

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)

«29» мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Гирроскопические приборы и системы»

(Название дисциплины)

Код направления	24.03.02
Наименование направления	Системы управления движением и навигация
Наименование направленности	Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации
Форма обучения	Очная

Санкт-Петербург 2021 г.

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

проф., д.т.н., проф.

должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

Л.А.Северов

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«29» мая 2021 г, протокол № 7

Заведующий кафедрой № 13

К.т.н.

должность, уч. степень, звание

  
подпись, дата

Н.А. Овчинникова

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.03.02(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 «Гироскопические приборы и системы» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки студентов по направлению «24.03.02 «Системы управления движением и навигация», направленность «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации». Дисциплина реализуется кафедрой №13.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-2 «Способен разрабатывать проекты приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов и их составных частей»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современной гироскопической техникой, являющейся основой построения систем ориентации, навигации и управления подвижными объектами. В восьми разделах дисциплины рассматриваются основы механики гироскопических систем, гироскопические инерциальные чувствительные элементы, датчики угловой скорости, гиросtabilизированные платформы, курсовые системы, указатели направления вертикали, курсоввертикали платформенного типа, бесплатформенные системы ориентации.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа студента, консультации,

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 11 зачетных единиц, 396 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является получение студентами необходимых знаний по устройству, функционированию и математическому описанию движения гироскопических приборов и гироскопических систем, а так же умению анализировать их работу, включая экспериментальные исследования.

**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-2 Способен разрабатывать проекты приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов и их составных частей	<p>ПК-2.3.1 знать основы проектирования, конструирования и производства приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов; виды проектной документации</p> <p>ПК-2.У.1 уметь анализировать варианты и принимать решения по объекту проектирования на основе системного подхода</p> <p>ПК-2.В.1 владеть навыками работы в информационно-коммуникационном пространстве, проводить компьютерное моделирование, расчеты с использованием программных средств общего и специального назначения</p>

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Математика (все разделы),
- Физика,
- Теоретическая механика,
- Прикладная механика,
- Электротехника,
- Основы теории управления,
- Информатика,
- Автоматизация инженерных расчетов,
- Специальные электрические машины,
- Информационные технологии.

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

- Элементы гироскопических приборов и систем,
- Расчет и синтез гироскопических приборов и систем,
- Основы инерциальной навигации,
- Проектирование приборов и систем,
- Основы моделирования приборов и систем,
- Автоматизированные системы навигации и управления,
- Микромеханические инерциальные чувствительные элементы,
- Испытания и техническое обслуживание приборов и систем,
- Обработка навигационной информации.

### 3. Объем и трудоемкость дисциплины

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		
		№5	№6	№7
1	2	3	4	5
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	11/ 396	6/ 216	4/ 144	1/ 36
<i>Из них часов практической подготовки</i>	85	34	34	17
<i>Аудиторные занятия, всего час., В том числе</i>	153	68	68	17
лекции (Л), (час)	68	34	34	
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17		
лабораторные работы (ЛР), (час)	51	17	34	
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17			17
Экзамен, (час)	90	54	36	
<i>Самостоятельная работа, всего (час)</i>	153	94	40	19
<b>Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен, дифференцированный зачет (Зачет. Экз. Дифф. зач)</b>	Экз., Экз.,	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 3.

Таблица 3. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 5					
Раздел 1. Механика гироскопических систем Тема 1.1 Динамика вращательного движения твердого тела Тема 1.2. Параметры ориентации и описание вращений твердого тела Тема 1.3. Методы составления уравнений движения динамических систем	6				16
Раздел 2. Гироскопические инерциальные чувствительные элементы Тема 2.1. Гироскопы в кардановом подвесе. Тема 2.2. Гироскопы со сферическим подвесом ротора Тема 2.3. Динамически настраиваемые гироскопы. Тема 2.4. Оптические гироскопы. Тема 2.5. Волновые твердотельные гироскопы.	12	6	6		30
Раздел 3. Датчики угловой скорости. Тема 3.1. Датчики угловой скорости прямого преобразования. Тема 3.2. Датчики угловой скорости компенсационного типа. Тема 3.3. Датчики угловой скорости на основе динамически настраиваемого гироскопа. Тема 3.4. Датчики угловой скорости на основе волнового твердотельного гироскопа	6	2	3		18
Раздел 4. Гиросtabilизированные	10	9	8		30

