

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



«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник управления персоналом

О.А. Власова

20 24 г.

**Дополнительная профессиональная программа
повышения квалификации**

«Аэродинамика входных и выходных устройств ЛА»

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 «**Аэродинамика входных и выходных устройств ЛА**» (далее - Программа) предназначена для научных и инженерно-технических работников, специалистов и аспирантов, работающих в области авиа- и ракетостроения.

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 совершенствование и (или) получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности, и (или) повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации в области аэродинамики ЛА в части формирования входных и выходных устройств сверхзвуковых ЛА.

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.

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 повышение квалификации специалистов в области проектирования авиационных конструкций с целью повышения ресурса, дальности полета, а также экономичности. Поставленные задачи достигаются путем изучения течения, реализующегося в каналах входных и выходных устройств, параметров эффективности входных и выходных устройств, методов воздействия на течение во входных и выходных устройствах с целью улучшения характеристик и повышения их эффективности.

Упор делается на ознакомление слушателя с приемами и принципами разработки и проектирования входных и выходных устройств, предназначенных для сверхзвуковых летательных аппаратов, а также на подготовку к решению практических задач, связанных с проведением испытаний в АДТ ЦАГИ.

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

- рассматриваются термодинамические понятия и определения, необходимые для освоения курса;
- на основе теории подобия приводятся критерии, соблюдение которых необходимо для работы входных и выходных устройств сверхзвукового ЛА;
- изучаются геометрические параметры и параметры эффективности входных и выходных устройств;
- рассматриваются принципы пускового регулирования;
- изучаются различные способы улучшения работы входных и выходных устройств и возможность их применения.

Нормативно правовая база

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

- Федеральный закон от 29.12.2012г. 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 01.07.2013г. 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: 36 академических часов.

Продолжительность обучения: 3 месяца.

Форма обучения: очная.

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

Объем нормативной 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

В результате освоения программы слушатели должны:

знать:

- термодинамические понятия и определения, применяемые в аэродинамике входных и выходных устройств ЛА;
- параметры эффективности входных и выходных устройств ЛА;
- принципы пускового регулирования сверхзвуковых входных устройств ЛА;
- способы повышения эффективности работы сверхзвуковых входных и выходных устройств ЛА;
- методы борьбы с помпажом.

уметь:

- определить параметры эффективности входных и выходных устройств ЛА;
- определить требуемое F_r для запуска сверхзвуковых входных устройств ЛА;
- предложить различные способы повышения эффективности входных и выходных устройств ЛА.

владеть:

- принципами пускового регулирования входных устройств ЛА;
- различными способами борьбы с помпажом;
- принципами проведения экспериментальных исследований модельных входных и выходных устройств ЛА.

**Связь программы
«Аэродинамика входных и выходных устройств ЛА»
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 21.03.2014г. №31692 Утверждено приказом Минтруда РФ 04.03.2014г. № 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
«Аэродинамика входных и выходных устройств ЛА»
с учетом профессионального стандарта**

<p>Профессиональный стандарт «Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций» зарегистрировано в Минюсте России, рег. номер 65485 от 20.10.2021.</p> <p>Утверждено приказом Минтруда России от 15.09.2021 №631н</p>	<p>ФГОС во по направлению подготовки 24.03.04 «Авиастроение» (уровень бакалавра) - Утвержден приказом Минобрнауки России от 05.02.2018 № 81 - Зарегистрировано приказом Минюста от 28.02.2018 №50186</p>	<p align="center">Компетенции</p>
<p>Трудовые функции</p>	<p>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>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 общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности ОПК-1;</p> <p>Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил ОПК-3.</p>

Учебный план Программы

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, акад. час.			
		Всего	Контактная работа обучающихся с руководителем обучения		Самостоятельная работа
			Лекции	Итоговая аттестация	
1.	Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте.	1	1		
2.	Тема 1. Основные термодинамические понятия и определения.	6	4		2
3.	Тема 2. Общие сведения о сверхзвуковом ВЗУ.	3	2		1
4.	Тема 3. Основные параметры сверхзвуковых диффузоров.	3	2		1
5.	Тема 4. Необходимые условия для работы сверхзвукового ВЗУ.	3	2		1
6.	Тема 5. Принципы пускового регулирования.	3	2		1
7.	Тема 6. Способы улучшения работы ВЗУ.	3	2		1
8.	Тема 7. Торможение сверхзвукового потока в каналах (Псевдоскачок).	3	2		1
9.	Тема 8. Помпаж сверхзвукового ВЗУ.	3	2		1
10.	Тема 9. Выходные устройства силовых установок ЛА. Общие сведения.	3	2		1
11.	Тема 10. Характеристики регулируемых и нерегулируемых выходных устройств.	3	2		1
12.	Итоговая аттестация:	2		2	
	ИТОГО по программе:	36	23	2	11

