

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

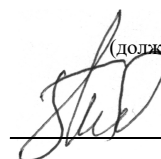
Кафедра №13

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

ДОЦ., К.Т.Н., ДОЦ.

(должность, уч. степень, звание)



В.К. Пономарев

(подпись)

«20»__06__2019 г,

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«МЭМС технологии в приборостроении»

(Название дисциплины)

| | |
|-----------------------------|---------------------------------------------------|
| Код направления | 24.05.06 |
| Наименование направления | Системы управления летательными аппаратами |
| Наименование направленности | Приборы систем управления летательными аппаратами |
| Форма обучения | очная |

Санкт-Петербург 2019г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.К. Пономарев

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«20»__06____2019 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 13

К.т.н.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

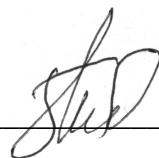
Н.А. Овчинникова

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 24.05.06(04)

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.К. Пономарев

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (факультета) № 1 по методической работе

ассистент

должность, уч. степень, звание


подпись, дата

В.Е. Таратун

инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «МЭМС технологии в приборостроении» в качестве факультативной входит в вариативную часть образовательной программы подготовки студентов по направлению «24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» направленность «Приборы систем управления летательными аппаратами». Квалификация выпускника – специалист.

Дисциплина реализуется кафедрой №13.

Целью дисциплины «МЭМС технологии в приборостроении» является ознакомление подготавливаемых специалистов с основами технологии производства и использования микроэлектромеханических акселерометров и гироскопов в системах управления движением подвижных объектов различных классов и навигации.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника, освоившего программу специалитета, владение следующими общепрофессиональными компетенциями:

ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и способностью критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости;

профессионально-специализированных компетенций:

ПСК- 4.4 «способность создавать методiku и производить комплекс испытаний, а также опытной эксплуатации приборов и датчиков систем управления летательных аппаратов.

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 1 зачетных единиц, 36 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины «МЭМС технологии в приборостроении» является ознакомление подготавливаемых специалистов с основами технологии производства и использования микроэлектромеханических акселерометров и гироскопов в системах управления движением подвижных объектов различных классов и навигации.

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

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-3 способностью использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и способностью критически оценить освоенные теории и концепции, границы их применимости

знать - базовые методы исследовательской деятельности, способы и средства получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией;

уметь - участвовать в работе над инновационными проектами, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией;

владеть навыками - использования базовых методов исследовательской деятельности; иметь опыт деятельности - над инновационными проектами.

ПСК-4.4 «способность создавать методику и производить комплекс испытаний, а также опытной эксплуатации приборов и датчиков систем управления летательных аппаратов»:

знать – Государственные стандарты на нормативные документы, техническую документацию;

уметь - разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию, а также предложения и мероприятия по реализации разработанных проектов и программ;

владеть навыками - работы с Государственными стандартами;

иметь опыт деятельности - использования Государственных стандартов при разработке технической документации.

1.3 Место дисциплины в структуре ОП

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

- Математика;
- Технология;
- Физика;
- Теоретическая механика;
- Электроника;
- Методы теории фильтрации в задачах навигации и управления;
- Современная теория управления;

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

- Микромеханические инерциальные чувствительные элементы;
- Расчет и синтез гиросприборов.

1.4 Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

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

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы | Всего | Трудоемкость по семестрам |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------|
| | | №6 |
| 1 | 2 | 3 |
| Общая трудоемкость дисциплины, 1Е/(час) | 1/ 36 | 1/ 36 |
| Аудиторные занятия, всего час., В том числе | 17 | 17 |
| лекции (Л), (час) | 17 | 17 |
| Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час) | - | - |
| лабораторные работы (ЛР), (час) | | |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час) | | |
| Экзамен, (час) | | |
| Самостоятельная работа, всего (час) | 19 | 19 |
| Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен, дифференцированный зачет (Зачет. Экз. Дифф. зач) | Зачет. | Зачет. |

2. Содержание дисциплины

2.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

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

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины | Лекции (час) | ПЗ (СЗ) (час) | ЛР (час) | КП (час) | СРС (час) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|----------|----------|-----------|
| Семестр 6 | | | | | |
| Раздел 1 Основы технологии МЭМС | 3 | | | | 4 |
| Раздел 2. Методы проектирования микромеханических гироскопов с заданными характеристиками. | 4 | | | | 4 |
| Раздел 3. Элементы микромеханических гироскопов и их проектирование. | 3 | | | | 4 |

| | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|--|--|---|----|
| Раздел 4 Тестирование, калибровка и компенсация микромеханических гироскопов и акселерометров. | 4 | | | | 4 |
| Раздел 5. Проектирование встроенных контроллеров для стабилизации метрологических характеристик. | 3 | | | | 3 |
| Итого: | 17 | | | 0 | 19 |

2.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <p align="center">Основы технологии МЭМС</p> <p>Материалы и технологии производства МЭМС. Структуры и технологии производства микромеханических гироскопов и акселерометров. Типы и физические основы работы микромеханических гироскопов. Гироскопы типа L-L, R-R, L-R, и R-L. Схемы с наружным карданным подвесом Схемы с внутренним карданным подвесом. Схемы со стержневыми подвесами. Схемы с поступательными колебаниями. Схемы с угловыми колебаниями с одной и двумя осями чувствительности измерители. Твердотельные волновые гироскопы. Схемы камертонных подвесов. Типы и физические основы работы микромеханических акселерометров. Основные характеристики микромеханических акселерометров и гироскопов.</p> |
| 2 | <p align="center">Методы проектирования микромеханических гироскопов с заданными характеристиками.</p> <p>Математические модели микромеханических гироскопов разных типов и их анализ. Зависимость чувствительности и полосы пропускания от конструктивных параметров гироскопов. Проектирование микромеханических гироскопов с заданными метрологическими характеристиками.</p> |
| 3 | <p align="center">Элементы микромеханических гироскопов и их проектирование.</p> <p>Электростатические датчики сил и моментов. Электростатические датчики сил и моментов гребенчатой структуры. Датчики сил и моментов плоской структуры. Емкостные датчики микроперемещений. Система автогенераторного возбуждения первичных колебаний ММГ. Основные структуры микромеханических гироскопов. Микромеханические гироскопы прямого преобразования. Микромеханические гироскопы компенсационного типа.</p> |

| | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | <p>Тестирование, калибровка и компенсация микромеханических гироскопов и акселерометров.</p> <p>Методы и оборудование для тестирования микромеханических гироскопов и акселерометров. Однократное упрощенное тестирование. Статическое и динамическое тестирование. Тестирование на стабильность параметров. Особенности тестирования гироскопов на стендах вращения. Обработка результатов тестирования. Тестирование при изменении температуры. Тестирование при осциллирующей скорости вращения основания. Тестирование на вибрационные и ударные нагрузки. Тестирование па влияние магнитного поля. Калибровка и компенсация ошибок гироскопов и акселерометров</p> |
| 5 | <p>Проектирование встроенных контроллеров для стабилизации метрологических характеристик.</p> <p>Алгоритмы оценивания параметров микромеханических гироскопов в реальном времени. Методы реализации этих алгоритмов во встроенных контроллерах. Стабилизация метрологических характеристик микромеханических гироскопов на основе результатов оценивания их параметров.</p> |

2.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п | Темы практических занятий | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено | | | | |

2.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

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

2.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

2.6. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6- Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы | Всего, час | Семестр 6, час |
|--------------------------------------|------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Самостоятельная работа, всего | 19 | 19 |

| | | |
|---------------------------------------------------|----|----|
| изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 16 | 16 |
| курсовое проектирование (КП, КР) | | |
| расчетно-графические задания (РГЗ) | | |
| выполнение реферата (Р) | | |
| Подготовка к текущему контролю (ТК) | 3 | 3 |
| домашнее задание (ДЗ) | | |
| контрольные работы заочников (КРЗ) | | |

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в п.п. 8-10.

