


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

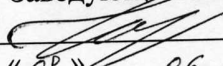
Кафедра «Электронные приборы»

«СОГЛАСОВАНО»

Директор института
магистратуры и аспирантуры

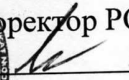
 / О.А. Бодров
«09» 06 2020 г

Заведующий кафедрой ЭП

 / М.В. Чиркин
«09» 06 2020 г

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

 / А.В. Корячко
06 2020 г



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.01 «Инерциальные датчики»

Направление подготовки
11.04.04 «Электроника и микроэлектроника»

Направленность (профиль) подготовки
Электронные приборы и устройства

Уровень подготовки
Магистратура

Квалификация выпускника – магистр

Форма обучения – очная

Рязань 2020 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»,

утвержденного 22.09.2017 №959

Разработчики

к.т.н., доц. кафедры ЭП

В.К. Базылев

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

« 09 » 06 2020 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой «Электронные приборы»

д.ф. - м.н., профессор

М.В. Чиркин

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

Рабочая программа по дисциплине «Инерциальные датчики» (Б1.В.ДВ.01.01) разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» (уровень магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.10.2014 № 1407 (зарегистрировано в Минюсте России 26.11.2014 № 34944).

Целью освоения дисциплины является формирование знаний по основам теории, принципам действия, конструкциям и особенностям эксплуатации инерциальных датчиков.

Основные задачи освоения учебной дисциплины:

- изучение физических основ теории построения и принципов действия инерциальных датчиков;
- обобщение знаний о направлениях и перспективах развития инерциальных датчиков;
- знакомство с методами измерения шумов сигналов инерциальных датчиков и методами их подавления;
- практическое овладение современным методами разработки и моделирования инерциальных датчиков;
- получение навыков проектирования инерциальных датчиков с учетом их конструктивных особенностей и основных эксплуатационных характеристик.
- применение приобретенных теоретических и практических знаний для решения конкретных задач при прохождении учебных практик и спецпрактикумов, при выполнении курсовых и выпускных работ, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

| Категория (группа) общепрофессиональных компетенций | Код и наименование общепрофессиональной компетенции | Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции |
|---|---|--|
| | ПК-8. Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований | <u>Знать:</u> принципы построения и функционирования инерциальных датчиков и измерительных систем на их основе; <u>Уметь:</u> моделировать и проектировать чувствительные элементы и функциональные узлы инерциальных датчиков и устройств с учетом заданных технических требований; производить обработку сигналов и измерения шумов инерциальных датчиков; <u>Владеть:</u> навыками построения моделей инерциальных датчиков и их сигналов; способами и методами подавления шумов в сигналах |

| | | |
|--|--|--|
| | | инерциальных датчиков; |
| | ПК-9. Способен разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными документами | <u>Знать:</u> функциональные узлы и особенности конструирования и разработки инерциальных датчиков (акселерометров, электромеханических гироскопов с карданным подвесом ротора, динамически настраиваемых гироскопов, микромеханических гироскопов, волновых твердотельных и электростатических гироскопов, а также оптических кольцевых гироскопов (лазерных)); <u>Уметь:</u> производить анализ научно-технических проблем в области проектирования инерциальных датчиков с учетом нормативных требований; <u>Владеть:</u> современными информационными технологиями и программными комплексами для разработки проектно-конструкторской документации на инерциальные датчики и их функциональные узлы. |

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Инерциальные датчики» (Б1.В.06б) относится к вариативной части блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана направления подготовки – 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» ОПОП «Электронные приборы и устройства» ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается магистрантами по очной и очно-заочной формам обучения на 1-м курсе, во 2-м семестре.

Пререквизиты дисциплины. Дисциплина «Инерциальные датчики» (Б1.В.06б) базируется на следующих дисциплинах учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», ОПОП «Электронные приборы и устройства»: «Лазерные и волоконно оптические устройства» (Б1.3.В.01а), «Технология материалов и изделий электронной техники» (Б1.3.В.15) «Тепловые процессы в электронике» (Б1.3.В.03) и др.

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

знать:

базовые концепции и модели квантовой и статистической физики, основные свойства и законы движения микрочастиц, основы зонной теории твердых тел;

уметь:

применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей исследования электронных процессов в твердом теле и элементах твердотельной электроники;

владеть:

навыками расчета и анализа параметров и характеристик материалов электроники и наноэлектроники.

