

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

В.А. Фетисов

(подпись)

«29» мая 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем»

(Название дисциплины)

Код направления	24.06.01
Наименование направления/ специальности	Авиационная и ракетно-космическая техника
Наименование направленности	Системный анализ, управление и обработка информации (в авиационной и ракетно-космической технике)
Форма обучения	очная

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

29 мая 2020

А.И. Панферов

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«29 мая» 2020 г, протокол № 7

Заведующий кафедрой № 13

Доц, к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание

  
(подпись, дата)

29 мая 2020


Н.А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП 24.06.01(01)

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание

  
(подпись, дата)

29 мая 20230

А.А. Клепиков

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

Старший преподаватель

должность, уч. степень, звание

  
(подпись, дата)

29 мая 2020 г

В.Е. Таратун

(инициалы, фамилия)

Санкт-Петербург 2020 г.

## Аннотация

Дисциплина «Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки аспирантов и соискателей по направлению/специальности «24.06.01 «Авиационная и ракетно-космическая техника» направленность «Системный анализ, управление и обработка информации (в авиационной и ракетно-космической технике)». Дисциплина реализуется кафедрой №13.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

общефессиональных компетенций:

ОПК-1 «владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники»;

ОПК-3 «способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав»;

профессиональных компетенций:

ПК-1 способность планирования и проведения эксперимента по исследованиям новых принципов информационного обеспечения приборных комплексов летательных аппаратов и систем в геоинформационном и космическом пространстве, с разработкой технологий производства и применения новых элементов информационно – измерительных систем летательных аппаратов;

ПК-2 способность проведения теоретических и экспериментальных исследований с проектированием новых летательных аппаратов, систем и двигателей, а также совершенствованием существующих;

ПК-3 способностью принятия обоснованных системотехнических, проектно-конструкторских и технологических решений при проектировании летательных аппаратов и систем, с обеспечением связи свойств изделий с технико-экономическими характеристиками производства и эксплуатации;

ПК-4 способностью на основе проведенных экспериментов формирования технических заданий на проектирование и проектирование летательных аппаратов и систем с использованием современных проектных информационных технологий;

универсальных компетенций:

УК-1 «способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях»;

УК-2 «способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с разработкой вычислительных моделей движения ЛА, математических моделей элементов авиационных и космических систем, преобразованием и анализом их динамических свойств, управляемости и наблюдаемости, математическим описанием внешних воздействий, ознакомление с аппаратом современного структурного проектирования, анализа и синтеза аэрокосмических систем, ознакомление с принципами системного подхода, декомпозиции и координации.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия семинары, самостоятельная работа аспиранта и соискателя, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

#### 1.2.

Целью дисциплины «Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем» является подготовка обучаемого к практической деятельности в области анализа и синтеза систем на основе автоматизации процессов исследований и принятия решений в качестве инженера, пользователя или руководителя проекта.

Задачами дисциплины являются обучение различным постановкам и методам решения задач формирования вычислительных моделей движения ЛА различного назначения и в различных условиях, выбор и анализ траекторий полета ЛА в условиях атмосферы и в космосе ; формирование оптимальных по заданному критерию траекторий; оценка и формирование динамических свойств ЛА как объекта управления в процессе реализации расчетных траекторий, ознакомление специалистов с принципами моделирования систем управления движением подвижных объектов различных классов, анализом и синтезом этих систем, автоматизацией проектирования приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации. Основной упор делается на исследование аэрокосмических систем.

В процессе изучения дисциплины аспиранты и соискатели должны изучить принципы построения математических моделей таких систем, ориентированных на использование современных программных систем.

Основными программными системами, используемыми в курсе «Моделирование электромеханических систем» являются MATLAB, COMSOL, LABVIEW и других. Полученные аспирантами и соискателями необходимые навыки использования программных систем ориентированы на использование их в последующих специальных курсах, научных исследованиях, диссертационной работе и практической деятельности.

### 1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины аспиранты и соискатели должны обладать следующими компетенциями:

ОПК-1 «владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники»:

знать – особенности методологий теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники;

уметь – применять методологии теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники;

владеть навыками - владения методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники;

иметь опыт деятельности – в области владения методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники.

ОПК-3 «способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав»:

знать – особенности разработки новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав;

уметь – разрабатывать новые методы исследований и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав;

владеть навыками - разработке новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав;  
 иметь опыт деятельности - в разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав.

