

**КОРПОРАТИВНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ  
ФАУ «ЦАГИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник управления персоналом

О.А. Власова

20 23 г.



**Дополнительная профессиональная программа  
повышения квалификации  
«Визуализация пространственных течений  
в аэродинамическом эксперименте»**

г. Жуковский

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общая характеристика программы
  - Цель / задачи программы
  - Нормативно-правовая база
  - Объем, форма обучения и сроки освоения
2. Требования к результатам обучения / компетенции слушателей, формируемые в результате освоения программы
3. Содержание программы
  - Учебный план
  - Календарный учебный график
  - Тематический план
  - Рабочая программа
4. Организационно-педагогические условия реализации программы
5. Материально-техническое обеспечение
6. Учебно-методическое обеспечение
7. Оценка качества освоения программы



## 1. Общая характеристика программы

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «**Визуализация пространственных 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).

Реализация программы направлена на повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

В Программе используются основные термины, определения и принятые сокращения:

**Программа** - дополнительная профессиональная программа повышения квалификации.

**Академический час** — отрезок времени для занятий, а также мера объёма материала, намечаемого к изучению в течение этого времени; 45 астрономических минут.

**Зачет** — форма проверки успешного усвоения учебного материала дисциплины (модуля) в ходе лекций, практических, семинарских занятий, самостоятельной работы, выполнения лабораторных работ, а также форма проверки прохождения практик.

**Практическая работа** – форма организации учебного процесса, направленная на выполнение практического задания под руководством руководителя обучения.

**Итоговая аттестация** — завершающий этап освоения программы обучения и направлена на установление уровня подготовки.

**Учебный план** — документ, определяющий перечень, трудоемкость, последовательность и распределение по периодам обучения дисциплин (модулей), практик, иных видов учебной деятельности.



## **Цель / задачи программы**

**Целью программы** является освоение слушателями знаний и практических навыков в области визуализации механических процессов, в частности, в области визуализации течений газа и жидкости.

Для достижения цели Программы, в ходе её освоения решаются следующие **задачи**:

- формирование базовых знаний в области визуализации механических процессов;
- формирование подходов использования слушателями визуализации в своих исследованиях;
- обучение слушателей принципам создания новых методов визуализации течений.

## **Нормативно правовая база**

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации разработана на основе следующих нормативно-правовых актов:

- Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам, (утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 01.07.2013 N 499);
- Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» (утв. Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 04.03.2014г. № 121н);
- и других действующих нормативно-правовых актов.

Реализация Программы предусмотрена на базе ФАУ «ЦАГИ» в соответствии с Уставом и лицензией.



### **Объем программы, форма обучения и сроки освоения**

Объем (трудоемкость) программы: 30 академических часа.

Продолжительность обучения: 8 недель.

Форма обучения: очная.

Общий максимальный объем учебной нагрузки обучающихся - 54 академических часа в неделю, включая все виды аудиторной, практической и самостоятельной работы.

Объем максимальной учебной нагрузки слушателей при обучении по очной очно-заочной формам - 36 академических часов аудиторных занятий в неделю.

Итоги обучения: по окончании проводится итоговая аттестация в виде зачета.

По результатам итоговой аттестации при успешном освоении программы выдается удостоверение повышения квалификации установленного образца.



## 2. Требования к результатам обучения / компетенции слушателей, формируемые в результате обучения

### Планируемые результаты обучения по программе «Визуализация пространственных течений в аэродинамическом эксперименте»

В результате освоения программы слушатели должны:

#### **знать:**

- место и роль визуализации в научных исследованиях;
- задачи экспериментальной аэро и гидродинамики, решаемые с помощью методов визуализации;
- теоретические основы методов визуализации, используемых в аэро и гидродинамике;
- экспериментальное оборудование, применяемое при визуализации;
- принципы обработки изображений;
- новейшие тенденции в развитии методов визуализации.

#### **уметь:**

- планировать аэрофизический эксперимент;
- работать на современном экспериментальном оборудовании;
- проводить первичную обработку результатов визуализации течений;
- интерпретировать результаты визуализации течений.

