбор армирующего и связующего материалов для тестовых испытаний. Определение необходимых свойств материалов
- Разработка расчётных моделей технологического процесса производства образцов
- Сопоставление теоретических технологических параметров и полученных в эксперименте, калибровка и верификация расчётных моделей

3. Проектирование композитной формообразующей оснастки

- Назначение тонкостенной формообразующей оснастки.
- Требования к формообразующей оснастке.
- Типовая конструкция оснастки.

4. Методы контроля геометрических параметров оснастки и изделий. Факторы, влияющие на точность изготовления композитной конструкции.

- Изучение методов контроля канонических и криволинейных поверхностей контрольно-измерительной машиной контактным методом (рубиновым щупом) и методом лазерного сканирования.
- Построение облака контрольных точек, сравнение с конструктивным электронным макетом.
- Определение погрешности действительной детали по отношению к первоисточнику размеров.

Раздел 3. Практическое освоение методов изготовления оснастки (20 ч.)

1. Проектирование, разработка и изготовление мастер-моделей
 - Назначение мастер-моделей, типовые конструктивные решения, предъявляемые требования.
 - Выбор материалов для изготовления мастер-моделей, в зависимости от назначения формообразующей оснастки и метода снятия слепка.
 - Основные этапы изготовления мастер-моделей. Применяемое оборудование и инструмент.
 - Описание методов повышения технологичности изготовления формообразующих матриц и деталей из ПКМ.
 - Технологические приёмы, обеспечивающие снижение напряжений в композитной детали
2. Технология изготовления формообразующей матрицы методом вакуумной инфузии.
 - Ознакомление с оборудованием для инфузии, методами настройки и управления.
 - Выбор армирующего материала и связующего; разработка конструктивной схемы оснастки; выбор вспомогательных материалов и гелькоута; определение технологических режимов пропитки и формования.
 - Выбор типа биндера для фиксации слоев ткани и выкладка преформы на мастер-модель с применением лазерной системы позиционирования.
 - Выкладка раскроя слоев преформы на мастер-модель. Сборка технологического пакета, подготовка вакуумных мешков. Выбор способа и параметров формования. Настройка оборудования и проведение формования.
 - Съем матриц, выбор режимов и проведение закаливанию. Финишная доработка матриц и обработка по контуру.
3. Контрольное изготовление деталей на матрицах.
 - Раскрой слоев на плоттере.
 - Подготовка поверхности оснастки к процедуре выкладки.
 - Выкладка слоев препрега или сухой ткани для формирования преламината или преформы. Сборка технологического пакета и вакуумного мешка.
 - Проведение формования вакуумированием или инфузией.
 - Съем детали, обработка по контуру, проведение контроля поверхности с помощью КИМ.

Перечень практических и лабораторных занятий

Раздел	Номер темы	Наименование практического или лабораторного занятия	Кол-во часов
1	2	3	4
2	2	Изучение последовательности расчета упреждения оснастки в ПО ANSYS Workbench.	2
	3	Проектирование тонкостенной композитной формообразующей оснастки в CAD-системе NX.	4
	4	Изучение процесса контроля геометрических параметров оснастки и изделий с использованием КИМ с лазерной сканирующей головкой.	2
3	2	Изучение процесса изготовления формообразующих матриц методом инфузии.	10
	3	Контрольное изготовление деталей на матрицах, изготовленных методом инфузии	8

5. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий (адрес)	Вид занятий	Наименование оборудования/программного обеспечения
1	2	3
Аудитория 403а/3 уч. зд. ул. Толстого,15	Лекции	Компьютер, проектор и экран для демонстрации презентаций
Лаборатории Центра композитных технологий/Пристрой к 3 уч. зд., ул. Толстого,15	Демонстрация лабораторного оборудования и процессов Практические занятия	Технологическое оборудование композитного производства

Практические занятия проводятся на территории КНИТУ-КАИ с использованием материально-технической базы Центра композитных технологий.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение программе

6.1 Основная и дополнительная учебная литература

1. Niu M.C.Y. Composite Airframe Structures. Third Edition. Hong Kong Connilit Press Ltd., 2010. 500 p.
2. Справочник по композиционным материалам: В 2 кн. / Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. Под ред. Б.Э. Геллера. – М.: Машиностроение, 1988.
3. Крыжановский В.К., Кербер М.Л., Бурлов В.В. Паниматченко А.Д. Производство изделий из полимерных материалов: учеб. пособие. – СПб.: Профессия, 2004. – 464с., ил.
4. Халиулин В.И. Технологические схемы изготовления многослойных конструкций. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 1999. 168 с.
5. Композиционные материалы: справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
6. Тканые конструкционные композиты: Пер. с англ. / Под ред. Т.-В. Чу и Ф. Ко. – М.: Мир, 1991 – 432 с.

7. Гайдачук В.Е., Гречка В.Д., Кобрин В.И. Рукавишников А.И. Технология производства конструкций летательных аппаратов из композиционных материалов: учеб. пособие – Харьков: Изд-во ХАИ, 1985. – 106 с.

