

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

Кафедра № 13

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

В.М. Ананенко

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«26» марта 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Гироскопические приборы и системы»

(Наименование дисциплины)

|   |   |
|---|---|
| Код направления подготовки/<br>специальности          | 24.03.02  |
| Наименование направления<br>подготовки/ специальности | Системы управления движением и навигация                  |
| Наименование направленности/<br>специализации         | Приборы и системы ориентации, стабилизации и<br>навигации |
| Форма обучения  | очная   |
| Год приема  | 2026  |

Санкт-Петербург– 2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к. ф.-м. н.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

И.Е. Лезова

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«26» марта 2026 г, протокол № 5

Заведующий кафедрой № 13

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



(подпись, дата)

Н.А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №1 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



(подпись, дата)

В.Е. Таратун

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Гироскопические приборы и системы» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 24.03.02 «Системы управления движением и навигация» направленности/специализации «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации». Дисциплина реализуется кафедрой «№13».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен разрабатывать отдельные детали и узлы для приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов ракетно-космической техники»

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, курсовертикали 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 (7 семестр), (8 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование у студентов понимания устройства, принципов работы и математического аппарата, описывающего движение гироскопических приборов и систем. Особое внимание уделяется развитию навыков анализа их функционирования, в том числе посредством проведения экспериментальных исследований.

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 ОП ВО.

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 разрабатывать отдельные детали и узлы для приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов ракетно-космической техники | ПК-1.У.1 уметь выполнять необходимые расчеты, связанные с проектированием элементов и узлов приборов и систем ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов   |
| Профессиональные компетенции   | ПК-2 Способен разрабатывать проекты приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов и их составных частей                           | ПК-2.3.1 знать основы проектирования, конструирования и производства приборов ориентации, навигации и стабилизации летательных аппаратов; виды проектной документации<br>ПК-2.У.1 уметь анализировать варианты и принимать решения по объекту проектирования на основе системного подхода<br>ПК-2.В.1 владеть навыками работы в информационно-коммуникационном пространстве, проводить компьютерное моделирование, расчеты с использованием программных средств общего и специального назначения |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Математика (все разделы),
- Физика,
- Теоретическая механика,
- Прикладная механика,

- Электротехника,
- Основы теории управления,
- Информатика,
- Автоматизация инженерных расчетов,
- 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 giroприборов и систем,
- Основы инерциальной навигации,
- Инерциальные навигационные системы,
- 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 |            |
|---|------------------------|---------------------------|------------|
|   |                        | №7                        | №8         |
| 1   | 2                      | 3                         | 4          |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, 3Е/ (час)</b>   | 5/ 180                 | 4/ 144                    | 1/ 36      |
| <b>Из них часов практической подготовки</b>   | 44                     | 34                        | 10         |
| <b>Аудиторные занятия, всего час.</b>   | 78                     | 68                        | 10         |
| в том числе:  |                        |                           |            |
| лекции (Л), (час)   | 34                     | 34                        |            |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)  |                        |                           |            |
| лабораторные работы (ЛР), (час)   | 34                     | 34                        |            |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)  | 10                     |                           | 10         |
| экзамен, (час)  | 36                     | 36                        |            |
| <b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>  | 66                     | 40                        | 26         |
| <b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.) | Экз.,<br>Курс.<br>Раб. | Экз.,                     | Курс. Раб. |

### 4. Содержание дисциплины

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

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

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины  | Лекции (час) | ПЗ (СЗ) (час) | ЛР (час) | КП/КР (час) | СР (час) |
|---|--------------|---------------|----------|-------------|----------|
| Семестр 7   |              |               |          |             |          |
| Раздел 1. Гироскопические приборы и системы ориентации. Общие сведения. | 4            |               | 3        |             | 8        |