#### **владеть:**

- планированием, постановкой и обработкой результатов аэрофизического эксперимента;
- навыками самостоятельной работы в лаборатории и в АДТ на современном экспериментальном оборудовании;



**Связь программы  
«Визуализация пространственных 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», утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 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>	<p style="text-align: center;">5</p>



**Формирование результатов освоения программы  
«Визуализация пространственных течений  
в аэродинамическом эксперименте»  
с учетом профессионального стандарта**

<p>Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 №121н</p>	<p>ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 «Авиастроение» (уровень бакалавра) Утвержден приказом Минобрнауки РФ от 05.02.2018 № 81 Зарегистрировано приказом Минюста от 28.02.2018 № 20186</p>	<p align="center">Компетенции</p>
<p align="center">Трудовые функции</p>	<p align="center">Профессиональные задачи</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>	<p>Участие в разработке облика объектов, согласовании разрабатываемых проектов с подразделениями предприятия;</p> <p>Математическое 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>Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни (УК-6);</p> <p>Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности (ОПК-1);</p> <p>Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники (ОПК-5);</p>



**3. Учебный план программы  
«Визуализация пространственных течений  
в аэродинамическом эксперименте»**

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, акад. час.				
		Всего	Лекции	Самостоятельная работа	Практическая работа	Итоговая аттестация
1.	Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда.	2	1	1		
2.	Тема 1. Введение в предмет, основы оптики.	2	1	1		
3.	Тема 2. Источники и приемники оптического излучения.	3	2	1		
4.	Тема 3. Скоростная фотография. Классические методы визуализации течений на поверхности.	3	2	1		
5.	Тема 4. Термокраски, жидкие кристаллы, пирометрия и тепловидение.	4	2	2		
6.	Тема 5. Новые методы визуализации течений на поверхности: густое масло, ЛПД, ЛПТ.	4	2	2		
7.	Тема 6. Методы исследования поля течения, основанные на рефракции света.	3	2	1		
8.	Тема 7. Методы исследования поля течения, основанные на рассеянии света, визуализация в гидродинамике.	3	2	1		
9.	Тема 8 Фото- видеограмметрия и оптические методы неразрушающего контроля.	4	2	2		
10.	Итоговая аттестация:	2				2
	<b>ИТОГО по программе:</b>	<b>30</b>	<b>16</b>	<b>12</b>		<b>2</b>



## Примерный календарный учебный график программы

Тема / модуль	Последовательность изучения материала								Итого
	1 не- деля	2 не- деля	3 не- деля	4 не- деля	5 не- деля	6 не- деля	7 не- деля	8 не- деля	
Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда	Л – 1 СР – 1								2
Тема 1	Л – 1 СР – 1								2
Тема 2		Л – 2 СР -2							4
Тема 3			Л – 2 СР -1						3
Тема 4				Л – 2 СР -1					3
Тема 5					ПР-2 СР-2				4
Тема 6						Л – 2 СР -2			4
Тема 7							Л – 2 СР -1		3
Тема 8								Л-2 СР-1	3
Итоговая аттестация								ИА- 2	2
<b>Всего (часов)</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>30</b>

Примечание: применяемые сокращения видов учебных занятий: «Л» - лекция; «СР» - самостоятельная работа; «ПР» - практическая работа, «ИА» - итоговая аттестация. Цифра после сокращенного названия вида учебного занятия указывает количество отведенных на занятие академических часов.