платформы. Тема 4.1. Одноосные гиросtabilизаторы. Тема 4.2. Двухосные гиросtabilизаторы. Тема 4.3. Трехосные гиросtabilизаторы.					
Итого в семестре:	34	17	17		94
Семестр 6					
Раздел 5. Курсовые гироскопические приборы и системы Тема 5.1 .Указатели направления ортодромии Тема 5.2. Маятниковые гирокомпасы Тема 5.3. Гиромагнитные компасы Тема 5.4. Гирокомпасы с косвенной коррекцией Тема 5.5. Орбитальный гирокомпас	12		8		12
Раздел 6. Указатели направления вертикали Тема 6.1. Гиروهоризонты Тема 6.2. Центральные гировертикали Тема 6.3. Инерциальные построители вертикали	6		8		8
Раздел 7. Курсовертикали платформенного типа Тема 7.1. Контуры построения\ вертикали Тема 7.2. Системы физического гирокомпасирования Тема 7.3. Системы аналитического гирокомпасирования	8		12		10
Раздел 8. Бесплатформенные инерциальные системы ориентации (БИСО) Тема 8.1. БИСО, основанная на интегрировании кинематических уравнений Эйлера Тема 8.2. БИСО, основанная на интегрировании уравнений Пуассона	8		6		10

Тема 8.3. Методические и инструментальные погрешности БИСО					
Итого в семестре:	34		34		40
Семестр 7					
Выполнение курсовой работы				17	
Итого в семестре:				17	19
Итого:	68	17	51	17	153

#### 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
<b>1</b>	<p><b>Раздел 1. Механика гироскопических систем</b></p> <p>Тема 1.1 Динамика вращательного движения твердого тела Момент количества движения твердого тела. Динамические уравнения Эйлера. Теорема об относительном изменении векторов. Теорема Резаля. Теорема Кориолиса.</p> <p>Тема 1.2 Параметры ориентации и описание вращений твердого тела. Определение ориентации твердого тела углами Эйлера-Крылова. Матрица направляющих косинусов. Кинематические уравнения Эйлера. Уравнения Пуассона. Параметры Родрига-Гамильтона. Кватернионы.</p> <p>Тема 3.1 Методы составления уравнений движения динамических систем Обобщенные динамические уравнения Эйлера. Уравнения Лагранжа второго рода. Уравнения Эйлера-Лагранжа в квазикоординатах.</p>
<b>2</b>	<p><b>Раздел 2. Гироскопические инерциальные чувствительные элементы</b></p> <p>Тема 2.1. Гироскопы в кардановом подвесе. Уравнения динамики, нутационные колебания, прецессионное движение, видимый уход, основные погрешности трехстепенного гироскопа в кардановом подвесе.</p> <p>Тема 2.2. Гироскопы со сферическим подвесом ротора Основные схемы гироскопов со сферическим подвесом ротора (СГ). Эффект радиальной коррекции СГ. Устойчивость вращения СГ на выбеге. Прецессионное движение СГ.</p> <p>Тема 2.3. Динамически настраиваемые гироскопы. Одноосные схемы динамически настраиваемых гироскопов (ДНГ). ДНГ с двумя и с тремя степенями свободы: уравнения динамики,</p>

	<p>структурные схемы, условия динамической настройки, передаточные функции, основные погрешности.</p> <p>Тема 2.4. Оптические гироскопы.</p> <p>Основные схемы лазерных и волоконных оптических гироскопов. Релятивистская, кинематическая и доплеровская теория оптических гироскопов. Обработка информации и основные погрешности оптических гироскопов.</p> <p>Тема 2.5. Волновые твердотельные гироскопы.</p> <p>Основные схемы волновых твердотельных гироскопов (ВТГ). Кольцевая модель динамики ВТГ. Режимы работы ВТГ. Способы возбуждения ВТГ. Модели погрешностей ВТГ в интегрирующем режиме.</p>
3	<p><b>Раздел 3. Датчики угловой скорости.</b></p> <p>Тема 3.1. Датчики угловой скорости прямого преобразования.</p> <p>Кинематическая схема и уравнение динамики датчика угловой скорости (ДУС) прямого преобразования на основе двухстепенного гироблока. Масштабный коэффициент преобразования и полоса частот пропускания ДУС прямого преобразования. Основные погрешности ДУС. Перекрестная чувствительность ДУС.</p> <p>Тема 3.2. Датчики угловой скорости компенсационного типа.</p> <p>Структурная схема, передаточные функции и информационные характеристики ДУС компенсационного типа. Способы реализации контура обратной связи в ДУС.</p> <p>Тема 3.3. Датчики угловой скорости на основе динамически настраиваемого гироскопа.</p> <p>Уравнения динамики трехстепенного ДНГ с контурами обратной связи. Структурные схемы и передаточные функции ДУС на основе ДНГ.</p>
4	<p><b>Раздел 4. Гиросtabilизированные платформы.</b></p> <p>Тема 4.1 . Одноосные гиросtabilизаторы.</p> <p>Схема и принцип действия одноосного гиросtabilизатора (ОГС). Уравнения динамики ОГС на подвижном основании. Структурная схема и передаточные функции контура стабилизации. Способы обеспечения устойчивости ОГС. Погрешности ОГС при колебаниях основания.</p> <p>Тема 4.2. Двухосные гиросtabilизаторы.</p> <p>Схема и принцип действия двухосного гиросtabilизатора (ДГС). Области использования ДГС. Анализ условий устойчивости ДГС. Выбор схемы ориентации гироблоков в ДГС. Погрешности ДГС.</p> <p>Тема 4.3. Трехосные гиросtabilизаторы.</p> <p>Классификация и области использования трехосных гиросtabilизаторов (ТГС). Уравнения динамики ТГС на подвижном основании. Перекрестные связи каналов стабилизации платформы. Преобразователи координат в ТГС. Динамические уходы ТГС.</p>

5	<p><b>Раздел 5. Курсовые гироскопические системы</b></p> <p>Тема 5.1 .Указатели направления ортодромии</p> <p>Основные свойства ортодромических траекторий. Теорема Клеро. Схема и принцип действия гироскопа направления (ГН). Принцип широтной коррекции ГН. Методические и инструментальные погрешности ГН.</p> <p>Тема 5.2. Маятниковые гирокомпасы</p> <p>Схема и принцип действия маятникового гирокомпаса (МГК). Прецессионная теории МГК. Скоростные , баллистические и кардановые погрешности МГК. Принцип невозмущаемости МГК линейными ускорениями.</p> <p>Тема 5.3. Гиромагнитные компасы</p> <p>Схема и принцип действия гироиндукционного компаса (ГИК).</p> <p>Индукционный датчик магнитного курса. Оптимизация параметров ГИК при случайных погрешностях гироскопа и индукционного датчика.</p> <p>Тема 5.4. Гирокомпасы с косвенной коррекцией</p> <p>Схема и принцип действия гирокомпаса с косвенной коррекцией. Прецессионная теория ГК с косвенной коррекцией. Широтная погрешность ГК.</p> <p>Тема 5.5. Орбитальный гирокомпас</p> <p>Схема и принцип действия орбитального компаса (ОГК). Уравнения динамики ОГК. Инструментальные погрешности ОГК. Погрешности, обусловленные регрессией орбиты.</p>
6	<p><b>Раздел 6. Указатели направления вертикали</b></p> <p>Тема 6.1. Гирогоризонты</p> <p>Схема и принцип действия гироскопической вертикали (ГВ). Прецессионная теория ГВ с пропорциональной коррекцией. Скоростные баллистические и моментные погрешности ГВ. Зоны застоя ГВ.</p> <p>Тема 6.2. Центральные гировертикали</p> <p>Схема и принцип действия центральной гировертикали (ЦГВ) на основе ДГС. Методические и инструментальные погрешности ЦГВ.</p> <p>Тема 6.3. Инерциальные построители вертикали</p> <p>Принцип интегральной коррекции гироскопа Левенталья-Кофмана. Схема и принцип действия инерциального построителя вертикали (ИПВ). Условие невозмущаемости ИПВ линейными ускорениями объекта. Инструментальные и методические погрешности ИПВ.</p>
7	<p><b>Раздел 7. Курсовертикали платформенного типа</b></p> <p>Тема 7.1. Контурь построения\ вертикали</p> <p>Структура контуров построения вертикали системы ориентации на основе ТГС. Варианты построителей вертикали в географической и ортодромической системах координат.</p>