ПК-1 способность планирования и проведения эксперимента по исследованиям новых принципов информационного обеспечения приборных комплексов летательных аппаратов и систем в геоинформационном и космическом пространстве, с разработкой технологий производства и применения новых элементов информационно – измерительных систем летательных аппаратов;

ПК-2 способность проведения теоретических и экспериментальных исследований с проектированием новых летательных аппаратов, систем и двигателей, а также совершенствованием существующих;

ПК-3 способностью принятия обоснованных системотехнических, проектно-конструкторских и технологических решений при проектировании летательных аппаратов и систем, с обеспечением связи свойств изделий с технико-экономическими характеристиками производства и эксплуатации;

знать – методы моделирования систем, структурного, параметрического синтеза и оценивания моделей, принципы формирования отчета (протокола) эксперимента.

уметь – создавать модели системы, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные с формулировкой выводов и оформлением доказательной документации;

владеть навыками - планирования и проведения эксперимента;

иметь опыт деятельности – в области моделирования и оценивания систем.

ПК-4 способностью на основе проведенных экспериментов формирования технических заданий на проектирование и проектирование летательных аппаратов и систем с использованием современных проектных информационных технологий;

знать – стандарты конструкторской, технологической и эксплуатационной документации; системы автоматизированного проектирования ЛА и САПР технолога.

уметь – принимать обоснованные системотехнические, проектно-конструкторские и технологические решения для выбора состава, оптимальных параметров и организации процессов жизненного цикла ЛА, а также связи этих процессов со свойствами изделий, технико-экономическими и организационными характеристиками их производства;

владеть навыками – проектирования ЛА и систем, построения моделей надежности и безопасности ЛА, выбора методов технической эксплуатации и формирования программ технического обслуживания ЛА.

иметь опыт деятельности – в области проектирования ЛА и систем, формирования конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.

УК-1 «способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях»:

знать – особенности критического анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

уметь - критически анализировать и оценивать современные научные достижения, генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

владеть навыками - критического анализа и оценки современных научных достижений, генерации новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

иметь опыт деятельности – в области критического анализа и оценки современных научных достижений, генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК-2 «способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки»:

знать – особенности проектирования и осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

уметь - проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

владеть навыками - проектирования и осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки;

иметь опыт деятельности – в области проектирования и осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных аспирантами и соискателями при изучении следующих дисциплин:

- История и философия
- Организация диссертационных исследований
- Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем.

## 3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	6/ 216	6/ 216
<i>Аудиторные занятия, всего час.,</i>	30	30

<i>В том числе</i>		
лекции (Л), (час)	20	20
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	10	10
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	36	36
<i>Самостоятельная работа</i> , всего	150	150
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, экзамен, дифференцированный зачет ( <b>Зачет.</b> <b>Экз. Дифф. зач</b> )	Экз.	Экз.

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Вводный раздел Тема 1.1. Динамические системы и методы их математического описания. Модели авиационных и космических систем Тема 1.2. Компьютерные средства моделирования и аналитических преобразований Тема 1.3. Общие сведения о структурном моделировании авиационных и космических систем.	4	2			20
Раздел 2. Преобразования моделей динамических систем.	4	2			30
Раздел 3. Случайные процессы и стохастические системы. Моделирование стохастических авиационных и космических систем.	4	2			30
Раздел 4. Методы анализа и синтеза оптимальных систем управления аэрокосмическими системами на ЭВМ.	4	2			30
Раздел 5. Синтез оптимальных и субоптимальных систем навигации с помощью ЭВМ. Методы, программы и примеры моделирования авиационных и космических систем управления движением и навигации.	4	2			40
Итого в семестре:	20	10			150
Итого:	20	10	0	0	150

