

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

Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»  
Руководитель направления  
доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

  
В.К. Пономарев  
(подпись)  
«14» июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы ориентации и управления космическими аппаратами»  
(Название дисциплины)

Код направления	24.04.02
Наименование направления	Системы управления движением и навигация
Наименование направленности	Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

доц., к.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

В.К. Пономарев  
инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13  
«14» июня 2022 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 13

доц., к.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

Н.А. Овчинникова  
инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.04.02(01)

доц., к.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

В.К. Пономарев  
инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

Ст. преподаватель  
должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

В.Е. Таратун  
инициалы, фамилия

## Аннотация

Дисциплина «Системы ориентации и управления космическими аппаратами» входит в образовательную программу высшего образования по направлению подготовки/ специальности 24.04.02 «Системы управления движением и навигация» направленности «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации». Дисциплина реализуется кафедрой «№13».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен формировать новые направления научных исследований и опытно- конструкторских разработок».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием систем управления движением космических аппаратов. Раскрываются цели и задачи систем управления движением современных космических аппаратов. Дает представление о строении и функционировании систем управления движением космических аппаратов.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента, консультации,.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является получение обучающимися необходимых знаний, навыков и умений в области исследования и проектирования систем ориентации и управления космическими аппаратами.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

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

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок	ПК-1.3.1 знать современные тенденции развития приборов и систем ориентации, стабилизации и навигации летательных аппаратов и техники в целом ПК-1.У.1 уметь на основе новых знаний формировать новые направления научных исследований и опытно-конструкторских разработок ПК-1.В.1 владеть современными методами аналитического анализа, математического и имитационного моделирования, постановки экспериментальных исследований

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- Математика;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Аналитическая механика;
- Электроника;
- Теория автоматического управления;
- Современная теория управления;
- Методы теории фильтрации в задачах навигации и управления.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют самостоятельное значение и используются при подготовке выпускной квалификационной работы.

### 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 2.

Таблица 2– Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№3
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	3/108	3/108
<b><i>Из них часов практической подготовки</i></b>	17	17
<b><i>Аудиторные занятия, всего час., В том числе</i></b>	34	34
лекции (Л), (час)	17	17
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)		
<b><i>Самостоятельная работа, всего (час)</i></b>	74	74
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	Дифф. Зач.	Дифф. Зач.

### 4. Содержание дисциплины

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

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции и (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 3					
Раздел 1. Вводная часть	1				
Раздел 2. Введение в космическую баллистику	1	2			5
Раздел 3. Космический аппарат как объект управления	4	4			15
Раздел 4. Построение систем управления движением	4	4			12
Раздел 5. Алгоритмы определения ориентации и угловой скорости	1	2			12

Раздел 6. Системы управления на базе ракетных двигателей	1	2			12
Раздел 7. Системы управления на базе электромеханических исполнительных органов	4	3			16
Раздел 8. Контроль работы СУД	1	-			7
Итого в семестре:	17	17			74
Итого:	17	17	0	0	74

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

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<b>Раздел 1. Вводная часть</b> Цели, задачи, требования и ограничения для системы управления движением космических аппаратов. Условия функционирования космических аппаратов, космическая радиация. Системы координат
2	<b>Раздел 2. Введение в космическую баллистику</b> Описание движения космического аппарата по орбите, уравнения невозмущенного движения. Уравнения возмущенного движения. Связь между системами координат. Трасса спутника. Маневрирование. Характеристическая скорость. Типы орбит и классы решаемых задач. Характеристики современных ракет-носителей
3	<b>Раздел 3. Космический аппарат как объект управления</b> Определение ориентации: углы Эйлера-Крылова, матрицы направляющих косинусов, кватернионы. Связь между параметрами ориентации. Кинематические уравнения. Динамические уравнения Эйлера. Динамика углового движения космического аппарата с носимыми телами. Динамика углового движения с гибкими выносными элементами. Возмущающие моменты: внутренние, гравитационный, магнитный, аэродинамический, светового давления. Частные случаи динамических уравнений.
4	<b>Раздел 4. Построение систем управления движением</b> Виды космических аппаратов и их систем управления движением, краткий исторический обзор; пассивные и комбинированные системы ориентации (гравитационная стабилизация, аппараты стабилизированные вращением или содержащие быстровращающийся маховик, стабилизированные в магнитном поле); построение современных активных систем управления