Примерный календарный учебный график Программы

Тема / модуль	Последовательность изучения материала			Итого акад. час.
	1 месяц	2 месяц	3 месяц	
Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте.	Л - 1			1
Тема 1	Л - 4 СР - 2			6
Тема 2	Л - 2 СР - 1			3
Тема 3	Л - 2 СР - 1			3
Тема 4		Л - 2 СР - 1		3
Тема 5		Л - 2 СР - 1		3
Тема 6		Л - 2 СР - 1		3
Тема 7		Л - 2 СР - 1		3
Тема 8			Л - 2 СР - 1	3
Тема 9			Л - 2 СР - 1	3
Тема 10			Л - 2 СР - 1	3
Итоговая аттестация			ИА - 2	2
Всего (часов)	13	12	11	36

Примечание:

применяемые сокращения видов учебных занятий:

«Л» - лекция, «СР» - самостоятельная работа, «ИА» - итоговая аттестация. Цифра после сокращенного названия вида учебного занятия указывает количество отведенных на занятие академических часов.

Тематический план Программы

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, академических часов			
		Всего	Контактная работа обучающихся с руководителем обучения		Самостоятельная работа
			Лекции	Итоговая аттестация	
1	Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте	1	1		-
2	Тема 1. Основные термодинамические понятия и определения.	6	4		2
3	Тема 2. Общие сведения о сверхзвуковом ВЗУ.	3	2		1
4	Тема 3. Основные параметры сверхзвуковых диффузоров.	3	2		1
5	Тема 4. Необходимые условия для работы сверхзвукового ВЗУ.	3	2		1
6	Тема 5. Принципы пускового регулирования.	3	2		1
7	Тема 6. Способы улучшения работы ВЗУ.	3	2		1
8	Тема 7. Торможение сверхзвукового потока в каналах (Псевдоскачок).	3	2		1
9	Тема 8. Помпаж сверхзвукового ВЗУ.	3	2		1
10	Тема 9. Выходные устройства силовых установок ЛА. Общие сведения.	3	2		1
11	Тема 10. Характеристики регулируемых и нерегулируемых выходных устройств.	3	2		1
12	Итоговая аттестация	2		2	
	ИТОГО:	36			

Рабочий план Программы

№ п/п	Тема / модуль	Кол-во ак. час.
1	<p>Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте.</p> <p>Ознакомление с Уставом ФАУ «ЦАГИ», Лицензией на осуществление образовательной деятельности, П СМК 23-2020 «Положение о порядке организации и осуществления образовательной деятельности в корпоративном университете управления персоналом ФГУП «ЦАГИ» и другими локальными актами, в том числе размещенными на univer.tsagi.ru</p>	1
2	<p>Тема 1. Основные термодинамические понятия и определения.</p> <p>Основные термодинамические понятия и определения. Адиабатический процесс. Скорость звука. Критические параметры потока. Газодинамические функции. Запись основных уравнений сохранения с использованием газодинамических функций. Уравнение неразрывности. Уравнение сохранения количества движения. Прямой скачок уплотнения.</p>	6
3	<p>Тема 2. Общие сведения о сверхзвуковом ВЗУ.</p> <p>Общие сведения о воздухозаборных устройствах: роль и назначение воздухозаборников. Виды воздухозаборников. Компоновка на летательном аппарате.</p>	3
4	<p>Тема 3. Основные параметры сверхзвуковых диффузоров.</p> <p>Основные параметры сверхзвуковых диффузоров. Геометрические и газодинамические параметры сверхзвуковых входных устройств. Эффективная тяга силовой установки. Внешнее сопротивление СВУ. Расчёт сопротивления СВУ по жидкому контуру. Расчёт параметров потока в горле сверхзвуковых ВЗУ.</p>	3
5	<p>Тема 4. Необходимые условия для работы сверхзвукового ВЗУ.</p> <p>«Запуск» и «срыв» течения в СВУ. Условия «запуска» воздухозаборников. Взаимодействие скачков уплотнения с пограничным слоем. Структура течения при «запуске». «Срыв» течения в диффузоре при уменьшении числа М. Его причины. Минимальное f_r.</p>	3
6	<p>Тема 5. Принципы пускового регулирования.</p> <p>Различные схемы торможения сверхзвукового потока. Газодинамическое конструирование течений сжатия. Принцип и способ «пускового» регулирования.</p>	3