Постреквизиты дисциплины. Дисциплина «Инерциальные датчики» (Б1.В.06б) является основой для дальнейшего изучения дисциплин/

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Трудоемкость дисциплины Очная форма – 5 зачетных единиц (ЗЕ), 180 час.

| Вид учебной работы | Всего часов | |
|---|----------------------|-----------------------------|
| | Очная форма обучения | Очно-заочная форма обучения |
| Общая трудоемкость дисциплины, в том числе | 180 | - |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе: | 80 | - |
| Лекции | 40 | - |
| Практические занятия | 24 | - |
| Лабораторные работы | 16 | - |
| Самостоятельная работа (всего)), в том числе: | 100 | - |
| Экзамены и консультации | 36 | - |
| Консультации в семестре | 10 | - |
| Самостоятельные занятия | 36 | - |
| Курсовое проектирование | 18 | - |
| Вид промежуточной аттестации | экзамен | - |

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.

4.1 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам).

В структурном отношении дисциплина представлена следующими разделами:

Раздел 1. Предмет и задачи дисциплины «Инерциальные датчики».

Задачи и методы навигации летательных аппаратов. Инерциальный способ решения навигационной задачи. Платформенные навигационные системы. Бесплатформенные навигационные системы. Требования к точности инерциальных датчиков и их характеристики. Особенности электронных устройств, обрабатывающих сигналы инерциальных датчиков.

Раздел 2. Акселерометры. Общая характеристика. Классификация датчиков. Осевые и маятниковые акселерометры, их конструкции и

технические характеристики. Емкостные преобразователи смещения и электронные устройства для преобразования перемещений чувствительных элементов в отсчеты ускорения. Компенсация влияния поперечных ускорений и угловых ускорений на выходной сигнал. Акселерометры с «электрической» пружиной. Компенсационный акселерометр маятникового типа. Поплавковый акселерометр. Кварцевые и кремневые маятниковые акселерометры.

Раздел 3. Микромеханические акселерометры (ММА). История развития ММА. Принцип действия ММА. ММА с поступательным перемещением ЧЭ. ММА с упругим подвесом маятникового типа. Вибрационный ММА. Тепловые дрейфы ММА. Основные технические характеристики ММА. Электронные технологии производства микромеханических акселерометров: материалы, формирование тонких пленок (эпитаксия, диффузия, ионная имплантация), литография, травление и изготовление микроструктур, сборка микромеханических приборов.

Раздел 4. Гироскопические датчики угловых скоростей. Гироскопический датчик угловой скорости (ДУС), построенный на базе двухстепенного гироскопа. Гироскопический момент и правило Жуковского. Принцип действия и основные характеристики ДУС. Эффект некоммутативности конечных поворотов. Интегрирующие гироскопы. Поплавковые гироскопы: принцип построения и основные технические характеристики. Электростатические сферические гироскопы. Эффект динамической балансировки и его применение в динамически настраиваемых гироскопах

Раздел 5. Гироскопы с тремя степенями свободы. Уравнения движения трехстепенного свободного гироскопа. Трехстепенный свободный гироскоп как датчик угловой ориентации. Основные свойства 3х-степенного свободного астатического гироскопа

Раздел 6. Волновые твердотельные гироскопы (ВТГ). Инертность стоячей упругой волны, возбужденной в осесимметричной оболочке, эффект Брайана. Конструкция волнового твердотельного гироскопа и его

преимущества. Позиционный и параметрический способы возбуждения стоячих волн в осесимметричной оболочке, принципы регистрации угловой скорости и угловых перемещений. Проблема автоподстройки частоты колебаний в интегрирующем ВТГ. Требования к материалам и технологические этапы производства ВТГ.

Раздел 7. Микромеханические гироскопы (ММГ). Конструкции и принципы работы ММГ. ММГ LL-типа. ММГ RR-типа. ММГ RL-типа. ММГ камертонного типа. Проблема тепловых дрейфов в ММГ. Технологические основы производства ММГ.