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	<p>Вводный раздел</p> <p>Тема 1.1. Динамические системы и методы их математического описания. Модели авиационных и космических систем</p> <p>Типы динамических систем: системы с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами, дискретные системы, методы их математического описания. Передаточные функции, Z-преобразования, описание систем в пространстве состояний.</p> <p>Тема 1.2. Компьютерные средства моделирования и аналитических преобразований</p> <p>Основные сведения о программах Derive, Maple, Mathcad, MATLAB, SIMULINK, COMSOL и LABVIEW. Последние тенденции их развития. Основные сведения о программах, их установка и загрузка. Методы ввода информации и редактирование выражений. Построение математических выражений. Вычисление производных, интегралов, пределов, сумм и разложение в ряды и т.д. Декларирование новых определений. Операции факторизации и сепарации выражений. Аналитическое решение нелинейных уравнений и систем уравнений. Аналитическое решение систем дифференциальных уравнений.</p> <p>Тема 1.3. Общие сведения о структурном моделировании авиационных и космических систем.</p> <p>Определения и свойства систем. Понятия о структурном моделировании и системном подходе. Выделение системы из среды, определение системы. Системы и закономерности их функционирования и развития. Управляемость, достижимость, устойчивость. Свойства системы: целостность и членимость, связность, структура, организация, интегрированные качества. Классификация систем. Естественные, концептуальные и искусственные, простые и сложные, целенаправленные, целеполагающие, активные и пассивные, стабильные и развивающиеся системы.</p>
Раздел 2.	<p>Преобразования моделей динамических систем.</p> <p>Примеры преобразований авиационных и космических систем. Особенности моделирования самолетов, вертолетов, разных типов ракет и космических транспортных систем с учетом упругости и аэросервоупругости, колебания топлива в баках и т.д.</p>
Раздел 3.	<p>Моделирование стохастических авиационных и космических систем</p> <p>Случайные процессы и стохастические системы. Турбулентность атмосферы и ее моделирование и исследование влияние на движение различных ЛА. Ошибки измерения параметров ориентации и навигации. Навигационные комплексы и их моделирование. Фильтрация, сглаживание и прогнозирование в аэрокосмических системах.</p>
Раздел 4.	<p>Методы анализа и синтеза оптимальных систем управления аэрокосмическими системами на ЭВМ.</p>

	<p>Устойчивость, управляемость и маневренность. Методы анализа качества систем управления аэрокосмическими системами. Время прихода, перерегулирование, время регулирования. Параметрический синтез. Косвенные методы оценки качества. Методы оптимального управления. Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия. Критерии Байеса—Лапласа, Гермейера, Бернулли—Лапласа, максиминный (Вальда), минимаксного риска Эвиджа, Гурвица, Ходжеса—Лемана и др. Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Классификация игр. Матричные, кооперативные и дифференциальные игры. Цены и оптимальные стратегии. Чистые и смешанные стратегии. Функция потерь при смешанных стратегиях.</p>
Раздел 5.	<p>Синтез оптимальных и субоптимальных систем навигации с помощью ЭВМ.</p> <p>Методы, программы и примеры моделирования авиационных и космических систем управления движением и навигации. Постановка и решение задач формирования вычислительных моделей движения ЛА различного назначения и в различных условиях, выбор и анализ траекторий полета ЛА в условиях атмосферы и в космосе. Формирование оптимальных по заданному критерию траекторий; оценка и формирование динамических свойств ЛА как объекта управления в процессе реализации расчетных траекторий. Методы автоматизации проектирования приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации.</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Преобразования моделей динамических систем. Примеры преобразований.	Примеры аналитических преобразований динамических моделей аэрокосмических объектов на ЭВМ		
2	Случайные процессы и стохастические системы. Моделирование стохастических систем.	Анализ стохастических систем. Вычисление вектора математического ожидания и матрицы ковариаций для нестационарных систем с помощью ЭВМ.		
3	Синтез и анализ оптимальных систем управления аэрокосмическими системами на ЭВМ.	Примеры синтеза оптимальных систем управления систем стабилизации самолета и систем автоматической посадки самолета.		
4	Синтез оптимальных и субоптимальных систем навигации с помощью ЭВМ.	Примеры синтеза оптимальных систем навигации при разном составе первичных навигационных средств.		
5	Синтез оптимальных систем навигации и управления с помощью ЭВМ.	Моделирование оптимальной системы относительной навигации малых спутников и управление стыковкой космических аппаратов		
Всего:			10	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

(Трудоемкость одной лабораторной работы не более 4 часов!!!)

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			
Всего:			

#### 4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа аспирантов и соискателей

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	150	150
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	90	90
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)	30	30
Подготовка к текущему контролю (ТК)	30	30
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)		

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю);

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов и соискателей указаны в п.п. 8-10.

#### 6. Перечень основной и дополнительной литературы

##### 6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	А.И. Панферов, А.В. Лопарев. Компьютерный анализ и синтез систем ориентации, стабилизации и навигации. Учебное пособие. - СПб.: ГУАП, 2008. - 82 с. <a href="http://guap.ru/guap/kaf/2/1-4.doc">guap.ru/guap/kaf/2/1-4.doc</a>	100
004(075) П116	А. И. Панферов, А. В. Лопарев, В. К. Пономарев. Применение Mathcad в инженерных расчетах: Учеб. пособие /СПбГУАП. СПб., 2004. 88 с.: ил. <a href="http://ict.edu.ru/ft/005590/panferov.pdf">ict.edu.ru/ft/005590/panferov.pdf</a>	100

