

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



В.Н. Баранов

20 19 г.

**Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации
«Методы визуализации течений в аэродинамическом
эксперименте»**

ФГУП «ЦАГИ»
гор. Жуковский

Пояснительная записка

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте» (далее – Программа) предназначена для инженерно-технических работников, специалистов и аспирантов, работающих в области авиа- и ракетостроения, а также студентов и слушателей авиационных высших учебных заведений.

Программа разработана на основе профессионального стандарта «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 04.03.2014г. № 121н).

Программа повышения квалификации направлена на совершенствование и (или) повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

Целью программы является формирование совокупного представления о методах измерения полей давления, температуры, визуализации линий тока и поверхностного напряжения трения по люминесценции специальных покрытий (шелковинок, масел, красок) в аэродинамическом эксперименте.

Основная роль в программе отводится фоновому шлирен-методу (Background oriented schlieren (BOS) method) и методу измерения полей скорости потока по изображению частиц, известному как метод PIV (Particle Image Velocimetry).

Планируемые результаты обучения: по окончании обучения каждый слушатель должен знать, владеть и уметь применять в работе:

- Методы визуализации течений на поверхности ЛА.
- Современные фоновый шлирен-метод (Background oriented schlieren (BOS) method) и метод измерения полей скорости потока по изображению частиц, известному как метод PIV (Particle Image Velocimetry).
- Требования по методам визуализации.

Форма обучения: очная.

Режим занятий: 2 раза в неделю по 2 академических часа.

Итоги обучения: по окончании проводится итоговая аттестация в виде зачета. По результатам итоговой аттестации при успешном освоении программы выдается удостоверение повышения квалификации установленного образца.

Объем программы: 16 ак. час (1 ак. час равен 45 мин.).

**Связь программы
«Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте» с
профессиональным стандартом**

Профессиональный стандарт	Обобщенные трудовые функции	Трудовые функции	Уровень квалификации
<p>«Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» зарегистрировано в Минюсте России 21.03.2016г. №31692</p> <p>Утверждено приказом Минтруда РФ 04.03.2014 №121н</p>	<p>Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы</p>	<p>Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований А/01.5</p> <p>Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок А/02.5</p>	5

**Формирование результатов освоения программы
«Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте» с
учетом профессионального стандарта**

<p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»</p>	<p>ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 «Авиастроение» (уровень бакалавра) Утвержден приказом Минобрнауки РФ от 21.03.2016 №249 Зарегистрировано приказом Минюста от 25.04.2016 №41910</p>	<p>Профессиональные компетенции</p>
<p>Трудовые функции</p>	<p>Профессиональные задачи</p>	<p>Компетенции</p>
<p>Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований</p>	<p>Участие в разработке облика объектов, согласовании разрабатываемых проектов с подразделениями предприятия; Математическое</p>	<p>Способность к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства (ОК-5); Способность владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных</p>

<p>A/01.5</p> <p>Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок A/02.5</p>	<p>моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов исследований;</p> <p>Проведение экспериментов по заданной тематике и анализ результатов экспериментов;</p> <p>Составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>	<p>пакетов исследований (ОПК-10);</p> <p>Способностью к решению инженерных задач с использованием базы знаний математических и естественнонаучных дисциплин (ПК-1);</p> <p>Способностью участвовать во внедрении результатов исследований и разработок (ПК-11);</p> <p>Способность развивать творческую инициативу, рационализаторскую и изобретательскую деятельность, внедрять эффективные инженерные решения в практику, в том числе составлять математические модели объектов профессиональной деятельности (ПСК);</p> <p>Владеть методами аэродинамического расчета и эксперимента (ПСК).</p>
---	---	--

**Учебный план программы
«Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте»**

№ п/п	Тема	Виды учебной работы, академических часов			
		Всего	Лекции	Практика	Зачет
1	«Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте»	16	9	6	1

Организационно-педагогические условия реализации программы

Образовательный процесс осуществляется на основе учебного плана.

Кадровое обеспечение образовательной программы строится на основе оптимального сочетания практического и научно-педагогического опыта преподавателей.