|  |    |   |    |    |    |
|--|----|---|----|----|----|
| Тема 1.1 Введение<br>Тема 1.2. Системы координат<br>Тема 1.3. Некоторые положения механики<br>твёрдого тела  |    |   |    |    |    |
| Раздел 2.<br>Роторные гироскопы<br>Тема 2.1. Основные свойства астатического<br>гироскопа<br>Тема 2.2. Основные свойства двухстепенного<br>гироскопа<br>Тема 2.3. Свободный гироскоп<br>Тема 2.4. Гироскопы на сферической<br>шарикоподшипниковой опоре<br>Тема 2.5. Электромеханические датчики угловой<br>скорости | 6  |   | 8  |    | 10 |
| Раздел 3.<br>Измерители углов тангажа и крена (гировертикали)<br>Тема 3.1. Принцип построения гировертикали<br>Тема 3.2. Математическая модель гировертикали<br>Тема 3.3. Конструктивные особенности<br>гировертикали  | 8  |   | 10 |    | 8  |
| Раздел 4.<br>Вибрационные гироскопы<br>Тема 4.1. Роторные вибрационные гироскопы<br>Тема 4.2. Волновые твердотельные гироскопы<br>Тема 4.3. Микромеханические гироскопы  | 8  |   | 7  |    | 8  |
| Раздел 5.<br>Оптические гироскопы<br>Тема 5.1. Теоретические основы работы оптических<br>гироскопов<br>Тема 5.2. Волоконнооптические гироскопы<br>Тема 5.3. Бесплатформенные инерциальные<br>системы ориентации (БИСО)<br>Тема 5.4 Лазерные гироскопы  | 8  |   | 6  |    | 6  |
| Итого в семестре:  | 34 |   | 34 |    | 40 |
| Семестр 8  |    |   |    |    |    |
|  |    |   |    |    |    |
| Выполнение курсовой работы   |    |   |    | 10 |    |
| Итого в семестре:  |    |   |    | 10 | 26 |
| Итого  | 34 | 0 | 34 | 10 | 66 |
|  |    |   |    |    |    |

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий  |
|---------------|--|
| <b>1</b>      | <b>Раздел 1. Гироскопические системы ориентации.</b><br>Тема 1.1 Гироскоп в кардановом подвесе. Основные |