Раздел 8. Оптические гироскопы. Эффект Саньяка в пассивном интерферометре. Волоконно-оптические гироскопы (ВОГ). Структурная схема ВОГ и метод несимметричной фазовой модуляции встречных волн, распространяющихся в оптическом волокне.. Основные технические характеристики ВОГ. Особенности эффекта Саньяка в кольцевом лазере, принцип действия лазерного гироскопа. Проблема синхронизации встречных волн, генерируемых кольцевым лазером: явление захвата и способы его преодоления, знакопеременная частотная подставка. Особенности активной среды кольцевого гелий-неонового лазера и проблема невзаимности генерируемых им встречных волн. Особенности частотной подставки в ЛГ на основе земановского лазера. Основные технические характеристики и преимущества ЛГ. Конструкции ЛГ. Факторы, ограничивающие точность ЛГ.

Раздел 9. Испытания инерциальных датчиков. Методики испытаний и схемы управляемых оснований для контроля статических и динамических характеристик гироскопов и акселерометров. Шумы выходного сигнала гироскопов и акселерометров, их описание с помощью вариации Аллана.

Раздел 10. Заключение. Перспективы развития инерциальных датчиков. Новые направления развития в области инерциальных датчиков и технологий. Современные перспективные типы и виды инерциальных датчиков. Перспективные направления развития гироскопического приборостроения

4.2. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

Примерный тематический план включает вариативные формы учебного процесса: лекции, практические занятия (упражнения) и лабораторные работы (ЛР), самостоятельную работу студентов (СРС в таблице) и др.

Очная форма обучения

| № п/п | Основные разделы дисциплины | Общая трудоемкость, всего часов | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | Самостоятельная работа обучающихся |
|-------|--|------------------------------------|--|----------------------|---------------------|------------------------------------|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1 | <i>Предмет и задачи дисциплины «Инерциальные датчики».</i> | 1 | 1 | - | | 2 |
| 2 | <i>Акселерометры</i> | 11 | 6 | - | | 5 |
| 3 | <i>Микромеханические акселерометры (ММА)</i> | 17 | 4 | 3 | 4 | 6 |
| 4 | <i>Гироскопические датчики угловых скоростей.</i> | 12 | 4 | 2 | - | 6 |
| 5 | <i>Гироскопы с тремя степенями свободы.</i> | 14 | 4 | 2 | - | 8 |
| 6 | <i>Волновые твердотельные гироскопы (ВТГ)</i> | 17 | 6 | 2 | - | 9 |
| 7 | <i>Микромеханические гироскопы (ММГ)</i> | 17 | 4 | 3 | 4 | 6 |
| 8 | <i>Оптические гироскопы</i> | 26 | 6 | 4 | 4 | 10 |
| 9 | <i>Испытания инерциальных датчиков</i> | 28 | 4 | 8 | 4 | 10 |
| 10 | <i>Заключение. Перспективы развития инерциальных датчиков.</i> | 1 | 1 | - | - | 2 |
| | Консультации и экзамен | 36 | | - | | 36 |
| Итого | | 180 | 40 | 24 | 16 | 100 |

4.3 Перечень лабораторных занятий

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторной работы | Трудоемкость, час |
|-------|----------------------|--|-------------------|
| 1 | | <i>Механический акселерометр</i> | 4 |
| 2 | | Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ). Схема построения. Масштабный коэффициент. Физические основы работы. Исследование сигнала (ВТГ). | 4 |
| 3 | | <i>Лазерный гироскоп. Функциональные узлы лазерного гироскопа.</i> | 4 |
| 4 | | <i>Микромеханический гироскоп.</i> | 4 |
| Итого | | | 16 |

4.4 Перечень практических занятий

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование практических занятий | Трудоемкость, час |
|-------|----------------------|---|-------------------|
| 1 | 2 | Расчет кинетической схемы микромеханических акселерометров | 2 |
| 2 | 2 | Расчет кинетической схемы микромеханических гироскопов | 3 |
| 3 | 3 | Расчет параметров оптических гироскопов | 4 |
| 4 | 3 | Исследование выходных сигналов инерциальных датчиков, полученных во время динамических испытаний | 6 |
| 5 | 4 | Исследование выходных сигналов инерциальных датчиков, полученных во время статических испытаний | 2 |
| 6 | 5 | Ускорение Кориолиса. Гироскопический момент. Методические и инструментальные погрешности датчика угловой скорости | 2 |
| Итого | | | 24 |

4.4. Перечень учебно-методического обеспечения практических занятий

1. Электронные процессы в твердом теле: учеб. пособие/ Т.А. Холомина; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. - Рязань, 2017. - 68 с. [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

2. Елифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>.

3. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : сборник задач / И.М. Анфимов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2011. — 70 с. — 978-5-87623-426-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56591.html>

4. Физика твердого тела. Методические указания к практическим занятиям. Сост. Холомина Т.А. Рязань: РГРТУ, 2006. — 40 с. [Электронный ресурс] : Методические указания к практическим занятиям / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

5 ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Наименование тем, форма отчетности и трудоемкость самостоятельных занятий обучающихся

| № п/п | № раздела | Наименование тем и вид самостоятельных занятий обучающихся | Форма контроля | Трудоемкость, час |
|-------|-----------|--|--|-------------------|
| 1 | 4.2. 2 | Акустические и механические свойства полупроводников и композиционных полупроводниковых структур. Подготовка к практическим занятиям | Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания | 12 |
| 2 | 4.2. 2 | Динамика кристаллической решетки. Электрон-фононное взаимодействие. Подготовка к практическим занятиям | Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания | 12 |
| 3 | 4.2. 3 | Многочастичные взаимодействия в полупроводниках. Подготовка к практическим занятиям | Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания | 8 |
| 4 | 4.2. 3 | Мезоскопические явления в полупроводниках и композитных структурах. Подготовка к практическим занятиям | Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания | 8 |
| 5 | 4.2. 4 | Электропроводность и эффект Холла в квазидвумерной электронной системе в квантующем магнитном поле. Целочисленный и дробный квантовые эффекты Холла. Подготовка к практическим занятиям | Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания | 7 |

| | | | | |
|-------|--------|--|--|----|
| 6 | 4.2. 5 | Модели релаксации неравновесных носителей заряда в твердом теле. Подготовка к практическим занятиям | Аналитический отчет. Результаты решения контрольных задач, ответы на тестовые задания | 7 |
| Итого | | | | 54 |

5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельных занятий

Учебные пособия, рекомендуемые для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Электронные процессы в твердом теле», содержат необходимый теоретический материал для подготовки аналитических отчетов по самостоятельной работе, другие рекомендованные пособия содержат задачи для подготовки к практическим занятиям и самостоятельного решения. Разработан комплект тестовых заданий с возможными вариантами ответов по каждому из разделов дисциплины. Результаты решения задач в форме контрольных работ и ответы на вопросы тестовых заданий контролируются преподавателем на предмет оценки формирования контролируемых компетенций (п.1).

1. Электронные процессы в твердом теле: учеб. пособие/ Т.А. Холомина; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. - Рязань, 2017. - 68 с. [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

2. Елифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>.

3. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : сборник задач / И.М. Анфимов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2011. — 70 с. — 978-5-87623-426-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56591.html>

4. Физика твердого тела. Методические указания к практическим занятиям. Сост. Холомина Т.А. Рязань: РГРТУ, 2006. – 40 с. [Электронный ресурс] : Методические указания к практическим занятиям / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Фонд оценочных средств приведен в Приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Электронные процессы в твердом теле»)

7 ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Основная учебная литература:

1. Электронные процессы в твердом теле: учеб. пособие/ Т.А. Холомина; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. - Рязань, 2017. - 68 с. [Электронный ресурс] : учебное пособие / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

2. Елифанов, Г.И. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 288 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2023>.

3. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : сборник задач / И.М. Анфимов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2011. — 70 с. — 978-5-87623-426-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56591.html>

4. Разумовская И.В. Физика твердого тела. Часть 2. Динамика кристаллической решетки. Тепловые свойства решетки [Электронный ресурс] / И.В. Разумовская. — Электрон. текстовые данные. — М. : Прометей, 2011. — 64 с. — 978-5-4263-0032-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9611.html>

5. Физика твердого тела. Методические указания к практическим занятиям. Сост. Холомина Т.А. Рязань: РГРТУ, 2006. — 40 с. [Электронный ресурс] : Методические указания к практическим занятиям / Т.А.Холомина. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <https://disk.rsreu.ru> (доступ по паролю).

7.2 Дополнительная учебная литература:

1. Орешкин П.Т. Физика полупроводников и диэлектриков.— М.: Высшая школа, 1977. — 448 с.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. — М: Высш.шк. 2005.- 496 с.

