

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель начальника управления персоналом –
начальник отдела кадров ФГУП «ЦАГИ»

В.Н. Баранов

20 / 9 г.



**Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте»**

ФГУП «ЦАГИ»
гор. Жуковский

Пояснительная записка

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте» (далее – Программа) предназначена для научных и инженерно-технических работников, специалистов и аспирантов, работающих в области экспериментальной аэродинамики, деятельность которых связана с подготовкой, проведением и анализом результатов экспериментальных исследований, проводимых на аэрогазодинамических установках ЦАГИ.

Программа разработана на основе профессионального стандарта «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» (утвержден приказом Минтруда РФ от 04.03.2014 №121н).

Целью обучения является повышение квалификации специалистов в области методологии проведения аэродинамического эксперимента, путем их ознакомления с измерительными средствами, применяемыми в современных аэродинамических исследованиях для определения характеристик испытываемых моделей элементов летательных аппаратов.

Основная роль в программе отводится физическим основам и принципу действия средств измерения, анализу их погрешностей, а также алгоритмам и математическим моделям, применяемым для математической обработки полученных с их помощью экспериментальных данных. Упор делается на ознакомление слушателя с приемами и методикой измерений, применяемыми при проведении экспериментальных исследований в аэродинамических трубах и на аэрогазодинамических стендах ЦАГИ, а также на подготовку к решению практических задач, связанных с подготовкой и проведением аэродинамического эксперимента.

Предусмотрен контроль знаний, с целью определения усвоения слушателем материала.

По окончании обучения каждый слушатель должен:

- применять полученные знания для решения задач экспериментальной аэродинамики, связанных с подготовкой и проведением экспериментальных исследований;
- выбирать необходимые измерительные средства для решения практических задач аэродинамического эксперимента;
- анализировать влияние различных факторов на полученные в эксперименте результаты измерений и их погрешность.

Форма занятий: очное обучение с частичным отрывом от производства.

Итоги: по окончании обучения проводится собеседование, выдача удостоверения установленного образца.

**Связь программы
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте» с
профессиональным стандартом**

Профессиональный стандарт	Обобщенные трудовые функции	Трудовые функции	Уровень квалификации
«Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» зарегистрировано в Министерстве юстиции РФ 21.03.2014 г. регистрационный № 31692 Утверждено приказом Минтруда Российской Федерации от 04.03.2014 №121н	Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы	Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований А/01.5 Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок А/02.5	5

**Формирование результатов освоения программы
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте» с учетом
профессионального стандарта**

Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 «Авиастроение» (уровень бакалавра) Утвержден приказом Министерства образования и науки РФ от 21.03.2016 №249 Зарегистрировано приказом Минюста от 25.04.2016 №41910	Профессиональные компетенции
Трудовые функции	Профессиональные задачи	Компетенции
Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований А/01.5	Участие в разработке облика объектов, согласовании разрабатываемых проектов с подразделениями	Способность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-5); Способностью владеть

<p>Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок А/02.5</p>	<p>предприятия; Математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов исследований; Проведение экспериментов по заданной тематике и анализ результатов экспериментов; Составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>	<p>навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов исследований (ОПК-10); Способностью к решению инженерных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин (ПК-1); Способностью участвовать во внедрении результатов исследований и разработок (ПК-11); Способность развивать творческую инициативу, рационализаторскую и изобретательскую деятельность, внедрять эффективные инженерные решения в практику, в том числе составлять математические модели объектов профессиональной деятельности (ПСК); Владеть методами аэродинамического расчета и эксперимента (ПСК).</p>
---	---	--

**Учебный план программы
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте»**

Вид занятий	Всего часов
Общая продолжительность	22 часа
Лекции	20 часов
Итоговая проверка знаний (собеседование)	2 часа

**Примерный календарный учебный график программы
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте»**

Вид занятий	Количество часов по неделям					
	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя	5 неделя	Итого
Лекции	4	4	4	4	4	20
Практика	-	-	-	-	-	-
Собеседование						2
Итого:						22

**Тематический план
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте»**

№	Название темы	Кол-во часов
1	Введение. Техника безопасности при проведении испытаний. Документированные и рабочие процедуры СМК, утвержденные в институте. История развития измерительной техники и ее место в экспериментальной аэродинамике. Связь с другими областями науки и техники, главные тенденции и перспективы развития.	2
2	Измерение сил и моментов в аэродинамическом эксперименте.	4
3	Методы измерения полного и статического давления	4
4	Методы и средства измерения температуры потока	4
5	Методы и средства измерения теплового потока	2
6	Измерение скорости аэродинамического потока. Контактные и бесконтактные методы.	4
6	Собеседование	2
	Итого:	22

Рабочая программа
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте»

4.1. Введение. Техника безопасности при проведении испытаний. Документированные и рабочие процедуры СМК, утвержденные в институте. История развития измерительной техники и ее место в экспериментальной аэродинамике. Связь с другими областями науки и техники, главные тенденции и перспективы развития. Роль измерительной техники в аэродинамическом эксперименте. Содержание курса и последовательность его изучения.

2 часа

4.2. Измерение сил и моментов в аэродинамическом эксперименте. Силы и моменты сил, действующие на модель летательного аппарата. Скоростная и связанная система координат. Механические аэродинамические весы и α -механизм. Тензометрические весы. Тензомост. Градуировочные исследования многокомпонентных аэродинамических тензовесов. Матрица градуировочных коэффициентов.