|   |   |
|---|---|
|   | <p>свойства гироскопа. Гироскопические явления в природе и технике. Классификация гироскопов. Области применения гироскопических приборов и систем.</p> <p>Тема 1.2 Базовые системы координат (СК) и СК, связанные с объектом. Углы ориентации летательного аппарата. Инерциальная СК. Географическая СК. Ортодромическая СК. СК, связанная с траекторией движения объекта. Подвижная СК, связанная с осями гироскопа (оси Резаля).</p> <p>Тема 1.3 Кинематика вращательного движения. Момент силы. Момент инерции тела. Динамика вращательного движения твердого тела. Сложное движение точки. Ускорение и силы инерции Кориолиса. Физика возникновения гироскопического момента. Теорема об изменении момента количества движения в инерциальной и подвижной СК.</p>  |
| 2 | <p><b>Раздел 2. Роторные гироскоп.</b></p> <p>Тема 2.1. Основные свойства астатического гироскопа. Физика прецессионного движения астатического гироскопа. Уравнения движения астатического гироскопа. Картинная плоскость. Свободное движение гироскопа. Нутационные колебания. Движение под действием постоянного момента. Псевдорегулярная прецессия.</p> <p>Тема 2.2. Основные свойства двухстепенного гироскопа. Уравнения движения двухстепенного гироскопа. Поведение двухстепенного гироскопа на неподвижном и подвижном основании.</p> <p>Тема 2.3. Свободный гироскоп. Устройство и область применения свободного гироскопа (СГ). Инструментальные погрешности СГ. Методические погрешности СГ на подвижном основании.</p> <p>Тема 2.4. Гироскопы на сферической шарикоподшипниковой опоре. Устройство и конструктивные особенности гироскопа на СШО. Работа гироскопа на сферической шарикоподшипниковой опоре (СШО) в режиме датчика угловой скорости (ДУС). Погрешности гироскопа на СШО.</p> <p>Тема 2.5. Электромеханические датчики угловой скорости. Принцип действия ДУС прямого измерения. Уравнение движения ДУС прямого измерения. Структурная схема ДУС. Методические и инструментальные погрешности ДУС. Способы уменьшения погрешностей. Принцип действия компенсационного ДУС. Структурная схема компенсационного ДУС, погрешности. Устройство и конструктивные особенности электромеханических ДУС.</p> |
| 3 | <p><b>Раздел 3. Измерители углов тангажа и крена (гировертикали).</b></p>   |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>Тема 3.1. Принцип построения гировертикали. Физический маятник. Устройство и кинематика гировертикали с электрической системой коррекции. Принцип действия гировертикали.</p> <p>Тема 3.2. Математическая модель гировертикали. Общая модель гировертикали. Поведение гировертикали на неподвижном основании. Поведение гировертикали при движении основания с постоянной скоростью. Поведение гировертикали при движении основания с постоянным ускорением. Поведение гировертикали на вращающемся объекте.</p> <p>Тема 3.3. Конструктивные особенности гировертикали. Основные элементы и узлы гировертикали. Варианты конструктивной реализации гировертикали. Авиагоризонты. Инструментальные погрешности.</p>  |
| 4 | <p><b>Раздел 4. Вибрационные гироскопы.</b></p> <p>Тема 4.1. Роторные вибрационные гироскопы<br/>Принцип действия роторного вибрационного гироскопа (РВГ). Уравнения движения двухстепенного РВГ в подвижной и базовой СК, условие резонансной настройки. Уравнения движения РВГ с тремя степенями свободы. Режим динамической настройки РВГ. Методические и инструментальные погрешности РВГ. Работа ДНГ в режиме ДУС. Устройство и конструктивные особенности РВГ и ДНГ.</p> <p>Тема 4.2. Волновые твердотельные гироскопы<br/>Принцип действия волнового твердотельного гироскопа (ВТГ). Режим работы ВТГ-ДУС. Режим работы ВТГ-ИГ. Система съема информации ВТГ. Конструктивные особенности ВТГ. Основные погрешности ВТГ.</p> <p>Тема 4.3. Микромеханические гироскопы<br/>Схемы построения и принцип действия микромеханических гироскопов (ММГ): Одномассовые и двухмассовые ММГ, ММГ LL-типа, LR-типа, RR-типа. Конструктивные и технологические особенности ММГ. Погрешности ММГ.</p> |
| 5 | <p><b>Раздел 5. Оптические гироскопы.</b></p> <p>Тема 5.1. Теоретические основы работы оптических гироскопов<br/>Эффект Саньяка и возможность его применения при измерении угловой скорости.</p> <p>Тема 5.2. Волоконнооптические гироскопы<br/>Схемы построения и принцип действия волоконно-оптических гироскопов (ВОГ). Варианты конструктивного исполнения ВОГ. Погрешности ВОГ.</p> <p>Тема 5.3. Бесплатформенные инерциальные системы ориентации (БИСО)<br/>БИСО, основанная на интегрировании кинематических уравнений Эйлера. Структурная схема и принцип функционирования бесплатформенной инерциальной системы ориентации (БИСО), основанной на интегрировании кинематических уравнений Эйлера.</p> <p>Тема 5.4 Лазерные гироскопы.<br/>Принцип действия лазерных гироскопов (ЛГ). Варианты</p>  |



|  |  |
|--|--|
|  | конструктивного исполнения ЛГ. Погрешности ЛГ. |
|--|--|

#### 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) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено |                           |                            |                     |                                       |                      |
|                                 |                           |                            |                     |                                       |                      |
| Всего                           |                           |                            |                     |                                       |                      |

#### 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) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|--|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 7 |  |                     |                                       |                      |
| 1         | Исследование характеристик ухода указателя направления ортодромии и системы азимутальной коррекции         | 4                   | 4                                     | 2                    |
| 2         | Исследование кардановых погрешностей гироагрегата ГА-6.  | 4                   | 4                                     | 2                    |
| 3         | Исследование ошибок малогабаритной гироскопической вертикали МГВ и работы системы горизонтальной коррекции | 4                   | 4                                     | 3                    |
| 4         | Исследование погрешностей малогабаритной гировертикали на качающемся основании                             | 2                   | 2                                     | 3                    |
| 5         | Анализ погрешностей инерциального построителя вертикали (моделирование)                                    | 4                   | 4                                     | 3                    |
| 6         | Исследование бесплатформенной курсовертикали (моделирование)   | 4                   | 4                                     | 4                    |
| 7         | Исследование курсовертикали платформенного типа  | 4                   | 4                                     | 4                    |
| 8         | Исследование характеристик системы физического гирокомпасирования (моделирование)                          | 4                   | 4                                     | 5                    |
| 9         | Исследование характеристик системы аналитического гирокомпасирования (моделирование)                       | 4                   | 4                                     | 5                    |
| Всего     |  | 34                  |                                       |                      |

