

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной  
работе

Лейфа А.В. Лейфа

19 июня 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПОЛЕТА И ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»

Специальность 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Специализация образовательной программы – Пилотируемые и автоматические космические аппараты и системы

Квалификация выпускника – Инженер

Год набора – 2024

Форма обучения – Очная

Курс 3,4 Семестр 6,7

Экзамен 6 сем

Общая трудоемкость дисциплины 180.0 (академ. час), 5.00 (з.е)

Составитель В.В. Сердакова, Старший преподаватель,  
Институт компьютерных и инженерных наук  
Кафедра стартовых и технических ракетных комплексов

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 12.08.20 № 964

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры стартовых и технических ракетных комплексов

1.02.2024 г. , протокол № 7

Заведующий кафедрой Соловьев В.В. Соловьев

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

19 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

19 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Соловьев В.В. Соловьев

19 июня 2024 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и  
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

19 июня 2024 г.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины:

Изучения теории движения и динамики полета, формирование представлений о возмущенном и невозмущенном движении космических аппаратов, традиционных и современных методах управления.

### Задачи дисциплины:

1. подготовить студента к решению конкретных инженерных задач, возникающих при создании космических аппаратов.
2. дать представление о комплексном проектном подходе к разработке космических аппаратов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к профессиональному циклу. Для освоения дисциплины необходимо изучить следующие предметы: высшую математику, общую физику, основы теории полета космических аппаратов.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

### 3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен осуществлять проектирования, конструирования и сопровождения на всех этапах жизненного цикла КА, КС и составных частей	ИД – 1 ПК-1 Знать: - последовательность и содержание основных этапов проектирования КА и КС, ключевые требования массо- габаритного совершенства конструкции и надёжности. ИД – 2 ПК-1 Уметь: - разрабатывать проекты КА, КС и их составных частей, оформлять проектно-конструкторскую и рабоче- конструкторскую документацию ИД – 3 ПК-1. Владеть: - практическим опытом сопровождения процесса и испытания КА, КС и их составных частей, анализа и оценки их работы в процессе эксплуатации

## 4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.00 зачетных единицы, 180.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Введение Математические модели движения	6	4				1						3	Самостоятельная работа. Тест
2	Невозмущенное движение в центральном поле	6	4				1						3	Самостоятельная работа. Тест
3	Расчет программных траекторий активных участков выведения на орбиту	6	4				1						3	Самостоятельная работа. Тест
4	Возмущенное движение ИСЗ	6	4				1						3	Самостоятельная работа. Тест
5	Спуск в атмосфере и посадка КА на Землю и планеты	6	4				1						3	Самостоятельная работа. Тест
6	Траектории полетов к Луне и межпланетные траектории	6	4				1						3	Самостоятельная работа. Тест
7	Математические модели движения КА относительно центра масс	6	2				2						3	Самостоятельная работа. Тест
8	Задачи управления ориентацией КА.	6	2				2						3	Самостоятельная работа. Тест
9	Исполнительные органы системы ориентации и их характеристики	6	2				2						3	Самостоятельная работа. Тест

10	Динамика и управление ориентацией КА реактивными двигателями	6	2				2					3	Самостоятельная работа. Тест
11	Стабилизация КА с помощью электромеханических исполнительных органов	6	2				2					1	Самостоятельная работа. Тест
12	Экзамен	6								0.3	26.7		
	Итого			34.0		0.0		16.0	0.0	0.0	0.3	26.7	31.0

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Введение Математические модели движения	Цель, предмет, задачи и структура предмета. Его связь с другими курсами. Современное состояние развития космонавтики.
2	Невозмущенное движение в центральном поле	Классификация КА по траекториям. Классификация КА по назначению. Классификация КА по обитаемости. Классификация КА по массе. Классификация КА по конструктивным признакам.
3	Расчет программных траекторий активных участков выведения на орбиту	Состав космического аппарата: научная и служебная аппаратура. Система энергопитания. Система управления. Система ориентации и стабилизации. Система управления движением центра масс. Система терморегулирования. Система сбора научной информации.
4	Возмущенное движение ИСЗ	Радиотелеметрическая система и бортовые антенны – примеры реализации и важность в системе построения космического аппарата.
5	Спуск в атмосфере и посадка КА на Землю и планеты	Главные задачи и основные режимы ориентации. Пути решения некоторых задач ориентации. Возмущающие моменты. Солнечно-звездная ориентация.
6	Траектории полетов к Луне и межпланетные траектории	Понятие о логике работы и логике взаимодействия бортовых систем. Использование микропроцессорной техники.
7	Математические модели движения КА относительно центра масс	Сочетание бортовых и наземных средств управления. Взаимодействие космических аппаратов.
8	Задачи управления ориентацией КА.	Обеспечение заданных температур и принципы терморегулирования. Газовая среда в герметичных отсеках. Обеспечение работы системы управления ориентацией.
9	Исполнительные органы	Определения и основные требования к компоновке

	системы ориентации и их характеристики	конструкции КА. Особенности разработки негерметичных отсеков. Внешняя компоновка космического аппарата. Определение сил и моментов от светового давления.
10	Динамика и управление ориентацией КА реактивными двигателями	Понятие о процессе проектирования. Вариант алгоритма рационального проектирования.
11	Стабилизация КА с помощью электромеханических исполнительных органов	Общий подход к решению задачи унификации. Математическая формулировка задачи. Варианты постановок задачи унификации. Применение метода неопределенных множителей Лагранжа.

### 5.2. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Введение Математические модели движения	Описание математической модели движения
Невозмущенное движение в центральном поле	Изучение невозмущенного движения в центральном поле
Расчет программных траекторий активных участков выведения на орбиту	Изучение активных участков выведения на орбиту
Возмущенное движение ИСЗ	Описание возмущённого движения искусственного спутника Земли
Спуск в атмосфере и посадка КА на Землю и планеты	Изучение спуска в атмосфере различных планет на различных КА
Траектории полетов к Луне и межпланетные траектории	Изучение различных траекторий полета к Луне и межпланетные перелеты
Математические модели движения КА относительно центра масс	Описание математических моделей движения КА относительно центра масс
Задачи управления ориентацией КА.	Основные задачи управления ориентации КА
Исполнительные органы системы ориентации и их характеристики	Изучение основных исполнительных органов системы стабилизации и описание их характеристик
Динамика и управление ориентацией КА реактивными двигателями	Изучение динамики и управления ориентации КА реактивным двигателем
Стабилизация КА с помощью электромеханических исполнительных органов	Изучение стабилизации КА с помощью электромеханических исполнительных органов

### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Введение	Изучение материала, вынесенного на	3

	Математические модели движения	самостоятельную проработку	
2	Невозмущенное движение в центральном поле	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
3	Расчет программных траекторий активных участков выведения на орбиту	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
4	Возмущенное движение ИСЗ	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
5	Спуск в атмосфере и посадка КА на Землю и планеты	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
6	Траектории полетов к Луне и межпланетные траектории	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
7	Математические модели движения КА относительно центра масс	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
8	Задачи управления ориентацией КА.	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
9	Исполнительные органы системы ориентации и их характеристики	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
10	Динамика и управление ориентацией КА реактивными двигателями	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	3
11	Стабилизация КА с помощью электромеханических исполнительных органов	Изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку	1

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Интегральная модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления, самоуправление. На занятиях используются методы активного обучения, как «Проблемная лекция». Перед изучением модуля обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал модуля. При чтении лекции используются мультимедийные презентации. При выполнении практических работ используется прием интерактивного обучения «Кейс- метод»: студентам выдается задание для подготовки к выполнению работы; с преподавателем обсуждается цель работы и ход её выполнения; цель анализируется с разных точек зрения, выдвигаются гипотезы, делаются выводы, анализируются полученные

результаты.

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникаций со студентами для предоставления информации, выдача рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта).

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Вопросы к экзамену:

1. Критерии классификация космических аппаратов.
2. Классификация космических аппаратов по траекториям.
3. Классификация космических аппаратов по назначению.
4. Классификация космических аппаратов по обитаемости.
5. Классификация космических аппаратов по массе.
6. Классификация космических аппаратов по конструктивным признакам.
7. Состав космического аппарата: система энергоснабжения.
8. Состав космического аппарата: система управления.
9. Состав космического аппарата: система ориентации и стабилизации.
10. Состав космического аппарата: система управления движением центра масс.
11. Состав космического аппарата: система терморегулирования.
12. Состав космического аппарата: система сбора научной информации.
13. Радиотелеметрическая система космического аппарата.
14. Бортовые антенны космического аппарата.
15. Управление бортовыми системами космического аппарата: понятие о логике работы и логике взаимодействия.
16. Ориентация космического аппарата.
17. Обеспечение условий работы приборов и систем космического аппарата.
18. Основные требования к конструкции космического аппарата.
19. Определение сил и моментов от светового давления.
20. Внешняя компоновка космического аппарата.
21. Проектирование космических аппаратов: основные стадии и этапы создания.
22. Техническое задание на проектирование космического аппарата. Назначение, состав и структура.
23. Техническое предложение.
24. Назначение и состав эскизного проекта.
25. Разработка рабочей документации.
26. Изготовление и наземные испытания прототипа.
27. Унификация бортовых систем космического аппарата, как средство снижения затрат.
28. Математическая формулировка задачи унификации. Варианты постановок задачи унификации.
29. Применение метода неопределенных множителей Лагранжа.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) литература

1. Введение в ракетно-космическую технику. Т.1. Общие сведения. Космодромы. Наземные средства контроля и управления ракетами и космическими аппаратами. Ракеты : учебное пособие в двух томах / А. П. Аверьянов, Л. Г. Азаренко, Г. Г. Вокин [и др.]. — 2-е изд. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 380 с. — ISBN 978-5-9729-0683-3 (т.1), 978-5-9729-0682-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115226.html> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
2. Введение в ракетно-космическую технику. Т.2. Космические аппараты и их системы. Проектирование и перспективы развития ракетно-космических систем : учебное пособие в двух томах / А. П. Аверьянов, Л. Г. Азаренко, Г. Г. Вокин [и др.]. — 2-е изд.



- Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 444 с. — ISBN 978-5-9729-0684-0 (т.2), 978-5-9729-0682-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115227.html> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Саленко, С. Д. Динамика полета : учебное пособие / С. Д. Саленко, А. Д. Обуховский. — Новосибирск : НГТУ, [б. г.]. — Часть 2: Устойчивость и управляемость лета-тельных аппаратов — 2015. — 128 с. — ISBN 978-5-7782-2707-1. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118183> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Шалыгин, А. С. Параметрические методы оптимизации в динамике полёта беспилотных летательных аппаратов : учебное пособие / А. С. Шалыгин, И. Л. Петрова, В. А. Санников. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2010. — 126 с. — ISBN 978-5-85546-578-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64107> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1887-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212129> (дата обращения: 11.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://www.e.lanbook.com">http://www.e.lanbook.com</a>	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия

#### в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	<a href="http://ecoruspace.me/">http://ecoruspace.me/</a>	Ecoruspace.me. Информационный Интернет- сайт посвящен существующей и планируемой ракетно-космической технике
2	<a href="http://www.makeyev.ru">www.makeyev.ru</a>	АО «Государственный ракетный центр им. академика В.П. Макеева»
3	<a href="http://www.laspace.ru">www.laspace.ru</a>	АО «НПО им. С.А. Лавочкина»

### 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, практических работ с лабораторным оборудованием, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно- библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно- образовательную среду университета

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе

процессора Intel Pentium, проектор.