

## Проект коммерческого предложения

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

Всего 100 часов.

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

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

технологические напряжения.	
<i>Тема 5.</i> Характеристика компрессионных и трансферных методов формования.	4
<i>Тема 6.</i> Оборудование для реализации термокомпрессионных и трансферных методов формования, а также ультрафиолетовым облучением. Системы мониторинга процессов трансферного формования.	2
<i>Тема 7.</i> Технологическая оснастка, предъявляемые требования, современные конструктивные решения, применяемые материалы.	4
<i>Тема 8.</i> Методы и средства изготовления формообразующей оснастки из металла и полимерных композитов.	2
<i>Тема 9.</i> Факторы, влияющие на точность изготовления композитной конструкции, методы контроля геометрических параметров и качества материала.	2
<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.	4
<b><i>Практика:</i></b>	
<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».	2
<i>Лаб. 2.</i> Изучение процесса автоклавного формования в малогабаритном автоклаве Panini.	2
<i>Лаб. 3.</i> Изучение процесса инфузии в термоинфузионном комплексе (печь для композитных изделий фирмы SAT и инфузионная установка Isojet)	2
<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.	2
<i>Лаб. 5.</i> Изучение методики и оснащения для мониторинга процессов трансфера связующего с помощью системы DiAMon Plus™.	2
<i>Лаб. 6.</i> Изучение прессового формования с помощью вакуумного стола для приформовки Isojet и пневматического пресса для RTM-процесса Isojet.	2
<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.	2
<i>Лаб. 8.</i> Изучение методов контроля изделий и технологической	2

	оснастки с помощью контрольно-измерительной машины CimCore Infitite™ 2.4 и сканирующей лазерной головки Perceptron V3 ScanWorks.	
	<b>Модуль 3. Цифровые технологии в композитном производстве.</b>	12
	<p><b>Лекции:</b></p> <p><i>Тема 1.</i> Идеология «сквозного» проектирования композитных конструкций, технологий и оснастки в цифровой среде. 2</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 лазерной системы позиционирования. 2</p> <p><i>Тема 3.</i> Цифровое моделирование технологических процессов трансферного и прессового формования с помощью ПО ESI Group. 2</p> <p><b>Практика:</b></p> <p><i>Лаб. 1.</i> Моделирование слоев сбалансированной преформы в ПО FiberSIM, ознакомление с функционированием раскроечного плоттера Zund G3 M-1600 и позиционирующего проектора LAP CAD-PRO 3D. Подготовка преформ в условиях «чистой зоны» (класс чистоты ИСО 7 и 8). 2</p> <p><i>Лаб. 2</i> Изучение процесса изготовления преформы методом направленной укладки ровинга с использованием TFP машины Tajima TCWM T01. 2</p> <p><i>Лаб. 3.</i> Моделирование процесса трансфера связующего, путей инъекции и вакуумирования с помощью ПО RAM-RTM. 2</p>	
	<b>Модуль 4. Исследование свойств композиционных материалов.</b>	12

	<p><b>Лекции:</b></p> <p><i>Тема 1.</i> Физико-химические основы получения КМ. Методы исследования, контроля и оптимизации ПКМ. 2</p> <p><i>Тема 2.</i> Методы неразрушающего контроля композитных конструкций. 2</p> <p><i>Тема 3.</i> Испытания композитных материалов на статическую прочность и ударостойкость. 2</p> <p><b>Практика:</b></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. 2</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 (ИМПАКТОР II). 2</p> <p><i>Лаб. 3.</i> Изучение методики и средств для неразрушающего контроля композитов с помощью ультразвукового прибора Omniscan-MX2. 2</p>	
	<b>Модуль 5. Технологии инновационных композитных конструкций.</b>	14
	<p><b>Лекции:</b></p> <p><i>Тема 1.</i> Технология интегральных конструкций, сведения о самодиагностирующихся и самоадаптивных конструкциях. 4</p> <p><i>Тема 2.</i> Технология производства многослойных конструкций с сотовыми, ячеистыми и вспененными заполнителями. 2</p> <p><i>Тема 3.</i> Технология изготовления гофровых, многостеночных, складчатых, плетеных, ферменных и миллирешетчатых заполнителей. 2</p> <p><b>Практика:</b></p> <p><i>Лаб. 1.</i> Изучение формообразующей оснастки для изготовления интегральных конструкций многостеночной архитектуры с замкнутыми внутренними полостями и интегрированными кронштейнами. 2</p> <p><i>Лаб. 2.</i> Изучение процесса формования многосвязной интегральной конструкции методом RTM с использованием RTM-машины и пресса. 2</p> <p><i>Лаб. 3.</i> Ознакомление с коллекцией многослойных конструкций и экспериментальным оборудованием для изготовления складчатых конструкций из композиционных материалов. 2</p>	
	<b>Подготовка реферата по теме композитных технологий</b>	6
	<b>Итоговая аттестация</b>	4