#### 4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

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)

Часов практической подготовки: 10

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы                        | Всего, час | Семестр 7, час | Семестр 8, час |
|---|------------|----------------|----------------|
| 1   | 2          | 3              | 4              |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 6          | 3              | 6              |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  | 4          | 34             |                |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                | 44         | 4              | 20             |
| Выполнение реферата (Р)                           |            |                |                |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 4          |                |                |
| Домашнее задание (ДЗ)                             | 6          | 6              |                |
| Контрольные работы заочников (КРЗ)                |            |                |                |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)        | 2          | 1              |                |
| Всего:  | 66         | 40             | 26             |

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. разделов 6-11.

#### 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/<br>URL адрес | Библиографическая ссылка   | Количество экземпляров в библиотеке<br>(кроме электронных экземпляров) |
|--------------------|--|--|
| 629.7(ЛИАП)<br>С28 | Северов Л.А., Сазонов А.В.<br>Комплексные гироскопические системы.<br>Курсовые системы. – Л.: ЛИАП, 1985, 78 с.  | 48   |
| 629.7 С28          | Северов Л.А. Механика гироскопических систем. – М.: МАИ, 1996, 212 с.  | 57   |
| 629.7 Г51          | Под ред. Пельпора Д.С. Гироскопические системы. Гироскопические приборы и системы, – М.: высшая школа, 1988, 424 | 11   |

|                |  |    |
|----------------|--|----|
|                | с. Учебник для вузов.  |    |
|                | Гироскопические системы. Элементы гироскопических приборов / Е.А. Никитин, С.А. Шестов, В.А. Матвеев; Под ред. Д.С. Пельпора. – М.: Высшая школа, 1988. – 432 с. |    |
|                | Вавилов, В.Д. Теоретические основы микросистемных акселерометров и гироскопов [Текст]: Учебное пособие / В.Д. Вавилов. – Н.Новгород: НГТУ, 2011. – 210 с.        |    |
| G 01 С; Ш 492  | Шереметьев, А.Г. Волоконно-оптический гироскоп / А.Г. Шереметьев. – М.: Радио и связь, 1987. – 152 с.  |    |
| 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="https://www.iprbookshop.ru/67578.html">https://www.iprbookshop.ru/67578.html</a> .<br>— Режим доступа: для авторизир. пользователей<br>Режим доступа: для авторизир. пользователей | Серегин, В. В. Прикладная теория и принципы построения гироскопических систем: учебное пособие / В. В. Серегин. — Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2007. — 78 с.                           |
| <a href="https://e.lanbook.com/book/5234">https://e.lanbook.com/book/5234</a> . —<br>Режим доступа: для авториз. пользователей.   | Барыкин, В. В. Лазерный гироскоп: учебно-методическое пособие / В. В. Барыкин. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 23 с. — Текст : электронный // Лань : электроннобиблиотечная система |

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

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, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы          | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|--|-------------------------------------|
| 1     | Лекционная аудитория   | 13-04, БМ                           |
| 2     | Мультимедийная лекционная аудитория                                | 13-04, БМ                           |
| 3     | Специализированная лаборатория «Гироскопических проборов и систем» | 13-03б, БМ                          |
| 4     | Стенды с препарированными гиросприборами                           | 13-03, БМ                           |
| 5     | Дисплейный класс   | 13-03б, БМ                          |

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Перечень оценочных средств   |
|------------------------------|--|
| Экзамен                      | Список вопросов к экзамену;<br>Экзаменационные билеты*;<br>Задачи;<br>Тесты.       |
| Выполнение курсовой работы   | Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине. |

Примечание: \*экзаменационные билеты формируются на основе вопросов и задач таблицы 15.