**Тематический план программы  
«Визуализация пространственных течений  
в аэродинамическом эксперименте»**

№ п/п	Тема / модуль	Кол-во часов
1	<b>Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда.</b>	2
2	<b>Тема 1. Введение в предмет, основы оптики.</b> Что понимается под визуализацией; Место визуализации в аэродинамическом эксперименте; Основные законы оптики.	2
3	<b>Тема 2. Источники и приемники оптического излучения.</b> Обзор приборов и оборудования для осуществления визуализации течений.	4
4	<b>Тема 3. Скоростная фотография. Классические методы визуализации течений на поверхности.</b> Скоростные камеры и задачи решаемые скоростной съемкой. Обзор методов визуализации, основанных на визуальном наблюдении и регистрации на фото-пленку.	3
5	<b>Тема 4. Термокраски, жидкие кристаллы, пирометрия и тепловидение.</b> Обзор методов исследования течений на поверхности.	3
6	<b>Тема 5. Новые методы визуализации течений на поверхности: густое масло, ЛПД, ЛПТ.</b> Методы невозможные без матричных приемников света и компьютерной обработки изображений.	4
7	<b>Тема 6. Методы исследования поля течения, основанные на рефракции света.</b> Методы теневые, интерференционные и метод Теплера.	4
8	<b>Тема 7. Методы исследования поля течения, основанные на рассеянии света, визуализация в гидродинамике.</b> «Лазерный нож», АИЧ, дымовая визуализация, резонансная флуоресценция.	3
9	<b>Тема 8. Фото- видеogramметрия и оптические методы неразрушающего контроля.</b> Принципы фото-видеограмметрии и обзор методов неразрушающего контроля.	3
10	Итоговая аттестация	2
	<b>Всего:</b>	30



**Рабочий план по программе  
«Визуализация пространственных течений  
в аэродинамическом эксперименте»**

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, академических часов		
		Всего	Контактная работа	Самостоятельная работа
1.	Документированные и рабочие процедуры СМК утвержденные в ЦАГИ. Охрана труда.	2	1	1
2.	Тема 1. Введение в предмет, основы оптики.	2	1	1
3.	Тема 2. Источники и приемники оптического излучения.	3	2	1
4.	Тема 3. Скоростная фотография. Классические методы визуализации течений на поверхности.	3	2	1
5.	Тема 4. Термокраски, жидкие кристаллы, пирометрия и тепловидение.	4	2	2
6.	Тема 5. Новые методы визуализации течений на поверхности: густое масло, ЛПД, ЛПТ.	4	2	2
7.	Тема 6. Методы исследования поля течения, основанные на рефракции света.	3	2	1
8.	Тема 7. Методы исследования поля течения, основанные на рассеянии света, визуализация в гидродинамике.	3	2	1
9.	Тема 8 Фото- видеограмметрия и оптические методы неразрушающего контроля.	4	2	2
10.	Итоговая аттестация:	2	2	
	<b>Общий объем, часов</b>	<b>30</b>	<b>18</b>	<b>12</b>



#### **4. 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 руководителей обучения.

Реализация дополнительной образовательной программы обеспечена научно-педагогическими кадрами, имеющими базовое образование, соответствующее профилю преподаваемого учебного материала, занимающимися педагогической, научной, научно-методической и / или практической деятельностью по профилю преподаваемой дисциплины.

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

Обучение по программе организуется путем проведения лекционных занятий, самостоятельной работы слушателей, практической работы и итоговой аттестации. Реализация программы предполагает применение технических средств обучения (компьютерных).

При проведении лекционных занятий преподаватель регламентирует темп изложения учебного материала, который позволяет слушателям при необходимости производить записи. При необходимости слушатели могут получить у преподавателя учебный материал в электронном виде.

Программой предусматривается самостоятельная работа, которая имеет целью закрепление и углубление полученных знаний, поиск и приобретение новых знаний.

Самостоятельная работа слушателей предусматривает изучение литературы.



## **5. Материально-техническое обеспечение**

ФАУ «ЦАГИ» обладает необходимой современной материально-технической базой для организации учебного процесса. Все помещения, задействованные для организации и проведения обучения, соответствуют требованиям санитарно-эпидемиологических стандартов и обязательным противопожарным нормам. В учебных аудиториях и офисных помещениях есть централизованное отопление, системы водоснабжения и канализации.

Учебная аудитория.

Компьютер с доступом в Интернет для работы с онлайн ресурсом.

Доступ к онлайн ресурсу, размещение образовательного контента для образовательных программ.

При наличии решения руководителя обучения, технические условия расширяются до:

1. Ноутбук, мультимедиа-проектор, экран, веб камера;
2. Магнитномаркерная доска, маркеры, мультимедийные технологии.

## **6. Учебно-методическое обеспечение**

### **Основная литература:**

1. Бойко В.М., Оришич А.М., Павлов А.А., Пикалов В.В. Теоретические основы и методы оптической диагностики в аэрофизическом эксперименте. -Новосибирск: НГУ, 2008
2. Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента. Ч.1. Новосибирск: НГТУ, 2005.
3. Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента. Ч.2. Новосибирск: НГТУ, 2007.
4. Мошаров В.Е., Радченко В.Н. Новый метод визуализации течений на поверхности аэродинамических моделей. // Датчики и системы. – 2010. - №5. - С.48-53.



### **Дополнительная литература:**

1. Рабек Я.. Экспериментальные методы в фотохимии и фотофизике. -М.: Мир, 1984, 1 и 2 том.
2. Борн М., Вольф Э.. Основы оптики. -М.:, Наука, 1973.
3. Ван Дайк. Альбом течений жидкости и газа. М. Мир, 1986.
4. Wen Jei Yang Handbook of flow visualization. -New York: Taylor & Francis, 2001.
5. Wolfgang M. Flow visualization. Academic Press. – 1974. – P. 250
6. Жаркова Г.М., Сонин А.С. Жидкокристаллические компоненты. -Новосибирск.: Наука Сиб. отд-ие, 1994. – С. 214.
7. Боровой В.Я. Течение газа и теплообмен в зонах взаимодействия ударных волн с по-граничным слоем. - М.: Машиностроение, 1983. - 144 с.
8. T.Liu, J.P. Sullivan Pressure and temperature sensitive paints. - Springer-Verlag Berlin: Heidelberg, 2005. – 339 p.
9. Mosharov V.E., Radchenko V.N., Fonov S.D. Luminescent Pressure Sensors in Aerodynamic Experiment. Central Aerohydrodynamic Institute - CWA International Corporation, 1997. – 151с.
10. Теренин А.Н. Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений - 1967.
11. Климкин В.Ф., Папырин А.Н., Солоухин Р.Н. Оптические методы регистрации быст-ропротекающих процессов. Новосибирск, Наука. 1980.

### **7. Оценка качества освоения программы**

Контроль результатов освоения учебного материала программы осуществляется в форме итоговой аттестации и служит формой проверки усвоения слушателями учебного материала программы. Итоговая аттестация проводится в форме зачета (письменный ответ на вопрос).

Проводится руководителями обучения, которые непосредственно проводили учебные занятия со слушателями.

#### **Показатели и критерии оценки результатов освоения программы:**

«зачтено» - если слушатель правильно ответил не менее чем на 80% от общего числа контрольных вопросов, «не зачтено» - если не выполнены условия оценки «зачтено».



**Контрольные вопросы  
к итоговой аттестациям по результатам обучения  
по дополнительной профессиональной программе  
повышения квалификации  
«Визуализация пространственных течений  
в аэродинамическом эксперименте»**

1. Оптические методы визуализации можно систематизировать по физическим явлениям, лежащим в их основе: преломление света, рассеяние света, люминесценция, собственное свечение исследуемого объекта. Приведите примеры методов в соответствии с этой систематизацией. В чем преимущество люминесцентных методов.
2. Назовите методы, с помощью которых можно визуализировать переход пограничного слоя, сравните эти методы.
3. Назовите панорамные методы, с помощью которых можно измерить тепловые потоки, сравните эти методы.
4. Как найти тепловой поток из измерений температуры.
5. Назовите методы, с помощью которых можно визуализировать предельные линии тока, сравните эти методы.
6. Назовите методы, с помощью которых можно исследовать поверхностное трение.
7. Как измерить температуру 2000К и зачем это надо делать?
8. Источники и приемники света.
9. Погрешности измерения интенсивности света с помощью ПЗС камеры.
10. Метод шелковинок: в какой цвет надо красить модель и какого цвета должны быть шелковинки? Выведите формулу для контраста шелковинок при регистрации картины обтекания на матричный фотоприемник.
11. Метод ЛПД: физические основы, измерение интенсивности и кинетики люминесценции, область применения, методика.
12. Метод BOS. В чем преимущества и недостатки метода в сравнении с теневым методом.
13. Метод PIV. Варианты метода. Область применения и ограничения метода.
14. Методы Видеограмметрии (различные принципы проведения измерений).
15. Оптические методы неразрушающего контроля.