

**Программа повышения квалификации
«Измерения при испытаниях авиационных газотурбинных двигателей и организация
метрологического обеспечения измерений»**

Цель программы: формирование компетенций в области методов и средств измерений, применяемых при испытаниях авиационных газотурбинных двигателей.

Объем программы: 30 ак. часов (4-5 раб. дней)

Форма обучения: очная

Учебный план программы

№ п/п	Наименование разделов, тем	Всего, час.
1.	Основы метрологического обеспечения измерений	8
1.1.	Основные положения законодательной метрологии	1
1.2.	Основные требования к метрологическому обеспечению	1
1.3.	Требования к измерениям	2
1.4.	Требования к средствам измерений	1
1.5.	Погрешности измерений	2
1.6.	Метрологическая экспертиза технической документации	1
2.	Виды измерений	16
2.1.	Измерение давлений	1
2.2.	Измерение температур	3
2.3.	Измерение силы и крутящего момента	1
2.4.	Измерение расхода	2
2.5.	Измерение частоты вращения. Измерение влажности и влагосодержания воздуха	1
2.6.	Измерение динамических параметров ГТД (переменные давления, вибрации, деформации). Оценка частотных характеристик измерительных каналов	2
2.7.	Бесконтактное измерение амплитуды колебаний лопаток рабочих колёс компрессоров и вентиляторов	1
2.8.	Измерения зазоров, перемещений	1
2.9.	Измерение эмиссии вредных веществ. Измерительные системы	2
2.10.	Измерение шума. Измерительные системы	1
2.11.	Измерение скорости потока	1
3.	Требования к испытательным стендам, аттестация испытательного оборудования	2
4.	Итоговая аттестация (зачет)	4
5.	Итого:	30

**Рабочая учебная программа повышения квалификации
«Измерения при испытаниях авиационных газотурбинных двигателей и
организация метрологического обеспечения измерений»**

Раздел 1. Основы метрологического обеспечения измерений

Тема 1.1. Основные положения законодательной метрологии

Роль и место законодательной метрологии в общей системе государственного регулирования общественных отношений в сфере метрологии. Основные положения теоретической и практической метрологии, регламентируемые и контролируемые государством. Формы и акты государственного регулирования и контроля в области обеспечения единства измерений. Международная деятельность России в области законодательной метрологии.

Тема 1.2. Основные требования к метрологическому обеспечению

Отраслевые требования к измерениям основных параметров авиационных ГТД. Метрологическое обеспечение измерений на установившихся режимах работы и параметров быстропеременных процессов.

Тема 1.3. Требования к измерениям

Средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Утверждение типа средств измерений. Аттестация методик (методов) измерений.

Тема 1.4. Требования к средствам измерений

Поверка и калибровка средств измерений. Виды поверок.

Тема 1.5. Погрешности измерений

Модели погрешности прямых и косвенных измерений. Требования к измерениям при испытаниях ГТД.

Тема 1.6. Метрологическая экспертиза технической документации

Организационные и нормативные основы метрологической экспертизы. Основные задачи метрологической экспертизы, рекомендации по ее проведению.

Раздел 2. Виды измерений

Тема 2.1. Измерение давлений

Первичные преобразователи. Зонды измерения давления воздушной и газовых сред. Погрешности измерений. Вторичная аппаратура.

Тема 2.2. Измерение температур

Контактные и бесконтактные методы измерения температуры. Термоиндикаторные краски, их классификация и характеристики. Расшифровка термоизображений. Практическое применение термокрасок. Законы излучения. Оптические пирометры, их принцип действия и особенности применения.

Термопары. Принцип действия. Виды термопар. Особенности применения термопар, погрешности измерений. Вторичная аппаратура.

Тема 2.3. Измерение силы и крутящего момента

Теория параметров силы и крутящего момента. Устройство и характеристики каналов измерения силы и крутящего момента АИИС стендов ЦИАМ. Эталонные средства калибровки и

поверки каналов измерения. Методики измерения силы и крутящего момента при испытаниях авиационной техники на наземных и высотных стендах.

Тема 2.4. Измерение расхода

Нормативные документы, регламентирующие требования к параметру.

Эталонные средства измерения расхода топлива. Средства измерения массового расхода топлива стендовых АИИС ЦИАМ. Перспективные средства измерения расхода топлива в том числе для подогретого топлива.

Обзор и основные характеристики средств измерения массового расхода воздуха при испытаниях на наземных и высотных стендах. Методики измерения расхода воздуха.

Тема 2.5. Измерение частоты вращения. Измерение влажности и влагосодержания воздуха.

Средства измерения частоты вращения роторов ГТД при испытаниях на высотных стендах.

Требования к параметрам влажности воздуха, предъявляемые при испытаниях авиационной техники. Эталонные средства измерения параметров влажности. Средства измерения параметров влажности воздуха АИИС при климатических испытаниях на стендах и испытаниях с целью исследования ВСХ ГТД. Перспективные средства измерения параметров влажности воздуха.

Тема 2.6. Измерение динамических параметров ГТД (переменные давления, вибрации, деформации). Оценка частотных характеристик измерительных каналов.

Переменные давления в проточной части двигателя. Единицы измерения. Первичные преобразователи. Измерения параметра в высокотемпературных узлах. Определение АЧХ канала. Установка «Пульсатор».

Параметры вибрации и единицы измерений. Вибрация двигателя и понятие гармоник. Допустимые границы вибрации. Типы вибропреобразователей. Калибровка измерительных каналов.

Тензометрирование. Тензорезисторы и препарирование. Стендовая система тензометрирования. Калибровка измерительных каналов.

Тема 2.7. Бесконтактное измерение амплитуды колебаний лопаток рабочих колёс компрессоров и вентиляторов.

Краткий обзор используемых методов. Дискретно-фазовый метод (ДФМ). Принцип действия, его достоинства и недостатки. Структура применяемой аппаратуры ДФМ. Периферийные датчики. Бесконтактная система измерения вибраций рабочих лопаток на базе МИС-ДФМ (НПП «Мера»). Методология определения некоторых статических и динамических характеристик рабочих лопаток лопаточных машин. Примеры использования аппаратуры ДФМ при испытаниях компрессоров.

Тема 2.8. Измерения зазоров, перемещений.

Актуальность, основные технические требования. Основные методы и средства измерения – электрические (электромеханические), оптические, радиоволновые.

Тема 2.9 Измерение эмиссии вредных веществ. Измерительные системы.

Методы измерения концентраций компонентов продуктов сгорания, применяемые при проведении испытаний авиационных двигателей и их частей. Нормативная документация. Система газового анализа стендов НИЦ ЦИАМ - ее состав, характеристики, принцип работы. Особенности интеграции системы газового анализа в АИИС стенда. Калибровочный комплекс для системы газового анализа.

Тема 2.10 Измерение шума. Измерительные системы.

Методы измерений. Измерительная аппаратура. Измерение шума на стендах ЦИАМ.

Тема 2.11 Измерение скорости потока.

Методы измерения скорости потока – контактные и бесконтактные. Термоанемометры, трубки Пито-Прандтля, ЛДИС, PIV.

Раздел 3. Требования к испытательным стендам, аттестация испытательного оборудования.

Организация и порядок проведения аттестации испытательного оборудования. Виды аттестации ИО. Программы и методики аттестации испытательного оборудования: построение, содержание, изложение. Периодичность аттестации ИО. Оформление результатов аттестации.