	<p>Тема 7.2. Системы физического гирокомпасирования</p> <p>Структура системы физического гирокомпасирования платформы с датчиком угловой скорости. Структура системы физического гирокомпасирования, основанная на принципе гирокомпаса с косвенной коррекцией. Погрешности систем физического гирокомпасирования.</p> <p>Тема 7.3. Системы аналитического гирокомпасирования</p> <p>Структуры систем аналитического гирокомпасирования платформы в режиме начальной выставки. Погрешности системы аналитического гирокомпасирования обусловленные погрешностями гироблоков и акселерометров.</p>
<b>8</b>	<p><b>Раздел 8. Бесплатформенные инерциальные системы ориентации (БИСО)</b></p> <p>Тема 8.1. БИСО, основанная на интегрировании кинематических уравнений Эйлера</p> <p>Структурная схема и принцип функционирования бесплатформенной инерциальной системы ориентации (БИСО), основанной на интегрировании кинематических уравнений Эйлера. Компенсация кориолисовых и центростремительных ускорений в показаниях акселерометров.</p> <p>Тема 8.2. БИСО, основанная на интегрировании уравнений Пуассона</p> <p>Структурная схема и принцип функционирования БИСО, основанной на интегрировании уравнений Пуассона.</p> <p>Тема 8.3. Методические и инструментальные погрешности БИСО</p> <p>Инструментальные погрешности БИСО обусловленные погрешностями интегральных чувствительных элементов и погрешностями алгоритмов интегрирования. Методические погрешности БИСО обусловленные неточностью описания формы и гравитационного поля Земли.</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 5				
1	Интегрирование кинематических уравнений Эйлера	Моделирование	4	1
2	Определение ориентации по кинематическому уравнению Пуассона	Моделирование	4	1

3	Анализ статических и динамических характеристик трехстепенного динамически настраиваемого гироскопа	Моделирование	5	2
4	Анализ статических и динамических характеристик датчика угловой скорости компенсационного типа	Моделирование	4	3
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
Семестр 5			
1	Прецессионное движение гироскопа в кардановом подвесе	2	2
2	Нутационные колебания гироскопа в кардановом подвесе	2	2
3	Видимый уход гироскопа в кардановом подвесе	2	2
4	Датчик угловой скорости прямого преобразования	2	3
5	Статические и динамические характеристики датчика угловой скорости компенсационного типа (моделирование)	2	3
6	Статические и динамические характеристики контура стабилизации одноосного гиросtabilизатора (моделирование)	3	4
7	Исследование погрешностей двухосного гиросtabilизатора на качающемся основании	4	4
Всего		17	
Семестр 6			
1	Исследование характеристик ухода указателя направления ортодромии и системы азимутальной коррекции	4	5
2	Исследование кардановых погрешностей гироагрегата ГА-6.	4	5
3	Исследование ошибок малогабаритной гироскопической вертикали МГВ и работы системы горизонтальной коррекции	4	6

4	Исследование погрешностей малогабаритной гировертикали на качающемся основании	4	6
5	Анализ погрешностей инерциального построителя вертикали (моделирование)	2	8
6	Исследование бесплатформенной курсовертикали (моделирование)	4	8
7	Исследование курсовертикали платформенного типа	4	7
8	Исследование характеристик системы физического гироскомпасирования (моделирование)	4	7
9	Исследование характеристик системы аналитического гироскомпасирования (моделирование)	4	7
Всего:		34	
Итого		51	

#### 4.5.Курсовое проектирование (работа)

Цель курсовой работы: проектирование регуляторов гиросtabilизаторов и исследование их характеристик методом математического моделирования.