8. Крысин В.Н., Крысин М.В. Технологические процессы формования, намотки и склеивания конструкций. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

9. Халиулин В.И., Шапаев И.И. Технология производства композитных конструкций. Учебное пособие с грифом УМО АРК. Казань: Издательство КГТУ-КАИ, 2004 г. – 234 с.

10. Алексеев Г.В., Асташкин В.П., Самохвалов В.В. Технология изготовления авиационных конструкций из композиционных полимерных материалов: учебн. пособие. – Воронеж: ВПП, 1983. – 87 с.

11. Абибов А.Л., Бирюков Н.М., Бойцов В.В. и др. Технология самолетостроения / под общ. ред. А.Л. Абибова. М.: Машиностроение, 1970. 599 с.

12. Кербер М.Л. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. Учебное пособие. – 5-е испр. изд./под ред. А.А. Берлина. – СПб.: ЦОП «Профессия», 2018, 624 с. (с грифом УМО).

13. Халиулин В.И., Шабалин Л.П. Введение в технологию производства композитных конструкций. Учебное пособие. Казань: ООО «Композитный класс», 2017. 103 с.

14. Халиулин В.И., Батраков В.В. Технология производства изделий из композитов: технология интегральных конструкций. Учебное пособие. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2018, 192 с.

15. Халиулин В.И., Батраков В.В., Константинов Д.Ю. Технология производства изделий из композитов: трансферные методы формования. Учебное пособие. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2018.

6.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Халиулин В.И. Технология производства изделий из композитов: технология интегральных конструкций: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.И. Халиулин, В.В. Батраков. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2018. – URL: ЭБС КНИТУ-КАИ [сайт]. - http://elibs.kai.ru/_docs_file/824665/HTML/index.html (дата обращения: 05.02.2024). - Текст электронный. Режим доступа: свободный.

2. Халиулин В.И. Технология производства композитных изделий: учебное пособие [Электронный ресурс] / В.И. Халиулин, И.И. Шапаев. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2004. – URL: ЭБС КНИТУ-КАИ [сайт]. - https://elibs.kai.ru/_docs_file/775636/HTML/index.html (дата обращения: 05.02.2024). - Текст электронный. Режим доступа: свободный.

3. Халиулин В.И. Технологий интегральных конструкций из композитов: массовый открытый онлайн курс (МООК) [Электронный ресурс] / В.И. Халиулин, Е.М. Герштейн, Д.Ю. Константинов, 2020. – URL: <https://stepik.org/course/61482> (дата обращения: 05.02.2024). Режим доступа: свободный.

6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательных процессов по программе

1. Сайт «Федеральные государственные образовательные стандарты высшего профессионального образования».

2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru>

3. Сайт КНИТУ-КАИ.

4. Сайт Центра композитных технологий (ЦКТ) <http://www.cct-kai.com>

7. Оценка качества освоения программы

Проведение итоговой аттестации в форме «круглого стола» по результатам выполненных в процессе обучения практических работ. Такая форма проведения аттестации дает возможность участникам программы повышения квалификации обсудить полученный результат в виде деталей, изготовленных из композиционных материалов, а также данные о точности полученных деталей, обменяться мнениями, опытом, задать вопросы и получить на них ответы, а также подвести итоги всей программы и наметить перспективные планы последующей профессиональной деятельности.

Окончательная оценка качества освоения программы выражается в зачтении или не зачтении. Слушатель получает оценку «зачтено» в случае предоставления верного, развернутого ответа на 3 (три) вопроса. Слушатель считается аттестованным, если имеет оценку «зачтено».

Примерные вопросы для итоговой аттестации:

- Какими достоинствами и недостатками характеризуются композиционные материалы?
- Перечислить конструктивно-технологические особенности композитов.
- В каких изделиях целесообразно применять композиционные материалы? Почему?
- Указать перспективные направления в разработке связующих.
- Перечислите основные методы изготовления оснастки для производства изделий из композиционных материалов, укажите их преимущества и недостатки.
- Какие материалы применяют при производстве оснастки композитного производства? В каких случаях?
- Перечислите основные требования к конструкции оснастки при различных технологиях изготовления изделий из ПКМ.
- Какие технологические схемы применяют для изготовления формообразующей оснастки?
- Укажите достижимую точность при изготовлении оснастки, ресурс в зависимости от материала и технологии изготовления.
- Укажите назначение мастер-моделей. Перечислите типовые конструктивные решения и предъявляемые требования.
- Перечислите основные этапы изготовления мастер-моделей.
- Какое оборудование применяют для изготовления мастер-моделей?
- Какие материалы применяют в зависимости от назначения формообразующей оснастки и метода снятия слепка?
- Опишите процесс изготовления формообразующих матриц методом инфузии. Из каких частей состоит технологический пакет?
- Каким образом выбирают метод и параметры формования?

8. Кадровые условия реализации программы

В реализации программы принимают участие ведущие преподаватели кафедры Производства летательных аппаратов КНИТУ-КАИ.

9. Разработчики и составители программы

Халиулин Валентин Илдарович,
доктор технических наук, профессор кафедры ПЛА