Обучение по программе организуется путем проведения лекционных занятий, самостоятельной работы под руководством преподавателя и при необходимости самостоятельной работы слушателей. 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.

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

Тематический план
«Методы визуализации течений
в аэродинамическом эксперименте»

№	Название темы	Лекции (час)	Практика (час)
1	Обзор методов визуализации течения на поверхности аэродинамических моделей. Документированные и рабочие процедуры СМК, утвержденной в институте. Техника безопасности.	1	
2	Нанесение PSP краски на модель	2	
3	Измерительная система PSP/TSP	2	
4	Проведение градуировки образца PSP	2	
5	Проведение PSP эксперимента		2
6	Метод визуализации течения по поверхности по изображению частиц.	2	
7	Проведение эксперимента с мини-шелковинками и методами PISFV. Обработка данных эксперимента. Измерение тепловых потоков с помощью TSP.		4
8	Зачет	1	
ИТОГО		16 час	

Рабочая программа
«Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте»

Тема 1. Обзор методов визуализации течения на поверхности аэродинамических моделей. Документированные и рабочие процедуры СМК, утвержденной в институте. Техника безопасности.	1 час
Формулировка проблемы. Основные понятия. Принципы, которые лежат в основе методов. Пределы и погрешности применимости методов. Метод PSP/TSP. Действующие в институте документы по качеству.	
Тема 2. Нанесение PSP краски на модель Особенности метода. Нанесение краски на модель.	2 часа
Тема 3. Измерительная система PSP/TSP Особенности измерительной системы для метода PSP/TSP.	2 часа
Тема 4. Проведение градуировки образца PSP Градуировка образца для проведения аэродинамического эксперимента.	2 часа
Тема 5. Проведение PSP эксперимента. Практические занятия. Обработка данных эксперимента.	2 часа
Тема 6. Метод визуализации течения по поверхности по изображению частиц. Знакомство с методом визуализации течения по поверхности по изображению частиц PISFV. Программа Leonardo для PISFV.	2 часа
Тема 7. Проведение эксперимента с мини-шелковинками и методами PISFV. Обработка данных эксперимента. Измерение тепловых потоков с помощью TSP.	4 часа
8. Зачет	1 час

Оценка качества освоения программы

Преподаватель самостоятельно устанавливает средства и методы текущего контроля, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций (опросы, типовые задания, контрольные работы, тесты и др.).

Оценка качества освоения программы осуществляется аттестационной комиссией в виде зачета по основным разделам программы.

Содержание зачета 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 для зачета по программе «Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте»

1. Пределы и погрешности применимости методов.
2. Особенности метода нанесения PSP краски на модель.
3. Особенности измерительной системы для метода PSP/TSP.
4. Градуировка образца для проведения аэродинамического эксперимента.
5. Метод визуализации течения по поверхности по изображению частиц PISFV. Программа Leonardo для PISFV.
6. Измерение тепловых потоков с помощью TSP

Учебно-методическое обеспечение программы «Методы визуализации течений в аэродинамическом эксперименте»

Рекомендуемая литература:

1. А.В. Чирихин. Течение конденсирующихся и запыленных сред в соплах аэродинамических труб // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011г. – 280с.
2. М.А. Брутян, А.В. Петров, А.В. Потапчик. Новый метод оптических исследований состояния пограничного слоя в аэродинамическом эксперименте // Ученые записки ЦАГИ. 2015. Т.XLVI, №6, с.3 – 10
3. В.А. Боровой, В.Е. Мошаров, В.Н. Радченко, А.С. Скуратов, И.В. Струминская. Влияние затупленных клиньев, сжимающих газ, на запуск модельного воздухозаборника // Ученые записки ЦАГИ. 2016. Т.XLVII, №3, с.56 – 71
4. ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ РВ 0015-002, РК СМК 4-00-2017

Материально-техническое обеспечение

1. Компьютерный класс для проведения лабораторно практических работ.
2. Проекционное оборудование.
3. Стендовая аэродинамическая труба (демонстратор).
4. Учебные фильмы, видео-фотоматериалы ресурсных и статических прочностных испытаний в лабораториях прочности ФГУП «ЦАГИ».
5. Экспериментальное оборудование.