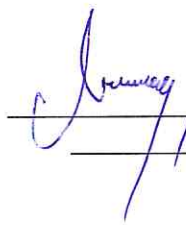


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»
(КНИТУ – КАИ)

СОГЛАСОВАНО:
Директор ПИШ КАИ


Шабалин Л.П.
02.05 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ:
Директор корпоративного института


Гимбицкий А.В.
07.05 2024 г.



ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

«Технология конструкций из композитов и 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	82 часа
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 фундаментальных знаний о перспективных полимерных композиционных материалах (ПКМ) и технологиях, а также их применении; освоение традиционных и инновационных методов изготовления деталей из ПКМ и получение практических навыков в этой области; ознакомление с особенностями проектирования и изготовления оснастки для производства изделий из ПКМ.

3. Требования к результатам обучения

Слушатель, освоивший программу, должен:

2.1. Обладать следующими компетенциями:

- способность разрабатывать технологические процессы производства изделий авиационной техники из ПКМ;
- способность оптимизировать процессы производства изделий авиационной техники из ПКМ с целью уменьшения издержек;
- способность обеспечить контроль качества производства изделий авиационной техники из ПКМ;
- способность самостоятельно выбирать материалы и технологии изготовления изделий из ПКМ, оборудование и оснастку, методы и приемы организации труда, обеспечивающие эффективное, технически и экологически безопасное производство;

- 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;
- технические требования, предъявляемые к материалам для изготовления изделий авиационной техники;
- требования отечественных и основных зарубежных стандартов к испытаниям ПКМ, применяемых для производства изделий АТ;
- основные сведения о свойствах конструкционных материалов;
- основы технологии авиационного производства;
- типы технологического оборудования для формования изделий из ПКМ;
- виды и устройство технологической оснастки при производстве ПКМ;
- принципы проектирования оснастки из ПКМ;
- особенности технологических процессов изготовления конструкций из ПКМ;
- средства и способы контроля качества ПКМ.

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 изделия и оснастки из ПКМ;
- определять перечень ключевых параметров технологического процесса;
- разрабатывать технологические процессы производства изделий из ПКМ;
- использовать методики выбора технологического оборудования для изготовления изделия из ПКМ;
- прогнозировать влияние технологии формообразования изделия на результирующие эксплуатационные свойства.

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	8-10	10 дней

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

программы повышения квалификации

«Технология конструкций из композитов и технология изготовления оснастки из композиционных материалов»

№ пп	Наименование модулей	Всего, час.	В том числе:	
			Лекции	Практические занятия
1.	2.	3.	4.	5.
1.	Модуль 1 «Общие сведения о композиционных материалах и технологиях»	6	4	2
	<i>Тема 1.</i> Введение в технологию композитных конструкций, обзор применения КМ. Конструктивно-технологические особенности композитов. Тенденции развития композитных конструкций и технологии.	2	2	-
	<i>Тема 2.</i> Композиционные конструкционные материалы для авиакосмической и транспортной техники. Вспомогательные материалы для реализации современных технологических процессов. Классификация композитов. Перспективные направления в разработке связующих и армирующих материалов.	4	2	2
2.	Модуль 2 «Методы формования»	22	6	16
	<i>Тема 1.</i> Классификация методов формования. Различные физические методы отверждения связующего. Характеристика термокомпрессионных методов	10	2	8
	<i>Тема 2.</i> Трансферные методы формования, технология и оборудование	10	2	8
	<i>Тема 3.</i> Цифровое моделирование технологических процессов трансферного и прессового формования с помощью ПО ESI Group.	2	2	-
3.	Модуль 3.1 «Проектирование и изготовление формообразующей оснастки»	8	8	-
	<i>Тема 1.</i> Проектирование оснастки (металлической, композитной, монолитной).	4	4	-
	<i>Тема 2.</i> Основные и вспомогательные материалы для	2	2	-

	изготовления оснастки. Особенности отверждения.			
	<i>Тема 3.</i> Способы изготовления формообразующей оснастки. Оборудование для обеспечения процессов изготовления формообразующей оснастки.	2	2	-
	Модуль 3.2 «Цифровые методы проектирования, контроля и повышения точности формообразующей оснастки»	16	8	8
	<i>Тема 1.</i> Цифровые методы подготовки производства композитной формообразующей оснастки.	2	2	-
	<i>Тема 2.</i> Расчет упреждения коробления и теплового расширения оснастки.	4	2	2
	<i>Тема 3.</i> Проектирование композитной формообразующей оснастки.	6	2	4
	<i>Тема 4.</i> Методы контроля геометрических параметров оснастки и изделий.	4	2	2
	Модуль 3.3 «Практическое освоение методов изготовления оснастки»	18	2	16
	<i>Тема 1.</i> Проектирование, разработка и изготовление мастер-моделей	2	2	-
	<i>Тема 2.</i> Технология изготовления формообразующей матрицы методом вакуумной инфузии.	8	-	8
	<i>Тема 3.</i> Контрольное изготовление деталей	8	-	8
4.	Модуль 4 «Технологии инновационных композитных конструкций»	8	8	-
	<i>Тема 1.</i> Технология конструкций интегрального типа. Общие сведения.	4	4	-
	<i>Тема 2.</i> Технология производства многослойных конструкций с сотовыми, ячеистыми и вспененными заполнителями	2	2	-
	<i>Тема 3.</i> Технология изготовления гофровых, многостеночных, складчатых, плетеных, стержневых и миллирешетчатых заполнителей.	2	2	-
	Итоговая аттестация (круглый стол)	4	-	4
	Итого	82	36	46

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
программы повышения квалификации
«Технология конструкций из композитов и технология изготовления оснастки из
композиционных материалов»

Раздел 1. Общие сведения о композиционных материалах и технологиях (6 ч.)

1. Введение в технологию композитных конструкций, обзор применения КМ. Конструктивно-технологические особенности композитов. Тенденции развития композитных конструкций и технологии.

- 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. Композиционные конструкционные материалы для авиакосмической и транспортной техники. Вспомогательные материалы для реализации современных технологических процессов. Классификация композитов. Перспективные направления в разработке связующих и армирующих материалов

- 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.

Раздел 2. Методы формования (22 ч.)

1. Классификация методов формования. Различные физические методы отверждения связующего. Характеристика термокомпрессионных методов.

- Классификация методов формования по способам создания давления и физико-химическим методам отверждения связующего.
- Обзор компрессионных методов формования. Контактное формование прикаткой, натяжением нитей, обмоткой тросом: оборудование и характеристики.
- Обзор пневмокомпрессионных методов формования. Вакуумирование, в пресскамере, в автоклаве, гидроклаве: оборудование и характеристика.
- Прессовое формование — вакуумное, в жестких штампах, упругой средой: оборудование и характеристика.
- Термокомпрессионное формование терморасширяющейся средой: оборудование и характеристика.

2. Трансферные методы формования, технология и оборудование.

- Обзор существующих трансферных методов формования.
- Метод вакуумной инфузии (infusion): оборудование и характеристика.

- RTM (Resin Transfer Molding), Light-RTM: оборудование и характеристика.
 - SQRTM (Same-Quality RTM): оборудование и характеристика.
 - RFI (Resin Film Infusion): оборудование и характеристика.
3. Цифровое моделирование технологических процессов трансферного и прессового формования с помощью ПО ESI Group.
- Назначение, состав модулей, область решаемых задач и функционирование комплекса программного обеспечения ESI Group.
 - Описание модуля PAM RTM.
 - Требуемые исходные данные по материалам: вязкость, проницаемость и т. п.
 - Рекомендации по выбору схемы трансфера и точек инъекции и вакуумирования.
 - Методика подготовки исходных данных для моделирования трансфера связующего при различных схемах инъекции.

Раздел 3.1. Проектирование и изготовление формообразующей оснастки (8 ч.)

1. 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.
2. 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.
3. 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 3.2. Цифровые методы проектирования, контроля и повышения точности формообразующей оснастки (16 ч.)

1. Цифровые методы подготовки производства композитной формообразующей оснастки.
- 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 коробления 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.
 - 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 3.3. Практическое освоение методов изготовления оснастки (18 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
- 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.

Раздел 4. Технологии инновационных композитных конструкций (8 ч.)

1. Технология конструкций интегрального типа. Общие сведения.
- Определение конструкций интегрального типа. Общие сведения об интегральных конструкциях.
 - Преимущества и недостатки интегральных конструкций.
 - Мировые тенденции в области создания интегральных конструкций из композиционных материалов.
 - Методы изготовления конструкций с высокой степенью интегральности.
 - Вспомогательная оснастка для изготовления интегральных конструкций.
2. Технология производства многослойных конструкций с сотовыми, ячеистыми и вспененными заполнителями.
- Определение, преимущества и недостатки многослойных конструкций с легким заполнителем, тенденции их применения.
 - Сведения о легких заполнителях, классификация легких заполнителей, преимущества и недостатки разновидностей легкого заполнителя.
 - Сведения о складчатых заполнителях, классификация складчатых заполнителей, преимущества и недостатки разновидностей складчатого заполнителя.
 - Методы изготовления складчатого заполнителя и сэндвич-панелей на основе легких заполнителей. Оборудование.
3. Технология изготовления гофровых, многостеночных, складчатых, плетеных, стержневых и миллирешетчатых заполнителей
- Определение, преимущества и недостатки, тенденции применения многослойных конструкций с легким заполнителем.
 - Сведения о складчатых заполнителях, классификация складчатых заполнителей, преимущества и недостатки разновидностей складчатого заполнителя.
 - Оборудование для изготовления складчатого заполнителя.
 - Методы изготовления складчатого заполнителя.
 - Особенности, преимущества и недостатки многостеночных, плетеных, стержневых и миллирешетчатых заполнителей. Технологии их изготовления.

Перечень практических и лабораторных занятий

Раздел	Номер темы	Наименование практического или лабораторного занятия	Кол-во часов
1	2	3	4
1	2	Знакомство с армирующими материалами и связующими, применяемыми при производстве авиакосмической и транспортной техники, и их основными свойствами. Знакомство со вспомогательными материалами для реализации современных технологических процессов.	2
2	1	Изучение термокомпрессионных методов изготовления деталей	8

		из композиционных материалов с применением ручной выкладки.	
	2	Изучение трансферных методов изготовления изделий из композиционных материалов на примере реализации процесса вакуумной инфузии в термоинфузионном комплексе.	8
3.2	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
3.3	2	Изучение процесса изготовления формообразующих матриц методом вакуумной инфузии.	8
	3	Контрольное изготовление деталей на матрицах, изготовленных методом вакуумной инфузии	8

5. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий кабинетов, лабораторий (адрес)	Вид занятий	Наименование оборудования/программного обеспечения
1	2	3
Аудитории 116, 206 и 403а/3 уч. зд., ул. Толстого, 15	Лекции, практические занятия	Компьютеры, 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 программы

6.1 Основная и дополнительная учебная литература

1. Niu M.C.Y. Composite Airframe Structures. Third Edition. Hong Kong Conmilit 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: 29.01.2024). - 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: 29.01.2024). - 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: 29.01.2024). 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 параметров 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?
- Сравнить два вида армирующих материалов, указать области их применения.
- Охарактеризовать структурные и технологические особенности современных тканей.
- Какие вспомогательные материалы используются в настоящее время для реализации технологических процессов? На каких этапах?
- Указать перспективные направления в разработке связующих.
- Привести классификацию методов формования по способам создания давления и физико-химическим методам отверждения связующего.
- Перечислить разновидности термокомпрессионных методов формования и дать им характеристику.
- Перечислить разновидности трансферных методов формования и дать им характеристику.
- Перечислить преимущества и недостатки термокомпрессионных и трансферных методов формования, а также области их применения.
- В чем состоит различие между RTM и Light-RTM методами? Дать характеристику каждого метода, указать области применения.
- 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