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   |   |

| Оценка компетенции<br>5-балльная шкала | Характеристика сформированных компетенций  |
|--|--|
| «отлично»<br>«зачтено»                 | Обучающийся:<br>– глубоко и всесторонне усвоил программный материал;<br>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;<br>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;<br>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;<br>– делает выводы и обобщения;<br>– свободно владеет системой специализированных понятий.<br>– правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**. |
| «хорошо»<br>«зачтено»                  | Обучающийся:<br>– твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;<br>– не допускает существенных неточностей;<br>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;<br>– аргументирует научные положения;<br>– делает выводы и обобщения;<br>– владеет системой специализированных понятий.<br>– правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.   |
| «удовлетворительно»<br>«зачтено»       | – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;<br>– допускает несущественные ошибки и неточности;<br>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;<br>– слабо аргументирует научные положения;<br>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;<br>– частично владеет системой специализированных понятий.<br>– правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.                    |
| «неудовлетворительно»<br>«не зачтено»  | – обучающийся не усвоил значительной части программного материала;<br>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;<br>– испытывает трудности в практическом применении знаний;<br>– не может аргументировать научные положения;<br>– не формулирует выводов и обобщений.<br>– правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.  |

Примечание: \*\* по решению кафедры процент правильно выполненных тестовых заданий может быть изменен.

### 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  | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
| 1     | Базовые системы координат и системы координат, связанные с объектом. Углы ориентации летательного аппарата. | ПК-1.У.1       |
| 2     | Подвижная системы координат связанная с осями гироскопа (оси Резаля).                                       | ПК-2.3.1       |
| 3     | Кориолисово (поворотное) ускорение. Физическое пояснение возникновения кориолисова ускорения.               | ПК-2.У.1       |
| 4     | Гироскопический момент. Физическое пояснение  | ПК-2.В.1       |

|    |   |                                   |
|----|---|-----------------------------------|
|    | возникновения гироскопического момента.   |                                   |
| 5  | Теорема об изменении момента количества движения в инерциальной и подвижной системах координат.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 6  | Кинематическая схема трехстепенного гироскопа. Основные свойства гироскопа.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 7  | Уравнения движения трехстепенного гироскопа. Картинная плоскость.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1, |
| 8  | Движение трехстепенного гироскопа под действием постоянного внешнего момента. Псевдорегулярная прецессия.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 9  | Основные свойства двухстепенного гироскопа.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1              |
| 10 | Свободный гироскоп: устройство, область применения, погрешности.  | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 11 | Гироскопы на сферической шарикоподшипниковой опоре: устройство, конструктивные особенности, режимы работы, погрешности.                                 | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 12 | Электромеханический ДУС прямого измерения: устройство, принцип действия, погрешности.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 13 | Электромеханический ДУС компенсационного типа: устройство, принцип действия, структурная схема, погрешности.  | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1              |
| 14 | Принцип построения гировертикали с электрической системой коррекции.  | ПК-2.В.1                          |
| 15 | Поведение гировертикали на неподвижном основании и при движении основания с постоянной скоростью. Физическое обоснование образования скоростных ошибок. | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 16 | Поведение гировертикали при движении основания с постоянным ускорением и на вираже объекта.   | ПК-2.В.1                          |
| 17 | Основные элементы и узлы гировертикали. Варианты конструктивной реализации гировертикали.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 18 | Роторный вибрационный гироскоп с двумя степенями свободы: схема построения, принцип действия, уравнения движения, условие резонансной настройки.        | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 19 | Волновой твердотельный гироскоп: устройство, принцип действия, режимы работы, погрешности.  | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 20 | Эффект Саньяка и возможность его применения при измерении угловой скорости.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 21 | Микромеханические гироскопы: схемы построения, конструктивные и технологические особенности, погрешности.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1  |
| 22 | Волоконно-оптические гироскопы: схемы построения, принцип действия, погрешности.  | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1              |

|    |   |                                  |
|----|---|----------------------------------|
|    |   | ПК-2.В.1                         |
| 23 | Лазерные гироскопы: принцип действия, варианты исполнения, погрешности.   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |
| 24 | Принцип построения бесплатформенных инерциальных систем ориентации (БИСО) | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |

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

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

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

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

| № п/п | Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы |
|-------|--|
|       | В соответствии с п. 4.5  |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов   | Код индикатора                   |
|-------|--|----------------------------------|
| 1     | Записать уравнения проекций угловых скоростей географической системы координат   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |
| 2     | Астатический гироскоп это...<br>Выберите один ответ: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-х степенный гироскоп</li> <li>• 3-х степенный гироскоп, центр тяжести, которого совпадает с неподвижной точкой</li> <li>• 3-х степенный гироскоп с системой коррекции</li> <li>• 3-х степенный гироскоп, центр тяжести которого смещен относительно точки подвеса</li> </ul>   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |
| 3     | К трехстепенному гироскопу приложен момент внешних сил. Гироскоп начал прецессировать, но после начала прецессии момент внешних сил исчез. Как будет дальше вести себя гироскоп?<br>Выберите один ответ: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Прецессия прекратится, когда гироскоп развернется на 90 градусов Гироскоп продолжит движение по инерции.</li> <li>• Прецессия гироскопа прекратится. Гироскоп вернется в исходное положение</li> <li>• Прецессия гироскопа прекратится. Гироскоп останется в отклоненном положении.</li> </ul> | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |
| 4     | Летательный аппарат совершает набор высоты с постоянной скоростью полета. Что будет показывать гировертикаль? Выберите один ответ:   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |

|   |   |                                  |
|---|---|----------------------------------|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Скоростная ошибка в этом случае не проявляется</li> <li>• Показания будут больше действительного угла тангажа на величину скоростной ошибки</li> <li>• Показания будут меньше действительного угла тангажа на величину скоростной ошибки</li> </ul>  |                                  |
| 5 | Физический принцип действия гироскопа основан на: <ul style="list-style-type: none"> <li>• На принципе относительности классической механике</li> <li>• На теореме о движении центра масс</li> <li>• На принципе Даламбера</li> <li>• На действии кориолисовых сил инерции на быстровращающееся твердое тело с кинетическим моментом <math>\vec{H}</math>, при наличии переносной угловой скорости <math>\omega</math></li> <li>• На теореме об изменении кинетической энергии</li> </ul> | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |
| 6 | На каком эффекте основаны оптические гироскопы. Запишите основное уравнение оптического гироскопа   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |
| 7 | Каким правилом необходимо воспользоваться, чтобы определить направление вектора угловой скорости прецессии и вектора гироскопического момента.  | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |
| 8 | Что используется в качестве чувствительного элемента в гировертикалях   | ПК-2.3.1<br>ПК-2.У.1<br>ПК-2.В.1 |

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ |
|-------|----------------------------|
|       | 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 обучающимися 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 участию в семинарах

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 лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

Требования к проведению семинаров

*Семинары не предусмотрены*

#### 11.3. 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 приобретение обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися 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.

#### Требования к проведению практических занятий

*Практические занятия не предусмотрены*

#### 11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ 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 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.

#### 11.5. Методические указания для обучающихся по выполнению курсового проекта/ курсовой 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 гиросблоков, 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 курсового проекта/ работы

1. Исходные данные на курсовую работу.
2. Схема и принцип действия системы ориентации.
3. Выбор типа, применяемого гиросблока 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 курсового проекта/ работы

Пояснительная записка оформляется по требованиям ГОСТ 7.32-2001 (в редакции 2019 г.)

#### 11.6. 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.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях, ответы на вопросы преподавателя при работе в интерактивном режиме. В рамках лекции могут разбираться практические занятия по конкретным темам курса как совместно с преподавателем, так и самостоятельно студентами.

При решении задач преподавателем оценивается выбор метода и алгоритма решения, правильность решения, затраченное время, качество оформления, умение представить и объяснить решение, ответы на вопросы преподавателя. Лабораторные работы выполняются группами студентов от 2 до 4 чел. При выполнении лабораторных работ оценивается уровень знаний по заданной тематике, умений и навыков проведения исследований, грамотность оформления отчета, умение представить и объяснить ход выполнения лабораторной работы и проанализировать полученные результаты. Самостоятельная работа студента включает самостоятельную проработку теоретического материала по темам и разделам курса, выполнение расчетно-графических заданий по конкретным темам курса, подготовку отчетов по лабораторным работам. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса на лекциях по теоретическим материалам при защите решений индивидуальных задач, в форме защиты отчетов по лабораторным работам. Студент допускается к промежуточной аттестации (зачет, экзамен), если в результате изучения разделов дисциплины в рамках текущего контроля по каждой теме выполнено не менее 50 процентов заданий и выполнены, и защищены все лабораторные работы. Промежуточная аттестация студентов проводится в форме экзамена (7 семестр).

11.7. 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 студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения изменений и дополнений.<br>Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |