

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 «Динамика полета и проектирование двухсредных космических аппаратов» (далее – Программа) предназначена для научных и 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 профессиональных образовательных программ по специальностям 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

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 Программы (модуля) в ходе лекций, практических занятий, самостоятельной работы, выполнения лабораторных работ, а также форма проверки прохождения практик.

Итоговая аттестация (ИА) — завершающий этап освоения программы обучения и направлена на установление уровня подготовки.

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

Цель / задачи программы

Целью Программы является повышение квалификации специалистов в области динамики полета двухсредных космических аппаратов, путем их ознакомления с методами, методиками, применяемыми в исследованиях.

Упор делается на ознакомление слушателя с приемами и методикой оптимизации траектории движения аэрокосмических ракетных систем.

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

- оптимизация траектории выведения космических аппаратов с вертикальным и горизонтальным стартом;
- определение основных проектных параметров космических аппаратов.

Нормативно правовая база

Программа разработана на основе следующих нормативно-правовых актов:

- Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказом Министерства образования и науки РФ от 01.07.2013 N 499 «Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;
- Профессиональный стандарт 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»;
- 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: 46 академических часа.

Продолжительность обучения: не менее 4 недель.

Форма обучения: очная.

Общий нормативный максимальный объем учебной нагрузки слушателей - 54 академических часа 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.



Требования к результатам обучения / компетенции слушателей, формируемые в результате обучения

Планируемые результаты обучения: по окончании обучения каждый слушатель должен:

знать:

- методы оптимизации без ограничений и с ограничениями;
- уравнения движения космического аппарата, решение обыкновенных дифференциальных уравнений;
- условия зависимости функций;
- принцип оптимизации параметров движения космического аппарата;
- принципы проектирования космического аппарата.

уметь:

- решать модельные задачи с использованием принципа максимума;
- использовать методы проектирования при разработке компоновки космического аппарата;
- анализировать и оценивать разработанные компоновки.

владеть:

- методами оптимизации с ограничениями для расчёта траектории космического аппарата.

**Связь Программы
с профессиональным стандартом**

Профессиональный стандарт	Обобщенные трудовые функции	Трудовые функции	Уровень квалификации
Профессиональный стандарт 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»	Проведение расчетных исследований для определения траектории двухсредного космического аппарата	Расчет динамики полета двухсредных космических аппаратов; Формирование компоновки и конструкции двухсредных космических аппаратов.	6

Формирование результатов освоения Программы с учетом профессионального стандарта

<p>Профессиональный стандарт 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»</p>	<p>ФГОС ВО по направлению подготовки 24.03.04 «Авиастроение» (уровень бакалавра) - Утвержден приказом Минобрнауки России 05.02.2018 № 81 - Зарегистрировано приказом Минюста от 28.02.2018 № 50186</p>	<p>Компетенции</p>
<p>Трудовые функции</p>	<p>Профессиональные задачи</p>	
<p>Расчет динамики полета двухсредных космических аппаратов; Формирование компоновки и конструкции двухсредных космических аппаратов.</p>	<p>Использование методов проектирования при разработке компоновки космического аппарата; Анализ и оценка разработанных компоновок; Проведение измерений и наблюдений, составление описания проводимых исследований, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.</p>	<p>Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач (УК-1); Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности (ОПК-1); Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития авиационной отрасли и техники (ОПК-6).</p>

3. Содержание Программы

Учебный план

№ п/п	Наименование темы / модуля	Виды учебной работы, акад. час.			
		Всего	Контактная работа обучающихся с руко- водителем обучения		Самостоятельная работа
			Лекции	Итоговая аттестация	
1.	Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте	1	1		
2.	Тема 1. Решение ОДУ	6	4		2
3.	Тема 2. Принцип максимума Понтрягина	6	4		2
4.	Тема 3. Уравнения пространственного движения ЛА. Приближенно оптимальное управление	6	4		2
5.	Тема 4. Аэродинамика простых тел, температура на поверх- ности ЛА	6	4		2
6.	Тема 5. Уравнение существования ЛА, расчет веса	6	4		2
7.	Тема 6. Основные параметры ЖРД	6	4		2
8.	Тема 7. Критерии оптимизации	6	4		2
9.	Итоговая аттестация:	3		3	
	ИТОГО по программе:	46	29	3	14



Примерный календарный учебный график Программы

Тема / модуль	Последовательность изучения материала				Итого ак. ч.
	1 нед.	2 нед.	3 нед.	4 нед.	
Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте	Л - 1				1
Тема 1	Л - 4 СР - 2				6
Тема 2	Л - 4 СР - 2				6
Тема 3		Л - 4 СР - 2			6
Тема 4		Л - 4 СР - 2			6
Тема 5			Л - 4 СР - 2		6
Тема 6			Л - 4 СР - 2		6
Тема 7				Л - 4 СР - 2	6
Итоговая аттестация				ИА - 3	3
Всего (часов)	13	12	12	9	46

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.



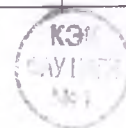
Тематический план Программы

№ п/п	Тема / модуль	Кол-во акад. 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. Решение ОДУ	6	4		2
3	Тема 2. Принцип максимума Понтрягина	6	4		2
4	Тема 3. Уравнения пространственного движения ЛА. Приближенно оптимальное управление	6	4		2
5	Тема 4. Аэродинамика простых тел, температура на поверхности ЛА	6	4		2
6	Тема 5. Уравнение существования ЛА, расчет веса	6	4		2
7	Тема 6. Основные параметры ЖРД	6	4		2
8	Тема 7. Критерии оптимизации	6	4		2
9	Итоговая аттестация	3		3	
	ВСЕГО:	46	29	3	14



Рабочий план по Программе

№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, академических часов			
		Всего	Лекции	Итоговая аттестация	Самостоятельная работа
1	Знакомство с программой, документами СМК, утвержденными в Институте. 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	1	1		
2	Тема 1. Решение ОДУ. Обыкновенные уравнения первого порядка. Уравнения с раздельными переменными. Теорема Коши. Особые точки. Приближенные решения.	6	4		2
3	Тема 2. Принцип максимума Понтрягина. Зависимость функций. Матрица Якоби. Понятие условного экстремума. Метод множителей Лагранжа. Основные положения принципа макси-	6	4		2
4	Тема 3. Уравнения пространственного движения ЛА. Приближенно оптимальное управление. Модельная задача о выборе программы выведения.	6	4		2
5	Тема 4. Аэродинамика простых тел, температура на поверхности ЛА. Вектор. Теорема Остроградского. Градиент, потенциал, дивергенция. Вывод уравнения Кутта-Жуковского. Инженерные методы расчета тепловых потоков.	6	4		2
6	Тема 5. Уравнение существования ЛА, расчет веса. Прямая и обратная задачи.	6	4		2



№ п/п	Тема / модуль	Виды учебной работы, академических часов			
		Всего	Лекции	Итоговая аттестация	Самостоятельная работа
7	Тема 6. Основные параметры ЖРД. Удельный импульс, секундный расход.	6	4		2
8	Тема 7. Критерии оптимизации. Минимизация без ограничений. Градиентные и квазиньютоновские методы.	6	4		2
9	Итоговая аттестация			3	
10	ИТОГО:	46	29	3	14

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 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 Программы.

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.

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.

Учебная аудитория, оснащенная:

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

На лекционных занятиях могут использоваться мультимедийные технологии, связанные с демонстрацией презентаций.

6. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Бюшгенс Г.С. Динамика полета. – Машиностроение – 2011. – 776 с.
2. Нейланд В.Я., Тумин А.М. Аэродинамика воздушно-космических самолетов. Конспект лекций. – Жуковский: Прикладные исследования, 1991. – 201 с.
3. Бузулук В.И. Оптимизация траекторий движения аэрокосмических летательных аппаратов. – Изд-во ЦАГИ – 2008. – 476 с.

Дополнительная литература:

1. Туманов А. В., Зеленцов В. В., Щеглов Г. А. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов : учеб. пособие для вузов / Туманов А. В., Зеленцов В. В., Щеглов Г. А. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. - 572 с. : ил. - Библиогр.: с. 564-572. - ISBN 978-5-7038-4596-7.
2. Шкадов Л.М., Буханова Р.С., Илларионов В.Ф., Плохих В.П. Механика оптимального пространственного движения летательных аппаратов в атмосфере. – М.: Машиностроение, 1972.
3. Бузулук В.И. Оптимизация траекторий движения аэрокосмических летательных аппаратов. – М. – 2008. – 476 с.

4. Охоцимский Д.Е., Энеев Т.М. Некоторые вариационные задачи, связанные с запуском искусственного спутника Земли. Успехи физических наук, т. LXIII, вып. 1а, 1957.
5. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика летательных аппаратов. – М.: Наука, 1982.
6. Kemp N.M. and Riddel F.R. Heat Transfer to Satellite Vehicles Re-entering the Atmosphere // “Jet Propulsion”, No 2, Vol. 27, 1957.
7. ГОСТ 4401-81. Атмосфера стандартная. Параметры. – М.: Изд-во стандартов, 1981.
8. ГОСТ 20058-80. Динамика летательных аппаратов в атмосфере. Термины, определения и обозначения. – М.: Изд-во стандартов, 1989.

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:

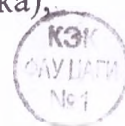
Оценивание проводится по шкале «зачтено» и «не зачтено».

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 темы/модуля.

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

Контрольные вопросы к итоговой аттестации «Динамика полета и проектирование двухсредных космических аппаратов»

1. Вывод уравнения Эйлера (а также Бернулли) из уравнения Ньютона;
2. Вывод уравнения Кутта-Жуковского для диполя (источника и стока);



3. Основы проектирования транспортных космических систем: уравнение существования. Расчет веса, связь геометрических параметров;
4. Основные положения принципа максимума: уравнения движения, Гамильтониан, сопряженные переменные;
5. Решение максимума Понтрягина для космических аппаратов без учета влияния атмосферы. Закон «линейного тангенса» угла тангажа;
6. Определение зависимости функций (матрица Якоби) с доказательством;
7. Понятие условного экстремума. Функция Лагранжа, множители Лагранжа;
8. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка. Приближенное решение – способ Эйлера;
9. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка. Приближенное решение – интегрирование методом Рунге-Кутты;
10. Аэродинамика простых тел. Температура летательного аппарата при возвратном полете (совершенный газ или равновесная диссоциация). Равновесие теплового потока (пусты падение на стенку = излучению стенки);
11. Доказательство теоремы Остроградского;
12. Основные параметры ЖРД: удельный импульс, максимальная тяга, сопротивление на высоте H ;
13. Минимизация без ограничений. Градиентные и квазиньютоновские методы;
14. Зависимость массы полезной нагрузки от сухой массы ступени для различных вариантов транспортных космических систем. Связь между основными параметрами фюзеляжа (коэффициенты объема $V_{ф2/3}/F_{ф}$, $V_{ф2/3}/l_{ф}$).