	<p>движением (СУД) космических аппаратов и их место в управлении космическими аппаратами; структурная СУД автоматизированные системы управления КА, бортовые комплексы управления, элементы современных систем управления: датчики и приборы используемые для определения ориентации и угловой скорости космических аппаратов, исполнительные органы: ракетные двигатели, исполнительные органы: двигатели-маховики, силовые гироскопы, электромагниты, бортовой вычислительный комплекс, программное обеспечение СУД; режимы и участки работы системы управления движением; приведение в ориентированное в ОСК положение, построение солнечной ориентации, программное движение, проведение маневра, управление в нештатных ситуациях.</p>
5	<p><b>Раздел 5. Определение ориентации и угловой скорости</b>  Определение ориентации:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ИКПМВ и ИУС;</li> <li>- астрокоординатора и БИСО (ИУС);</li> <li>- по двум векторам;</li> <li>- использование систем спутниковой навигации</li> </ul> <p>Методы фильтрации</p>
6	<p><b>Раздел 6. Системы управления на базе ракетных двигателей</b>  Динамика релейной системы в режиме стабилизации. Двусторонние одноимпульсные колебания. Односторонние колебания. Анализ устойчивости. Оценка расхода топлива.</p>
7	<p><b>Раздел 7. Системы управления на базе электромеханических исполнительных органов</b></p> <p>Общий принцип действия систем ориентации и стабилизации на базе электромеханических исполнительных органов (ЭМИО). Основные характеристики.</p> <p>Схемы установки двигателей маховиков. Использование псевдообращенной матрицы при управлении.</p> <p>Использование двухступенных силовых гироскопов. Свойство усиление момента. Сингулярные точки. Построение и анализ особых поверхностей. Схемы установки. Задача настройки.</p> <p>Использование трехступенных силовых гироскопов.  Оценка энергопотребления и массы ЭМИО.  Разгрузка электромеханических исполнительных органов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- с использованием двигателей ориентации;</li> <li>- с использованием электроракетных двигателей;</li> <li>- с использованием электромагнитов;</li> <li>- гравитационная разгрузка.</li> </ul> <p>Анализ устойчивости.</p>
8	<p><b>Раздел 8. Контроль работы СУД</b></p> <p>Методы идентификации и парирования отказов системы управления движением.</p>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5..

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п / п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 3				
1	Введение в космическую баллистику	Решение задач	2	2
2	Космический аппарат как объект управления	Решение задач	4	3
3	Построение систем управления движением	Групповые дискуссии	4	4
4	Определение ориентации и угловой скорости	Расчеты и математическое моделирование	2	5
5	Системы управления на базе ракетных двигателей	Математическое моделирование	2	6
6	Системы управления на базе электромеханических исполнительных органов	Математическое моделирование	3	7
Всего:			17	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – 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 студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 3, час
1	2	3
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	74	74
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	50	50
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю (ТК)	24	24
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 студентов указаны в п.п. 7-11

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке
629.76/78 P25	Б.В. Раушенбах, Е.Н. Токарь Управление ориентацией космических аппаратов. Наука, 1974. - 600 с	8
531 Б93	Курс теоретической механики [Текст] : в 2 т : учебник. Т. 2. Динамика / Н. В. Бутенин, Я. А. Лунц, Д. Р. Меркин. - 3-е изд., испр. - М. : Наука : Физматлит, 1985. - 496 с.	105
	Белецкий В.В. Движение искусственного спутника относительно центра масс. - М.: Наука, 1965. - 416с. <a href="http://twirpx.com/file/293616/">twirpx.com&gt;file/293616/</a>	



	<a href="http://twirpx.com&gt;comment/1150148/">twirpx.com&gt;comment/1150148/</a>	
	В.Н. Васильев Системы ориентации космических аппаратов, М.: ФГУП “НПП ВНИИЭМ”, 2009. - 309с.	
	Бровкин А.Г., Бурдыгов Б.Г., Гордийко С.В. и др. под редакцией А.С. Сырова. Бортовые системы управления космическими аппаратами – М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010.-304с. <a href="http://epizodsspace.no-ip.org&gt;...bortovye/bortovye...2010.pdf">epizodsspace.no-ip.org&gt;...bortovye/bortovye...2010.pdf</a>	
	Попов В.И. Системы ориентации и стабилизации космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1986. - 184 с <a href="http://twirpx.com&gt;file/266707/">twirpx.com&gt;file/266707/</a>	