	Л.А. Мироновский, К. Ю. Петрова. ВВЕДЕНИЕ В МАТЛАВ. Учеб. пособие /СПбГУАП. СПб., 2005. 122 с.: ил. <a href="http://guap.ru/guap/kaf44/trud/mironovsky_petrova_matlab.pdf">guap.ru/guap/kaf44/trud/mironovsky_petrova_matlab.pdf</a>	100
	Г.М. Быкова, А.И. Панферов. Основы автоматизации проектирования систем ориентации, навигации и стабилизации. Учебное пособие. Ленинград, 1982	100
629.7(ГААП) П56	Исследование линейных систем ориентации, навигации и стабилизации с помощью ПЭВМ [Текст] : учебное пособие / В. К. Пономарев, А. И. Панферов, Л. И. Белова ; С.-Петерб. гос. акад. аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГААП, 1993. - 51 с. : схем. - Библиогр. : с. 51 (5 назв.). - ISBN 5-230-10297-7 : Б. ц. Список литературы содержит названия на русском и английском языках.	52 Экз.

### 6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
681.5(СПГААП) М64	Моделирование динамических систем [Текст] : учебное пособие / Л. А.Мироновский ; С.-Петерб. гос. акад. аэрокосм. приборостроения. - СПб. : Изд-во ГААП, 1992. - 92 с.  <a href="http://exponenta.ru/">http://exponenta.ru/</a>  <a href="https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/getstart.pdf">https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/getstart.pdf</a>	70

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
<a href="http://matlab.exponenta.ru/">http://matlab.exponenta.ru/</a>	Е.В.Никульчев Control System Toolbox

### 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

#### 8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Matlab
	Mathcad
	COMSOL Multiphysics
	Maple

#### 8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

### 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Дисплейный класс	

### 10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзамнационные билеты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ОПК-1 «владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники»	
1	Организация диссертационных исследований
1	История и философия науки
1	Научно-исследовательская работа
2	Научно-исследовательская работа
2	История и философия науки
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
3	Научно-исследовательская работа
4	Научно-исследовательская работа
5	Научно-исследовательская работа
6	Научно-исследовательская работа
7	Научно-исследовательская практика
7	Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем
7	Научно-исследовательская работа
7	Моделирование технологических процессов производства и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники
8	Научно-исследовательская работа
ОПК-3 «способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области авиационной и ракетно-космической техники с учетом правил соблюдения авторских прав»	
1	Научно-исследовательская работа
1	Организация диссертационных исследований
1	История и философия науки
2	Научно-исследовательская работа
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
2	Библиографический и патентный поиск
2	История и философия науки
2	Инструменты управления инновационной деятельностью
3	Научно-исследовательская работа
4	Научно-исследовательская работа
5	Научно-исследовательская работа
6	Научно-исследовательская работа
7	Научно-исследовательская практика
7	Научно-исследовательская работа
7	Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем

8	Научно-исследовательская работа
ПК-1 «способность планирования и проведения эксперимента по исследованиям новых принципов получения информации в геоинформационном и космическом пространстве, разработки технологий производства и применения новых элементов авиационных и ракетно-космических систем»	
1	Организация диссертационных исследований
1	Научно-исследовательская работа
2	Научно-исследовательская работа
3	Научно-исследовательская работа
4	Научно-исследовательская работа
5	Научно-исследовательская работа
6	Научно-исследовательская работа
7	Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем
7	Научно-исследовательская практика
ПК-3 «способность принятия обоснованных системотехнических, проектно-конструкторских и технологических решений для выбора состава, оптимальных параметров и организации процессов жизненного цикла ЛА, а также связи этих процессов со свойствами изделий, технико-экономическими и организационными характеристиками их производства»	
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
7	Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем
7	Научно-исследовательская работа
7	Моделирование технологических процессов производства и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники
8	Научно-исследовательская работа
ПК-4 «способность формирования технических заданий на проектирование и способностью проектирования авиационной и ракетно - космической техники, систем навигации и управления на основе данных проведенных экспериментов и с использованием современных технологий»	
2	Инструменты управления инновационной деятельностью
7	Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем
7	Научно-исследовательская работа
8	Научно-исследовательская работа
УК-1 «способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях»	
1	Организация диссертационных исследований
1	История и философия науки
1	Научно-исследовательская работа



2	История и философия науки
2	Научно-исследовательская работа
2	Библиографический и патентный поиск
3	Научно-исследовательская работа
7	Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем
7	Моделирование технологических процессов производства и эксплуатации авиационной и ракетно-космической техники
7	Научно-исследовательская практика
УК-2 «способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки»	
1	Организация диссертационных исследований
1	История и философия науки
2	История и философия науки
2	Математические методы оптимизации в научном исследовании
2	Применение вариационного исчисления в научных исследованиях
2	Инструменты управления инновационной деятельностью
7	Анализ, синтез и структурное моделирование авиационных и космических систем

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно-рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100-балльная и 4-балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.