№ п/п	Тема / модуль	Кол-во ак. час.
7	<p>Тема 6. Способы улучшения работы ВЗУ. Автоперепуск ВЗУ внешне-внутреннего сжатия. Сравнение ВЗУ внешнего сжатия с ВЗУ внешне-внутреннего сжатия. Способы улучшения работы ВЗУ: отсасывание пограничного слоя; вдув; турбулизация; охлаждение поверхности. Дроссельные характеристики нерегулируемых св. звуковых входных устройств внешнего сжатия.</p>	3
8	<p>Тема 7. Торможение сверхзвукового потока в каналах (Псевдоскачок). Торможение сверхзвукового потока в каналах. Основные параметры свободного псевдоскачка. Основные параметры фиксированного псевдоскачка. Течение торможения в каналах</p>	3
9	<p>Тема 8. Помпаж сверхзвукового ВЗУ. Помпаж ВЗ. Механизм возникновения помпажа. Помпаж СВУ на режимах работы с коэффициентом расхода $f < 0$. Методы борьбы с помпажом: увеличение f_v; Q_k; отсос; вдув; вторая обечайка и т.д.</p>	3
10	<p>Тема 9. Выходные устройства силовых установок ЛА. Общие сведения. Различные схемы реактивных сопел. Характерные сечения и геометрические параметры реактивных сопел. Типы компоновок реактивных сопел на самолетах. Основные параметры и особенности рабочего процесса выходных устройств. Виды потерь в выходных устройствах. Способы их оценки.</p>	3
11	<p>Тема. 10. Характеристики регулируемых и нерегулируемых выходных устройств. Не регулируемые выходные устройства. Характеристики нерегулируемых выходных устройств. Регулируемые выходные устройства. Способы регулирования сверхзвуковых сопел ГТД. Характеристики регулируемых выходных устройств. Особенности характеристик устройств реверса и отклонения вектора тяги.</p>	3
12	Итоговая аттестация	2
	ИТОГО:	36

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 и итоговой аттестации. Реализация программы предполагает применение технических средств обучения (компьютерных).

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

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

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.

При наличии решения руководителя обучения, технические условия расширяются до:

1. Ноутбук, мультимедийный проектор, экран, доска;
2. Магнитомаркерная доска, маркеры и бумага.

6. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. - Москва: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1976.
2. Лаврухин Г.Н. Аэрогазодинамика реактивных сопел. Т. 1. - Москва: Физматлит, 2003.
3. Нечаев Ю.Н. Теория авиационных двигателей. - Москва: Издание ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского, 1990.

Дополнительная литература:

1. Авдеевский В.С. и др. Основы теплопередачи в авиационной и ракетной технике. - Москва: Оборонгиз, 1960.
2. Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика. - Москва: Государственное издательство оборонной промышленности, 1958.

7. Оценка качества освоения программы

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

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 (устного собеседования), что позволяет проверить качество изученного материала программы.

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

Итоговая аттестация осуществляется руководителем обучения, который непосредственно проводил учебные занятия со слушателями.

Показатели и критерии оценки результатов освоения программы:

Оценивание проводится по шкале «зачтено» и «не зачтено».

Оценка «зачтено» ставится, если слушатель дал осмысленный ответ, полный по содержанию, иногда требующий лишь незначительных уточнений и дополнений, которые слушатель может сделать самостоятельно после наводящих вопросов. Дополнительные вопросы могут вызывать затруднения, однако, слушатель понимает основные положения учебного материала, оперирует основными понятиями дисциплины/модуля.

Оценка «не зачтено» ставится, если слушатель не может изложить содержание изученного материала, не знает основных понятий дисциплины/модуля, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы.

**Контрольные вопросы к итоговой аттестации
по результатам обучения по дополнительной профессиональной
программе повышения квалификации
«Аэродинамика входных и выходных устройств ЛА»**

1. Уравнение неразрывности. Запись уравнения неразрывности через газодинамические функции.
2. Уравнение количества движения. Запись с помощью газодинамических функций.
3. Соотношения для прямого скачка уплотнения, полученные с использованием газодинамических функций.
4. Классификация ВЗУ.
5. Параметры эффективности входных устройств: $V_{ВХ}$; $C_{Хвн}$.
6. Геометрические параметры сверхзвуковых ВЗУ.
7. ВЗУ внутреннего сжатия. Режимы течения. Оптимальный режим течения.
8. Основные схемы торможения сверхзвукового потока.
9. ВЗУ с пусковым регулированием.
10. Сравнение ВЗУ внешнего и смешанного сжатия.
11. Автозапуск ВЗУ.
12. Сопротивление при автозапуске.
13. Способы улучшения работы ВЗУ.
14. Помпаж ВЗУ. Механизм возникновения.
15. Меры борьбы с помпажом.
16. Схемы реактивных сопел.
17. Основные параметры эффективности реактивных сопел.
18. Виды потерь в выходных устройствах. Способы их оценки.
19. Характеристики нерегулируемых выходных устройств.
20. Задачи и способы регулирования выходных устройств.