## 7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ

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

## 8. Перечень информационных технологий

### 8.1.Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

### 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

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории
1	Лекционная аудитория	13 - 03
2	Мультимедийная лекционная аудитория	13 - 04

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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
Дифференцированный зачёт	Список вопросов;

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

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

Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
1	Описание движения космического аппарата по орбите, уравнения невозмущенного движения.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
2	Уравнения возмущенного движения космического аппарата по орбите.	ПК-1.3.1
3	Трасса спутника. Маневрирование. Характеристическая скорость. Типы орбит и классы решаемых задач.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
4	.Определение ориентации космического аппарата на орбите.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
5	Связь между параметрами ориентации. Кинематические уравнения движения космического аппарата по орбите.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
6	Динамика углового движения космического аппарата с носимыми телами.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
7	Динамика углового движения с гибкими выносными элементами.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1

8	Возмущающие моменты: внутренние, гравитационный, магнитный, аэродинамический, светового давления.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1,
9	Частные случаи динамических уравнений.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
10	Виды космических аппаратов и их систем управления движением.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1,
11	Пассивные и комбинированные системы ориентации.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
12	Построение современных активных систем управления движением (СУД) космических аппаратов.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
13	Датчики и приборы используемые для определения ориентации и угловой скорости космических аппаратов.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1,
14	Исполнительные органы системы ориентации.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
15	. Режимы и участки работы системы управления движением; приведение в ориентированное в ОСК положение.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
16	Построение системы солнечной ориентации.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1,
17	Программное движение космического аппарата, проведение маневра, управление в нештатных ситуациях.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
18	Определение ориентации с помощью инерциальных датчиков.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
19	Определение ориентации с помощью астрокоординатора и БИСО (ИУС).	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
20	Определение ориентации по двум векторам.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
21	Использование систем спутниковой навигации в задачах ориентации.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
22	Релейные системы стабилизации. Оценка расхода топлива.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1

23	Общий принцип действия систем ориентации и стабилизации на базе электромеханических исполнительных органов (ЭМИО).	ПК-1.3.1,
24	Схемы установки двигателей маховиков.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
25	Использование двухступенных силовых гироскопов.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
26	Использование трехступенных силовых гироскопов.	ПК-1.3.1, ПК-1.У.1, ПК-1.В.1
27	Оценка энергопотребления и массы ЭМИО.	ПК-1.В.1
28	Разгрузка электромеханических исполнительных органов	ПК-1.В.1

Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта представлены в таблице 17.

Таблица 17 – 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

Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Не предусмотрено

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
	Не предусмотрено

**10.4.** Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

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, приходить 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:

- ознакомление студентов с физическими законами и принципами функционирования микромеханических гироскопов и акселерометров;
- изложение методов математического описания динамики движения микромеханических гироскопов и акселерометров различных типов и оценки их метрологических характеристик;
- ознакомление с методами возбуждения и стабилизации колебаний механических масс микромеханических гироскопов;
- изложение способов регистрации движения чувствительных масс в микромеханических гироскопах и акселерометрах и первичной обработки измерений;
- ознакомление с вопросами проектирования отдельных функциональных узлов микрогироскопов и акселерометров и – приборов в целом;
- изложение методов и способов формирования обратных связей в микромеханических гироскопах и акселерометрах компенсационного типа;
- ознакомление со средствами автоматизации исследования и проектирования МЭМС;
- ознакомление с вопросами технологии изготовления микромеханических приборов и устройств;
- изучение факторов, определяющих погрешности микромеханических гироскопов и акселерометров и способов их компенсации.

## **11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий**

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся 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.

### **Требования к проведению практических занятий**

При проведении практических занятий преподаватель должен придерживаться следующего плана:

- изложить суть практического занятия и методику его выполнения;
- выдать индивидуальное задание каждому студенту группы;
- контролировать активность студентов в процессе выполнения задания;
- проверить результат выполнения задания и оценить полноту и качество выполнения по 100 бальной шкале рейтинга;
- отметить в журнале посещения персональное присутствие студентов;
- провести консультации по пропущенным темам практических занятий;
- проверить результаты самостоятельного освоения материала по пропущенным темам.

### **11.3. 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.

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 является учебно-методический материал по дисциплине.

### **11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости**

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Порядок прохождения текущего контроля успеваемости определяется Положениями ГУАП «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

### **11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине в форме дифференцированного зачета.

Система оценок и требования к методам проведения промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов 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