4. Перечень основной и дополнительной литературы

4.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

| Шифр | Библиографическая ссылка / URL адрес | Количество экземпляров в библиотеке |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 531 Л 84 | Распопов, В. Я. Приборы первичной информации : Микромеханические приборы. : учебное пособие / В. Я. Распопов ; Тул. гос. ун-т. - Тула : [2002. - 390 с. : - ISBN 5-8125-0239-0. Издание имеет гриф Министерства образования РФ | 15 |
| 681.2 Р 24 | Распопов, В. Я. Микромеханические приборы. учебное пособие / В. Я. Распопов. - М. : Машиностроение, 2007. - 400 с. : рис., табл. - Библиогр.: - ISBN 5-217-03360-6. Имеет гриф Минобрнауки России | 7 |
| 629.7 М 59 | Матвеев В.А., Липатников В.И., Алехин А.В. Проектирование волнового твердотельного гироскопа: Учеб. пособие для втузов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. 168с | 100 |
| 629.7 С28 | Северов Л.А. Механика гироскопических систем.-М.: Изд. МАИ, 1996. -212с | 52 |
| | Матвеев, В. В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем. учебное пособие / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов ; ред. В. Я. Распопов ; ГНЦ РФ - ЦНИИ "Электроприбор". СПб. : Изд-во ГНЦ РФ - ЦНИИ 2009. - 278 с. : ISBN 978-5-900780-73-3. | |

4.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

| Шифр | Библиографическая ссылка/ URL адрес | Количество экземпляров в библиотеке |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 629.7 Т-64 | Titterton D.H., Weston J.L. Strapdown Inertial Navigation Technology. Second edition. Ed. Paul Zarchan, MIT Lincoln Laboratory, 2009, 558 p. | 2 |
| | Северов Л.А., Пономарев В.К., Панферов А.И., Сорокин А.В., Кучерков С.Г., Лучинин В.В. Корляков А.В. Микромеханические гироскопы: конструкции, характеристики, технологии, пути развития. - Известия ВУЗов, Приборостроение, т.41, №1-2, 1998. с.57-73. | |
| | Меркурьев И.В., Подалков В.В. Динамика микромеханического и волнового твердотельного гироскопов. – М.: ФИЗМАЕЛИТ, 2009. – 228 с. – ISBN 987-5-9221-1125-6 | |
| | Матвеев В.А., Басараб М.А., Ивойлов М.А. Генетические алгоритмы балансировки миниатюрного волнового твердотельного гироскопа // Труды Девятого Международного Симпозиума «Интеллектуальные системы» INTELS'2010, Россия, Владимир, 28 июня – 2 июля 2010г., С. 516-519. | |

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

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

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

| URL адрес | Наименование |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| http://matlab.exponenta.ru/ | Е.В.Никульчев Control System Toolbox |

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

6.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

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

6.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

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

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

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Лекционная аудитория | 13-03а |
| 2 | Мультимедийная лекционная аудитория | 13-04 |

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Примерный перечень оценочных средств |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Зачет | Список вопросов к зачету; |

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

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

| Номер семестра | Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | ОПК-3 «способность использовать базовые положения математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач и критически оценить освоенные теории и концепции, границы их |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| применимости» | |
| 1 | Математика. Математический анализ |
| 1 | Физика |
| 1 | Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра |
| 2 | Физика |
| 2 | Математика. Математический анализ |
| 2 | Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра |
| 2 | Математика. Дифференциальные уравнения |
| 3 | Математика. Теория вероятностей и математическая статистика |
| 3 | Сопротивление материалов |
| 3 | Теоретическая механика |
| 3 | Материаловедение |
| 3 | Физика |
| 3 | Авиационные материалы |
| 4 | Метрология, стандартизация и сертификация |
| 4 | Математика. Теория вероятностей и математическая статистика |
| 5 | Аналитическая механика |
| 5 | Основы теории управления |
| 6 | Основы теории пилотажно-навигационных комплексов |
| 6 | Динамика полета |
| 6 | Теория гироскопов и гиросtabilизаторов |
| 7 | Гироскопические приборы и системы |
| 7 | Системы управления летательными аппаратами |
| 8 | Системы управления летательными аппаратами |
| 9 | Микромеханические приборы и устройства |
| 9 | Надежность приборов и систем |
| 9 | Системы управления летательными аппаратами |
| 9 | Микромеханические инерциальные чувствительные элементы |
| 10 | Производственная преддипломная практика |
| ПСК- 4.4 «способность создавать методику и производить комплекс испытаний, а также опытной эксплуатации приборов и датчиков систем управления летательных аппаратов» | |
| 9 | Микромеханические инерциальные чувствительные элементы |
| 9 | Микромеханические приборы и устройства |
| 9 | Эксплуатация и испытания приборов и систем управления летательных аппаратов |

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

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции | | Характеристика сформированных компетенций |
|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 100-балльная шкала | 4-балльная шкала | |
| $85 \leq K \leq 100$ | «отлично» «зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> - обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий. |
| $70 \leq K \leq 84$ | «хорошо» «зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> - обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий. |
| $55 \leq K \leq 69$ | «удовлетворительно» «зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> - обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий. |
| $K \leq 54$ | «неудовлетворительно» «не зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> - обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений. |

8.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

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

Таблица 16 – Вопросы для подготовки к экзамену

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

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)
Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. Зачета

| Перечень вопросов (задач) для зачета |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация ММГ и ММА. 2. Принцип действия ММГ различных типов. 3. Модификации и принцип действия ММА. 4. Математическая модель динамики движения чувствительного элемента ММГ LL-типа. 5. Математическая модель динамики движения чувствительного элемента ММГ RR-типа. 6. Установившейся режим работы ММГ. Связь параметров колебаний с физическими параметрами чувствительного элемента. 7. Частотные характеристики ММГ и рабочая полоса частот. 8. Связь амплитудных и фазовых соотношений вторичных колебаний ММГ в установившемся режиме. 9. Статические и динамические характеристики ММА. 10. Источники ошибок в ММГ и ММА. 11. Аналитические методы расчета механических характеристик ММГ и ММА. 12. Принцип действия емкостных датчиков перемещений чувствительного элемента в ММГ и ММА. Основные соотношения. Вопросы проектирования. 13. Электростатические датчики управляющей силы и момента. Расчет энергетических характеристик и линейности преобразования. 14. Преобразователи «емкость - напряжение». Виды преобразователей и расчетные соотношения. 15. Структуры систем автогенераторного возбуждения первичных колебаний в ММГ. Расчет параметров установившихся колебаний. 16. Структура и принцип работы системы возбуждения первичных колебаний в ММГ с опорным генератором. 17. Формирование контура фазовой подстройки частоты опорного генератора. Выбор параметров контура. 18. Принципы формирования выходного сигнала в ММГ и ММА в приборах прямого измерения. Схемотехника измерительного канала. 19. Формирования выходного сигнала в ММГ и ММА в приборах компенсационного типа. 20. Стабилизация амплитуды первичных колебаний ММГ управлением амплитудой импульсов возбуждения. 21. Стабилизация амплитуды первичных колебаний ММГ управлением длительностью импульсов возбуждения. 22. Сопряжение частот первичных и вторичных колебаний . Схемотехника и варианты решения задачи. 23. Основные технологические процессы производства ММГ и ММА. 24. Методики экспериментальных исследований характеристик ММГ и ММА. 25. Технологическое и специальное оборудование для производства испытаний. 26. Автоматизация экспериментальных исследований. Методы обработки данных эксперимента. 27. Оценка случайных погрешностей выходного сигнала ММГ и ММА методом вариации Алана. |

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

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

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

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

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

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

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

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

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

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

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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 для решения технических задач моделирования электромеханических систем навигации и управления подвижными объектами;

- Демонстрация примеров решения задач;

- Обобщение изложенного материала;

- Ответы на возникающие вопросы по теме лекции.

Методические указания по освоению лекционного материала имеются в изданном виде, в виде электронных следующих ресурсов библиотеки ГУАП:

М.И. Евстифеев, А.И. Панферов, В.К. Пономарев, Л.А. Северов, С.Ф. Скорина
Микромеханические инерциальные чувствительные элементы. Микромеханические гироскопы. Учебное пособие. ГУАП. Санкт-Петербург, 2007

Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

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

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

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

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются учебно-методические материалы по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине в форме зачета с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

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» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

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