Исходные данные по типам гироблоков, требуемым характеристикам гиросtabilизатора и условиям его работы приведены в методических указаниях по выполнению курсового проектирования – Скорина С.Ф. Методические указания и индивидуальные задания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Прикладная теория гироскопов», ГУАП, 2009, 22с. (ресурс кафедры)

#### 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 5, час	Семестр 6, час	Семестр 7, час
1	2	3	4	5
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	153	94	40	19
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	96	70	30	
курсовое проектирование (КП, КР)	55			19
расчетно-графические задания (РГЗ)				
подготовка к текущему контролю (ТК)	29	24	10	

## 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 7 – Перечень печатных и электронных учебных.

Шифр	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке
<b>531 Б93</b>	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
<b>629.7 С28</b>	Северов Л.А. Механика гироскопических систем. – М.: МАИ, 1996, 212 с.	57
<b>531 Л 84</b>	Лукьянов, Д. П. Прикладная теория гироскопов [Текст] : учебник / Д. П. Лукьянов, В. Я. Распопов, Ю. В. Филатов ; Концерн "ЦНИИ "Электроприбор". - СПб. : Изд-во ЦНИИ "Электроприбор", 2015. - 316с.	15
<b>629.7 С28</b>	Северов Л.А. Гироскопические системы. Уравнения движения гироскопических систем, одноосные и двухосные гиросtabilизаторы [Текст] : лекции / Л. А. Северов, П. Б. Дергачев, В. С. Слепков ; Ленингр. электротехн. ин-т им. В. И. Ульянова (Ленина), Ленингр. ин-т авиац. приборостроения. - Л. : [б. и.], 1977. - 61 с.	38
<b>629.7 Г51</b>	Под ред. Пельпора Д.С. Гироскопические системы. Гироскопические приборы и системы, – М.: высшая школа, 1988, 424 с. Учебник для вузов.	11
<b>531 Б 93</b>	<b>Бутенин, Н. В.</b> Курс теоретической механики [Текст] : в 2 т. : учебное пособие. т. 1. Статика и кинематика. т. 2. Динамика / Н. В. Бутенин, Я. А. Лунц, Д. Р. Меркин. - 11-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2009. - 736 с.	200
<b>629.7 Р41</b>	Репников, А. В. Гироскопические системы [Текст] : учебное пособие / А. В. Репников, Г. П. Сачков, А. И. Черноморский ; Ред. А. В. Репников. - М. : Машиностроение, 1983.-31 с.	9

629.7.054 С 28	Северов Л.А., Быкова Г.М. Расчет и проектирование гироскопических систем ориентации и навигации. – Л.: ЛИАП, 1986, 58 с. Учебное пособие.	24
-------------------	---	----

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

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="http://twirpx.com/file/126419/">twirpx.com/file/126419/</a>	Ориентация и навигация подвижных объектов /Под ред. Алешина Б.С., Веремеенко К.К., Черноморского А.И. – М.: Физматгиз, 2006, 422 с.
<a href="http://twirpx.com/file/688307/">twirpx.com/file/688307/</a>	Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. – СПб: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2009, 280 с.

## 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
1	Программная среда МАТЛАБ
2	Программная система Matcad

### 8.2Перечень 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	13-04
2	Мультимедийная лекционная аудитория	13-04
3	Специализированная лаборатория «Гироскопических проборов и систем»	13-03б
4	Стенды с препарированными гироскопами	13-03
5	Дисплейный класс	13-03в

## 10. Оценочные средства 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; Экзаменационные билеты
Выполнение курсовой работы	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине.

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>

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«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>
«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 (таблица 15)

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
Семестр 5		
1	Структура момента количества движения. Главные центральные и центробежные моменты инерции.	ПК-2.3.1
2	Динамические уравнения Эйлера для тел обладающих симметрией.	ПК-2.У.1
3	Динамические уравнения для ротора.	ПК-2.3.1
4	Теорема об относительном изменении векторов. Анализ структуры абсолютного ускорения движения твердого тела.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1
5	Условия образования момента гироскопической реакции.	ПК-2.3.1
6	Определение ориентации твердого тела углами Эйлера-	ПК-2.3.1,

	Крылова.	ПК-2.В.1
7	Базовые системы координат используемые при определении ориентации подвижных объектов.	ПК-2.3.1, ПК-2.У.1
8	Процедура составления матриц направляющих косинусов определяющих ориентацию твердого тела.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1
9	Основные свойства матриц направляющих косинусов.	ПК-2.3.1
10	Кинематическое уравнение Пуассона в относительных скоростях вращения твердого тела.	ПК-2.3.1, ПК-2.В.1
11	Обобщенное кинематическое уравнение Пуассона.	ПК-2.В.1
12	Теория конечного поворота твердого тела и физический смысл параметров определяющих его положение.	ПК-2.3.1
13	Формирование матрицы направляющих косинусов через параметры конечного поворота и параметры Родрига-Гамильтона.	ПК-2.У.1
14	Определение понятия кватернион ориентации. Основные действия с кватернионами.	ПК-2.3.1
15	Описание вращения твердого тела в параметрах кватерниона.	ПК-2.3.1
16	Обобщенные динамические уравнения Эйлера для систем содержащих совокупность твердых тел.	ПК-2.3.1
17	Преобразованные обобщенные динамические уравнения Эйлера. Учет моментов сил нормальных реакций в шарнирных связях.	ПК-2.3.1
18	Уравнения Лагранжа второго рода, кинетическая и потенциальная энергии, диссипативная функция системы твердых тел.	ПК-2.3.1
19	Примеры составления уравнения динамики систем с несколькими степенями свободы.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1
20	Определение понятий виртуальных (возможных) перемещений и виртуальной работы для системы с несколькими степенями свобод.	ПК-2.3.1
21	Использование принципа виртуальной работы для описания моментов в кардановых подвесах гироскопических систем.	ПК-2.У1
22	Уравнения динамики гироскопа с тремя степенями	ПК-2.3.1

	свободы (ТГ).	
23	Основные свойства ТГ (прецессия, нутация, видимый уход).	ПК-2.3.1; ПК-2.В.1
24	Уравнение динамики и основные свойства гироскопа с двумя степенями свободы.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1
25	Основные схемы и динамика гироскопов со сферическим подвесом ротора.	ПК-2.3.1
26	Уравнение динамики и структурная схема динамически настраиваемого гироскопа (ДНГ) с двумя степенями свободы.	ПК-2.3.1; ПК-2.В.1
27	Условие динамической настройки и основные погрешности ДНГ с двумя степенями свободы.	ПК-2.3.1 ПК-2.В.1;
28	Уравнения динамики и структурная схема ДНГ с тремя степенями свободы.	ПК-2.3.1
29	Условие динамической настройки и основные погрешности ДНГ с тремя степенями свободы.	ПК-2.3.1
30	Схема и основные технические характеристики лазерного гироскопа (ЛГ).	ПК-2.3.1
31	Кинематическая теория ЛГ.	ПК-2.3.1
32	Доплеровская теория ЛГ.	ПК-2.3.1
33	Схема и принцип действия волоконного оптического гироскопа (ВОГ).	ПК-2.3.1
34	Обработка информации в ВОГ.	ПК-2.3.1
35	Схема и принцип действия волоконного твердотельного гироскопа (ВТГ).	ПК-2.3.1
36	Кольцевая модель динамики ВТГ и его работа в интегрирующем режиме.	ПК-2.3.1
37	Схема и принцип действия датчика угловой скорости (ДУС) прямого преобразования на основе двухстепенного гироскопа.	ПК-2.3.1; ПК-2.В.1
38	Анализ динамики и основных погрешностей ДУС прямого преобразования.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1
39	Структурная схема, передаточные функции и основные характеристики ДУС компенсационного типа.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1

40	Структурная схема и передаточные функции ДУС на основе ДНГ.	ПК-2.3.1
41	Схема и принцип действия ДУС на основе ДНГ с позиционным возбуждением.	ПК-2.3.1
42	Схема и принцип действия одноосного гиросtabilизатора (ОГС).	ПК-2.3.1
43	Уравнения динамик ОГС на подвижном основании.	ПК-2.3.1
44	Структурная схема и передаточные функции контура стабилизации ОГС.	ПК-2.3.1; ПК-2.В.1; ПК-2.У.1
45	Статические характеристики ОГС.	ПК-2.3.1; ПК-2.В.1
46	Обеспечение устойчивости ОГС демпферами.	ПК-2.3.1 ПК-2.У.1
47	Обеспечение устойчивости ОГС астатического типа.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1; ПК-2.В.1
48	Обеспечение устойчивости ОГС статического типа.	ПК-2.3.1 ПК-2.У.1; ПК-2.В.1
49	Погрешности ОГС при колебаниях основания.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1
50	Схема, принцип действия и области использования двухосных гиросtabilизаторов (ДГС).	ПК-2.3.1
51	Кинематика подвеса платформы ДГС.	ПК-2.3.1
52	Уравнения динамики ДГС на подвижном основании.	ПК-2.3.1 ПК-2.У.1;
53	Выбор схемы ориентации гироблоков в ДГС и их основные погрешности.	ПК-2.3.1
54	Схема, принцип действия и области использования трехосных гиросtabilизаторов (ТГС).	ПК-2.3.1
55	Кинематика подвеса платформы ТГС.	ПК-2.3.1
56	Уравнения динамики ТГС на подвижном основании.	ПК-2.3.1
57	Определение обобщенных моментов в ТГС.	ПК-2.3.1

58	Преобразователи координат в ТГС.	ПК-2.3.1
59	Схема и принцип действия ТГС индикаторного типа.	ПК-2.3.1
60	Основные погрешности ТГС.	ПК-2.3.1
Семестр 6		
1	Основные свойства ортодромических траекторий. Теорема Клеро.	ПК-2.3.1
2	Схема и принцип действия указателя направления ортодромии.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1 ПК-2.В.1;
3	Схема и принцип действия маятникового гирокомпаса (МГК).	ПК-2.3.1
4	Скоростная погрешность МГК.	ПК-2.3.1
5	Баллистическая погрешность МГК.	ПК-2.3.1
6	Корректируемый гирокомпас.	ПК-2.3.1
7	Схема и принцип действия орбитального гирокомпаса.	ПК-2.3.1
8	Структура авиационных курсовых систем.	ПК-2.3.1
9	Схема, принцип действия и основные погрешности гиромагнитного компаса.	ПК-2.3.1
10	Схема, принцип действия и основные погрешности гировертикали (ГВ) с маятниковой коррекцией.	ПК-2.3.1 ПК-2.У.1;
11	Схема и принцип действия центральной гировертикали на основе двухосного гиостабилизатора.	ПК-2.3.1; ПК-2.У.1 ПК-2.В.1
12	Скоростные, баллистические и моментные погрешности ГВ.	ПК-2.3.1
13	Схема и принцип действия инерциального построителя вертикали.	ПК-2.3.1
14	Схема и принцип действия курсовертикали на основе трехосного гиостабилизатора (ТГС).	ПК-2.3.1
15	Структура контуров построения вертикали систем ориентации на основе ТГС.	ПК-2.3.1
16	Структуры систем физического гирокомпасирования курсовертикалей платформенного типа.	ПК-2.3.1

17	Структуры систем аналитического гирокомпасирования курсовертикалей платформенного типа.	ПК-2.3.1
18	Принцип построения бесплатформенных инерциальных систем ориентации (БИСО)	ПК-2.3.1
19	Структурная схема и принцип функционирования БИСО, основанная на интегрировании кинематических уравнений Эйлера.	ПК-2.3.1
20	Структурная схема и принцип функционирования БИСО, основанная на интегрировании уравнений Пуассона.	ПК-2.3.1
21	Структурная схема и принцип функционирования БИСО, основанная на использовании кватернионов.	ПК-2.3.1
22	Инструментальные и методические погрешности БИСО.	ПК-2.3.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 16)

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

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 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
	В соответствии с п. 4.5

Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	Не предусмотрено	

Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ 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.

Планируемы 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:

- изложение теоретических вопросов, связанных с рассматриваемой темой;
- описание методов и алгоритмов, применяемых в современных системах ориентации, навигации и управления летательными аппаратами;
- демонстрация примеров решения конкретных задач по теме;
- обобщение изложенного материала;
- ответы на возникающие вопросы по теме лекции.

### **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.

Практические занятия проводятся в не интерактивной форме путем решения типовых задач, связанных с аналитическими расчетами а также в интерактивной форме по моделированию систем стабилизации, навигации и управления.

Отчеты по практическим занятиям оформляются по ГОСТ 7.32-2001 издания 2008года. Титульный лист оформляется по утвержденной форме. Форма титульного листа размещена на сайте ГУАП.

### **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 лабораторных работ**

В ходе выполнения лабораторных работа обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой

эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

### **Задание и требования к проведению лабораторных работ**

Лабораторные работы проводятся в соответствии методическими указаниями для каждой работы. Перед выполнением лабораторных работ проводится инструктаж по технике безопасности и предварительный опрос студентов на усвоение методики проведения экспериментов с использованием лабораторного оборудования и измерительных приборов. По результатам проведенных экспериментов составляется протокол, который заверяется преподавателем.

### **Структура и форма отчета о лабораторной работе**

1. титульный лист;
2. цель лабораторной работы;
3. описание исследуемой системы;
4. структура исследуемых параметров;
5. методика проведения экспериментальных исследований;
6. протокол эксперимента;
7. результаты обработки экспериментальных данных;
8. выводы по работе.

### **Требования к оформлению отчета о лабораторной работе**

Отчет оформляется по ГОСТ 7.32-2001 издания 2008года. Титульный лист оформляется по утвержденной форме. Форма титульного листа размещена на сайте ГУАП.

## **11.4.Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/ работы**

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения по профессиональным учебным дисциплинам и модулям в соответствии с требованиями к уровню подготовки, установленными программой учебной дисциплины, программой подготовки специалиста соответствующего уровня, квалификации;

- применить полученные знания, умения и практический опыт при решении комплексных задач, в соответствии с основными видами профессиональной деятельности по направлению/ специальности/ программе;
- углубить теоретические знания в соответствии с заданной темой;
- сформировать умения применять теоретические знания при решении нестандартных задач;
- приобрести опыт аналитической, расчётной, конструкторской работы и сформировать соответствующие умения;
- сформировать умения работы со специальной литературой, справочной, нормативной и правовой документацией и иными информационными источниками;
- сформировать умения формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполнения работы;
- развить профессиональную письменную и устную речь обучающегося;
- развить системное мышление, творческую инициативу, самостоятельность, организованность и ответственность за принимаемые решения;
- сформировать навыки планомерной регулярной работы над решением поставленных задач.

Курсовой проект/ работа по дисциплине выполняется на типовую тему: «Проектирование регулятора гиросtabilизатора и исследование его характеристик методом математического моделирования».

Исходные данные по типам гироблоков, требуемым характеристикам гиросtabilизатора и условиям его работы приведены в методических указаниях по выполнению курсового проектирования:

Скорина С.Ф. Методические указания и индивидуальные задания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Прикладная теория гироскопов», ГУАП, 2009, 22с. (ресурс кафедры)

#### **Структура пояснительной записки курсовой работы / проекта**

1. Исходные данные на курсовую работу.
2. Схема и принцип действия системы ориентации.
3. Выбор типа применяемого гироблока и описание модели его погрешностей.
4. Структурная схема, уравнения динамики и основные передаточные функции контура стабилизации платформы.
5. Синтез корректирующих системы стабилизации из угловой устойчивости и допустимых погрешностей.
6. Моделирование динамики системы стабилизации.
7. Оценка погрешностей системы ориентации.

#### **Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы / проекта**

Пояснительная записка оформляется по требованиям ГОСТ 7.32 – 2001 (в редакции 2008г.)

### **11.5. 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 являются учебно-методический материал по дисциплине.

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

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине и проводится в форме экзаменов 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 студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования».

## 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