

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ» (КНИТУ-КАИ)**

Корпоративный институт

**Учебный план
повышения квалификации сотрудников предприятий
по тематике «Технологические процессы, оборудование и программное
обеспечение в производстве композитных конструкций»**

№	Лекции	Часы
	Модуль 1. Общие сведения о композитных технологиях.	10
	<p>Лекции:</p> <p><i>Тема 1.</i> Введение в технологию композитных конструкций, обзор применения КМ. Конструктивно-технологические особенности композитов. Современные композитные технологии, тенденции развития.</p> <p><i>Тема 2.</i> Композиционные конструкционные материалы авиационного назначения и вспомогательные материалы для реализации современных технологических процессов.</p> <p><i>Тема 3.</i> Классификация композитных материалов. Функциональные технологические особенности КМ. Перспективные направления в разработке связующих и армирующих материалов.</p> <p><i>Тема 4.</i> Композиционные материалы на термопластичной матрице. Конструктивно-технологические достоинства и недостатки. Особенности переработки.</p> <p>Практика:</p> <p><i>Лаб. 1.</i> Армирующие и вспомогательные материалы, препреги. Ознакомление с материалами авиационного назначения.</p>	2 2 2 2 2
	Модуль 2. Методы изготовления конструкций из композиционных материалов и вопросы сборки.	42
	<p>Лекции:</p> <p><i>Тема 1.</i> Подготовка преламината и преформ, предварительное формирование геометрии изделия методом выкладки, намотки, напыления. Лазерные системы позиционирования.</p> <p><i>Тема 2.</i> Оборудование для подготовки преформ выкладкой, намоткой, плетением, радиальным плетением, направленной укладкой ленты, пултрузией.</p> <p><i>Тема 3.</i> Применение технологий плетения и 3D ткачества, а также направленной укладки ровинга для создания преформ.</p> <p><i>Тема 4.</i> Классификация методов формования изделия из КМ, технологические напряжения.</p> <p><i>Тема 5.</i> Характеристика компрессионных и трансферных методов формования.</p> <p><i>Тема 6.</i> Оборудование для реализации термокомпрессионных и трансферных методов формования, а также ультрафиолетовым облучением. Системы мониторинга процессов трансферного формования.</p> <p><i>Тема 7.</i> Технологическая оснастка, предъявляемые требования, современные конструктивные решения, применяемые материалы.</p> <p><i>Тема 8.</i> Методы и средства изготовления формообразующей</p>	2 2 2 2 4 2 4 2

	<p>оснастки из металла и полимерных композитов.</p> <p><i>Тема 9.</i> Факторы, влияющие на точность изготовления композитной конструкции, методы контроля геометрических параметров и качества материала.</p> <p><i>Тема 10.</i> Особенности сборки композитных конструкций. Методы базирования при сборке, прогноз ожидаемой точности, виды соединений изделия из композиционных материалов, процессы выполнения механических и адгезионных соединений.</p> <p>Практика:</p> <p><i>Лаб. 1.</i> Изучение процессов изготовления формообразующей оснастки в двух вариантах: из металла на трехкоординатном станке с ЧПУ SF plastic 1180/1980 (imes-icore GmbH) и из композиционных материалов по технологической схеме «мастер-модель – формообразующая оснастка».</p> <p><i>Лаб. 2.</i> Изучение процесса автоклавного формования в малогабаритном автоклаве Panini.</p> <p><i>Лаб. 3.</i> Изучение процесса инфузии в термоинфузионном комплексе (печь для композитных изделий фирмы SAT и инфузионная установка Isojet)</p> <p><i>Лаб. 4.</i> Изучение процессов трансфера связующего при RTM-процессе с помощью RTM-установок Wolfangel 100/120/25/17 и Wolfangel Injection Plant 125/120/150/11.</p> <p><i>Лаб. 5.</i> Изучение методики и оснащения для мониторинга процессов трансфера связующего с помощью системы DiAMon Plus™.</p> <p><i>Лаб. 6.</i> Изучение прессового формования с помощью вакуумного стола для приформовки Isojet и пневматического пресса для RTM-процесса Isojet.</p> <p><i>Лаб. 7.</i> Исследование процессов формования УФ-облучением на установке «Ультрафиолетовый светодиодный облучатель UVI-Led» (УФСО UVI-Led) с применением смол Reichold PO 4761 и DION 9300UV.</p> <p><i>Лаб. 8.</i> Изучение методов контроля изделий и технологической оснастки с помощью контрольно-измерительной машины CimCore Infite™ 2.4 и сканирующей лазерной головки Perceptron V3 ScanWorks.</p>	<p>2</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
	<p>Модуль 3. Цифровые технологии в композитном производстве.</p>	<p>12</p>
	<p>Лекции:</p> <p><i>Тема 1.</i> Идеология «сквозного» проектирования композитных конструкций, технологий и оснастки в цифровой среде.</p> <p><i>Тема 2.</i> Автоматизация проектирования послойной укладки слоев в композитном теле с помощью ПО FiberSim, разработка альбома слоев для режущего плоттера и проекций контуров для</p>	<p>2</p> <p>2</p>

	<p>лазерной системы позиционирования.</p> <p><i>Тема 3.</i> Цифровое моделирование технологических процессов трансферного и прессового формования с помощью ПО ESI Group.</p> <p>Практика:</p> <p><i>Лаб. 1.</i> Моделирование слоев сбалансированной преформы в ПО FiberSIM, ознакомление с функционирование раскроечного плоттера Zund G3 M-1600 и позиционирующего проектора LAR CAD-PRO 3D. Подготовка преформ в условиях «чистой зоны» (класс чистоты ИСО 7 и 8).</p> <p><i>Лаб. 2</i> Изучение процесса изготовления преформы методом направленной укладки ровинга с использованием TFP машины Tajima TCWM T01.</p> <p><i>Лаб. 3.</i> Моделирование процесса трансфера связующего, путей инъекции и вакуумирования с помощью ПО RAM-RTM.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
	<p>Модуль 4. Исследование свойств композиционных материалов.</p>	<p>12</p>
	<p>Лекции:</p> <p><i>Тема 1.</i> Физико-химические основы получения КМ. Методы исследования, контроля и оптимизации ПКМ.</p> <p><i>Тема 2.</i> Методы неразрушающего контроля композитных конструкций.</p> <p><i>Тема 3.</i> Испытания композитных материалов на статическую прочность и ударостойкость.</p> <p>Практика:</p> <p><i>Лаб. 1.</i> Изучение процесса отверждения термореактивных связующих на приборах Photo-DSC 204 F1 Phoenix[®] с УФ-приставкой, ротационный реометр Rheostress 6000, ИК-Фурье спектрометр Tensor[™] и динамических механических свойств композитов на приборе DMA Q800.</p> <p><i>Лаб. 2.</i> Испытания композиционных материалов на статическую прочность на машине Instron 5882 с термо-криокамерой, ударостойкость на копре с вертикально падающим грузом Instron Dynatur 9250 HV, ударную вязкость на маятниковом копре Instron CEAST 9050 (IMPACTOR II).</p> <p><i>Лаб. 3.</i> Изучение методики и средств для неразрушающего контроля композитов с помощью ультразвукового прибора Omniscan-MX2.</p>	<p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p>
	<p>Модуль 5. Технологии инновационных композитных конструкций.</p>	<p>14</p>
	<p>Лекции:</p> <p><i>Тема 1.</i> Технология интегральных конструкций, сведения о самодиагностирующихся и самоадаптивных конструкциях.</p> <p><i>Тема 2.</i> Технология производства многослойных конструкций с сотовыми, ячеистыми и вспененными заполнителями.</p>	<p>4</p> <p>2</p>

	<i>Тема 3. Технология изготовления гофрированных, многостеночных, складчатых, плетеных, ферменных и миллирешетчатых наполнителей.</i>	2
	<i>Практика:</i>	
	<i>Лаб. 1. Изучение формообразующей оснастки для изготовления интегральных конструкций многостеночной архитектуры с замкнутыми внутренними полостями и интегрированными кронштейнами.</i>	2
	<i>Лаб. 2. Изучение процесса формования многосвязной интегральной конструкции методом RTM с использованием RTM-машины и пресса.</i>	2
	<i>Лаб. 3. Ознакомление с коллекцией многослойных конструкций и экспериментальным оборудованием для изготовления складчатых конструкций из композиционных материалов.</i>	2
	Подготовка реферата по теме композитных технологий	6
	Итоговая аттестация	4

Всего 100 часов.

Из них: лекции – 54 часов, практических занятий – 36 часа, подготовка реферата – 6 часов, итоговый зачет – 4 часа.