4 часа

4.3. Методы измерения полного и статического давления. Насадок полного давления (трубка Пито). Измерение полного и статического давления с помощью насадка Пито-Прандтля. Измерение статического давления с помощью дренажных отверстий. Измерение полного давления в сверхзвуковом потоке. Получение градуировочных зависимостей датчиков давления.

4 часа

4.4 Методы и средства измерения температуры потока. Контактные методы. Термометр сопротивления. Термопара. Гребенка термопар. Бесконтактные методы. Методы спектрального анализа.

4 часа

4.5 Методы и средства измерения теплового потока. Устройство калориметра. Тепловизор.

2 часа

4.6 Измерение скорости аэродинамического потока. Контактные и бесконтактные методы. Термоанемометр. Метод ЛДИС.

Применение P. I. V.

4 часа

4.7 Собеседование

2 часа

Организационно-педагогические условия реализации программы:

Обучение по программе организуется путем проведения лекционных занятий. Реализация программы предполагает применение технических средств обучения (компьютерных).

Лекции проводятся в оборудованной учебной аудитории, обеспечивающей демонстрацию видеофильмов, слайдов, плакатов, использование технических средств обучения: ноутбук, проектор, экран.

При проведении лекционных занятий преподаватель регламентирует темп изложения учебного материала, который позволяет слушателям при необходимости производить записи. Перед завершением или в ходе обучения преподаватель отвечает на возникшие у слушателей вопросы, выборочно проверяет степень усвоения материала, а также указывает необходимый перечень учебной литературы для самостоятельного изучения. При необходимости слушатели могут получить у преподавателя материал в электронном виде.

Программа может предусматривать самостоятельную работу слушателей. Самостоятельная работа слушателей предусматривает, как правило, выполнение учебных заданий, а также обмен опытом и подготовку к зачету в соответствии с учебной программой. Для подготовки к зачету слушателям предоставляется учебное время для самостоятельной работы.

Для чтения лекций привлекаются ведущие ученые, а также квалифицированные специалисты ФГУП «ЦАГИ».

Контроль и оценка результатов освоения программы

Контроль результатов освоения учебного материала Программы осуществляется в форме собеседования и служит формой проверки усвоения слушателями учебного материала программы.

Собеседование принимается преподавателем, который непосредственно проводит учебные занятия со слушателями. Перед проведением собеседования, при необходимости, проводится консультация.

Содержание собеседования включает не менее одного теоретического вопроса из каждой темы учебно-тематического плана, что позволяет проверить качество изученного материала Программы, а также оценить полученные слушателем знания и освоенные профессиональные компетенции.

Показатели и критерии оценки результатов освоения Программы: «зачтено» - если слушатель правильно ответил не менее чем на 50% от общего числа контрольных вопросов, «не зачтено» - если не выполнены условия оценки «зачтено».

**Контрольные вопросы по программе
«Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте»**

1. Измерение сил и моментов в аэродинамическом эксперименте.
2. Скоростная и связанная система координат.
3. Механические аэродинамические весы, α – механизм.
4. Многокомпонентные тензометрические весы. Устройство тензомоста.
5. Методика градуировочных исследований многокомпонентных аэродинамических тензовесов. Матрица градуировочных коэффициентов.
6. Измерение полного давления потока с помощью специальных насадков.
7. Трубка Пито. Насадок Пито-Прандтля.
8. Методы измерения статического давления.
9. Измерение статического давления с помощью дренажных отверстий.
10. Методика градуировочных исследований датчиков давления.
11. Алгоритм получения градуировочных зависимостей для датчиков давления.
12. Измерение температуры потока. Статическая температура и температура торможения.
13. Определение температуры торможения с помощью термометра сопротивления.
14. Термопара. Гребенка термопар.
15. Бесконтактные методы тепловых измерений. Методы спектрального анализа.
16. Измерение тепловых потоков. Контактные и бесконтактные методы.
17. Устройство калориметра. Определение теплового потока с помощью калориметра.
18. Тепловизор. Принцип действия.
19. Контактные и бесконтактные методы определения скорости набегающего потока.
20. Термоанемометр. Устройство и принцип действия.
21. Лазерно-доплеровский измеритель скорости ЛДИС.
22. Метод P. I. V.

Учебно-методическое обеспечение программы «Измерительная техника в аэродинамическом эксперименте»

Основная литература:

1. Б.Н. Юрьев Экспериментальная аэродинамика. М: «Книга по требованию», 2012, Часть 1 – 302с, Часть 2 – 275с.
2. И. В. Сенюев. Применение спектральной пирометрии в аэродинамическом эксперименте для измерения температуры поверхности и пламени //Ученые записки ЦАГИ. 2017. Т.XLVIII, №2, с.50 – 61
3. К. Д. Бухаров, А. Р. Горбушин, Ю. В. Карташев, В. В. Петроневич, И. А. Судакова, С. Л. Чернышев. Апробация весового непрерывного эксперимента в трансзвуковой аэродинамической трубе Т-128 на дозвуковых режимах //Ученые записки ЦАГИ. 2017. Т.XLVIII, №7, с.27 – 45
4. В. К. Алаторцев, С. И. Иншаков, И. С. Иншаков, А. Ф. Рожков, В. В. Скворцов, А. Ю. Урусов, А. А. Успенский. Исследования объемноцентрированного разряда в сверхзвуковом потоке воздуха при дополнительной инъекции пропана и кислорода // Ученые записки ЦАГИ. 2017. Т.XLVIII, №6, с.41 – 52.
5. ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002, РК СМК 4-00-2017

Материально-технические средства обучения

1. Необходимое оборудование для лекций: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).