7.1 Основная учебная литература:

1. Джашидов В.Э., Панкратов В.М., Голиков А.В. Общая и прикладная теория гироскопов с применением компьютерных технологий. Под общей редакцией В.Г. Пешехонова.-СПб.:ЦНИИ "Электроприбор", 2010, 153 с.
2. Распопов В.Я. Теория гироскопических систем. Инерциальные датчики. - Тула.: ТулГУ, 2012, 252 с.
3. Алешин Б.С., Тювин А.В., Черноморский А.И., Плеханов В.Е.. Проектирование бесплатформенных инерциальных навигационных систем/Под ред. Алешина Б.С.-М.: МАИ Принт, 2010, 395 с.
4. Мельников В.Е., Мельникова Е.Н., Черноморский А.И., Гончаренко Г.Г. Датчики инерциальной информации /Под ред. Черноморского А.И. М.: МАИ Принт, 2011, 246 с.
5. Виноградов Г.М., Кривошеев С.В. Динамически настраиваемые гироскопы.- Казань.КГПУ им. А.Н. Туполева, 2008, 127 с.

7.2 Дополнительная учебная литература:

1. Пельпор Д.С. Гироскопические системы. теория гироскопов и гиросtabilизаторов.-М.:Высшая школа, 1986, 423 с.
2. Коновалов С.Ф., Никитин Е.А., Селиванова Л.М. Гироскопические системы. Проектирование гироскопических систем.-М.: Машиностроение, 1988, 215 с.
3. Бороздин В.Н. Гироскопические приборы систем управления летательными аппаратами.-М.: Машиностроение, 1990, 350 с.
4. Галкин В.И. Перспективные гироскопы летательных аппаратов.-М.:МАТИ, 2006, 179 с.
5. Матвеев В.А. Липатников В.И., Алехин А.В. Проектирование волнового твердотельного гироскопа.- М.:МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1998, 167 с.
6. Филатов Ю.В. Волоконно-оптический гироскоп.- СПб.: СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2003, 51 с.
7. Лукьянов Д.П., Филатов Ю.В. Основы квантовой гироскопии.- Л.:ЛЭТИ, 1987, 133 с.

в) программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО- ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. [nano.msu.ru>/reaseach/seminars/condensed](http://nano.msu.ru/research/seminars/condensed);
2. <http://www.lomonosov-fund.ru> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции и для уточнения тех мест, которые в конспекте оказались записаны недостаточно понятно. В конспекте каждой лекции необходимо оставлять чистое место и конспектировать в нем изученную литературу, чтобы при подготовке к текущей, промежуточной или итоговой аттестации можно было повторить всю тему. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу и самостоятельной работе.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения двух недель с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели). Расписание консультаций вывешивается на весь семестр на доске объявлений лаборатории по дисциплине. В конце консультации проводится тест по теме, при успешном прохождении которого тема считается изученной.

К каждому практическому занятию надо готовиться с помощью конспекта лекций по теме работы, изучения рекомендованной литературы и методических рекомендаций к практическим занятиям.

Методические требования к структуре аналитического отчета по самостоятельной работе:

- 1) титульный лист;
- 2) часть I – «Аналитическая часть» - анализ раздела индивидуального задания по дисциплине, формулировка актуальности темы, цели и задач разработки или исследования объекта и предмета разработки или исследования, оценка современного состояния изучаемой проблемы;
- 3) часть II - «Основная часть» - результаты выполнения основной части раздела индивидуального задания по дисциплине (обзор научно-методических информационных источников - современных научных статей и монографий по теме, выявление вопросов, требующих углубленного изучения; формирование и обоснование собственной точки зрения на рассматриваемые проблемы и возможные пути их разрешения; необходимые расчеты, моделирование и другие задания, предусмотренные темой самостоятельной работы. Материал не должен иметь только компилятивный характер, но обладать новизной, практической значимостью, отражать точку зрения автора на изучаемые проблемы и результаты проделанной работы.
- 4) часть III – «Заключение» – заключение и выводы по результатам выполненной работы;
- 5) список использованных источников;
- 6) приложения (при необходимости).

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра.

Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника», ОПОП «Нанотехнологии в электронике» при изучении магистрантами дисциплины «Электронные процессы в твердом теле» (Б1.В.03) реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой преподавателя и студента.

Изучение дисциплины предусматривает применение активных форм проведения занятий с целью формирования и развития общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций обучающихся.

При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;
- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы в домашних условиях;

Перечень лицензионного программного обеспечения:

1. операционная система Windows XP (корпоративная лицензия);
2. пакет Libre Office или иное свободно распространяемое программное обеспечение(лицензия LGPL).

При организации самостоятельной работы студентов используется комплекс учебных и учебно-методических материалов в сетевом доступе (программа, методические пособия, список рекомендуемых источников литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме и вопросы для самоконтроля).

Принятая технология обучения базируется на интерактивной работе в аудитории, когда в процессе лекций и практических занятий, дополняемых самостоятельной работой обучающихся, в том числе и с участием преподавателя, выполняется серия экспресс-заданий, совокупность которых позволяет практически применить полученные знания, развивая компетенции, предусмотренные для данной дисциплины.

Проведение ряда занятий осуществляется с использованием компьютеров и мультимедийных средств, наглядных пособий, а также раздаточных материалов.

После изучения отдельных разделов дисциплины осуществляется проведение рубежного контроля усвоения материала студентами в виде заданий, предусматривающих самостоятельное решение задач и ответов на тестовые задания.

Выбранные технологии эффективно поддерживают достижение магистрантами принятых для дисциплины «Электронные процессы в твердом теле» общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Для освоения дисциплины необходима следующая материально-техническая база.

1. Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук;
- комплект электронных презентаций/слайдов.

2. Практические занятия:

- аудитория, оснащенная ПК, для проведения необходимых расчетов и тестового контроля текущей успеваемости.

Программу составили

к.т.н., доц. кафедры ЭП

Базылев В.К.

Вопросы для подготовки к экзамену/зачету:

1. Основные навигационные параметры и параметры угловой ориентации летательного аппарата
2. Проекция производной момента количества движения тела на оси вращающейся системы координат. Локальная производная.
3. Гироскопический моменту Примеры возникновения.
4. Вывод уравнений движения трехстепенного гироскопа на основе принципа Даламбера.
5. Нутация свободного гироскопа
6. Прецессия свободного гироскопа
7. Основные свойства трехстепенного гироскопа
8. Свободный гироскоп как измеритель угла рыскания. Схема, модель.
9. Свободный гироскоп как измеритель углов крена и тангажа. Схема, модель.
10. Методические погрешности свободного гироскопа как измерителя углов ориентации.
11. Инструментальные дрейфы свободного гироскопа.
12. Принцип равножесткости конструкции гироскопа.
13. Гироскопический компас. Схема построения. Физическая картина обеспечения избирательности гироскопа по отношению к плоскости меридиана.
14. Гироскопический компас. Методические погрешности.
15. Гироскопический компас, невозмущаемый силами инерции.
16. Гироскопический орбитант.
17. Гироскопическая вертикаль. Схема построения. Физическая картина обеспечения избирательности к вертикали места.
18. Погрешности гироскопической вертикали.
19. Двухстепенный гироскоп. Обобщенная схема. Измерительные функции.
20. Двухстепенный гироскоп. Силовое воздействие на основание.
21. Двухстепенный датчик угловой скорости. Схемы построения. Физические основы работы. Источники погрешностей.
22. Динамически настраиваемый гироскоп. Схема построения. Физические основы работы.
23. Принцип динамической настройки в гироскопах с внутренним кардановым подвешиванием.
24. Микромеханические гироскопы. Схема построения. Физические основы работы.
25. Волновой твердотельный гироскоп. Схема построения. Масштабный коэффициент. Физические основы работы.
26. Волновой твердотельный гироскоп. Система съема информации.
27. Электростатический гироскоп. Схема построения. Физические основы работы.
28. Электростатический гироскоп. Варианты электрического подвеса ротора.

29. Электростатический гироскоп. Источники погрешностей.
30. Эффект Саньяка. в кольцевых оптических гироскопах.
31. Лазерный гироскоп. Кольцевой оптический квантовый генератор. Масштабный коэффициент.
32. Лазерный гироскоп. Основные функциональные узлы.
33. Волоконно-оптический гироскоп. Схема построения и физические основы работы.
34. Волоконно-оптический гироскоп. Основные функциональные узлы.
35. Сравнительные характеристики измерительных функций лазерного и волоконно-оптического гироскопов.