$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	- обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	- обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1	Динамические системы и методы их математического описания.
2	Примеры моделей авиационных и космических систем
3	Типы динамических систем (передаточные функции, уравнения в пространстве состояний)
4	Переход от одной формы математического описания динамических систем к другой. Привести примеры.
5	Основные сведения о программах Derive, Maple, Mathcad, MATLAB, SIMULINK, COMSOL и LABVIEW. Их назначение и особенности.
6	Методы ввода информации и редактирование выражений, Mathcad и MATLAB.
7	Построение математических выражений.
8	Вычисление производных, интегралов, пределов, сумм и разложение в ряды и т.д.
9	Декларирование новых определений.
10	Операции факторизации и сепарации выражений.
11	Аналитическое решение нелинейных уравнений и систем уравнений. Аналитическое решение систем дифференциальных уравнений.
12	Понятия о структурном моделировании и системном подходе.
13	Выделение системы из среды, определение системы.
14	Системы и закономерности их функционирования и развития.
15	Управляемость, достижимость, устойчивость.
16	Свойства системы: целостность и членимость, связность, структура, организация, интегрированные качества.
17	Классификация систем. Естественные, концептуальные и искусственные, простые и сложные,
18	Классификация систем. Целенаправленные, целеполагающие, активные и пассивные,

19	стабильные и развивающиеся системы.
20	Примеры преобразований авиационных и космических систем.
21	Особенности моделирования самолетов, вертолетов,
22	Особенности моделирования ракет и космических транспортных систем
23	Случайные процессы и стохастические системы.
24	Турбулентность атмосферы и ее моделирование и исследование влияние на движение различных ЛА.
25	Ошибки измерения параметров ориентации и навигации.
26	Навигационные комплексы и их моделирование.
27	Задачи фильтрация, сглаживания и прогнозирования в аэрокосмических системах.
28	Устойчивость, управляемость и маневренность.
29	Методы анализа качества систем управления аэрокосмическими системам
31	Параметрический синтез. Косвенные методы оценки качества.
32	Методы оптимального управления. Принятие решений в условиях неопределенности.
33	Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия.
34	Модели и методы принятия решений при нечеткой информации.
35	Классификация игр. Матричные, кооперативные и дифференциальные игры.
36	Методы, программы и примеры моделирования авиационных и космических систем управления движением и навигации.
37	Постановка и решение задач формирования вычислительных моделей движения ЛА
38	Формирование оптимальных по заданному критерию траекторий.
39	Методы автоматизации проектирования приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации.

## 2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

## 3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

## 4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Учебным планом не предусмотрено

## 5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	Учебным планом не предусмотрено

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов и соискателей ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы аспирантов и соискателей в ГУАП».

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение аспирантами и соискателями необходимых знаний, умений и навыков в области разработки вычислительных моделей движения ЛА, математических моделей элементов авиационных и космических систем, преобразования и анализа их динамических свойств, управляемости и наблюдаемости, математического описания внешних воздействий, ознакомления с аппаратом современного структурного проектирования, анализа и синтеза аэрокосмических систем, ознакомления с принципами системного подхода, декомпозиции и координации.

*Ниже приводятся рекомендации для составления этого раздела*

### Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;

- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
  - появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
  - получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
  - научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходиться к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
  - получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.
- Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

#### Структура предоставления лекционного материала:

- цели и задачи лекции;
- краткий обзор содержания и материала предыдущей лекции;
- план текущей лекции;
- рассмотрение материала текущей лекции;
- демонстрация применения материала текущей лекции с использованием компьютерной техники;
- заключение;
- анонс следующей лекции, постановка задачи по изучению рекомендованной литературы при подготовке к следующей лекции.

#### **Методические указания для обучающихся по участию в семинарах (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)**

Семинар – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. В условиях высшей школы семинар – один из видов практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике семинара и являющегося знатоком данной проблемы или отрасли научного знания. Семинар предназначается для углубленного изучения дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. При изучении дисциплины семинар является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса.

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

#### **Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)**

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающейся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно–теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающемуся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);
- в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

#### Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

#### Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов и соискателей ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы аспирантов и соискателей в ГУАП».

#### Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой