

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ПРИБОРЫ НАВИГАЦИИ»**

для подготовки аспирантов

по направлению

12.06.01 – «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы  
и технологии»

по направленности

05.11.03 – «Приборы навигации»

Санкт-Петербург

2018

## **СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

№№ учебных планов:	8912030
Обеспечивающий факультет:	ФИБС
Обеспечивающая кафедра:	ЛИНС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	3
Курс	4
Семестр	8

### **Виды занятий**

Лекции (академ. часов)	2
Все аудиторные (контактные) занятия (академ. часов)	2
Самостоятельная работа (академ. часов)	106
Всего (академ. часов)	108

### **Вид промежуточной аттестации**

Экзамен (семестр)	8
-------------------	---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЛИНС  
27.04.18 г., протокол № 4..

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией факультета ИБС 30.05.18 г., протокол № 6.

## **АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРИБОРЫ НАВИГАЦИИ»**

Подготовка к кандидатскому экзамену по дисциплине «Приборы навигации» и его успешная сдача представляет собой вид деятельности аспирантов по осуществлению учебно-образовательного процесса в высшей школе, включающего проведение самостоятельной учебно-научной деятельности и исследований по теме выпускной научной квалификационной работы (диссертации) в соответствии с индивидуальным планом ее подготовки.

## **SUBJECT SUMMARY «NAVIGATION DEVICES»**

Preparation to candidate examination on the subject "Navigation devices" and its successful completion is a type of postgraduate activity for the implementation of the educational process in higher education, including the conduct of independent educational-scientific activities and research on the theme of scientific qualification work (dissertation) in accordance with the individual plan of preparation.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цель преподавания дисциплины – формирование профессиональных компетенций для последующей деятельности выпускника аспирантуры в области приборов навигации.

1. Изучение и закрепление теоретических знаний, умений и навыков, полученных аспирантами в процессе изучения специальных дисциплин и подготовке выпускной научной квалификационной работы (диссертации).

2. Формирование творческого мышления на основе образовательной подготовки и владения полученными знаниями, умениями и навыками для самостоятельной постановки и решения научно-исследовательских задач.

3. Освоение практических навыков научно-методической работы, использования новых технологий исследования, умения структурировать и предъявлять научный материал.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ОПОП.

Настоящая программа составлена на основе «Программы кандидатских экзаменов по истории и философии науки, иностранному языку и специальным дисциплинам», утвержденной приказом Минобрнауки России от 8 октября 2007 г. № 274 (зарегистрирован Минюстом России 19 октября 2007 г., регистрационный № 10363).

## **МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Приборы навигации» относится к вариативной части ОПОП. Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «История и философия науки»
2. «Метрологический анализ научных исследований»
3. «Компьютерные технологии в образовании и представлении знаний»
4. «Моделирование измерительных и навигационных систем»

и обеспечивает подготовку выпускной научной квалификационной работы (диссертации).

## **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Введение (4 академ. час)**

Содержание, цель и значение дисциплины в подготовке аспирантов, ее связь с другими дисциплинами и подготовкой кандидатской диссертации. Общая классификация решаемых задач.

### **Тема 1 Теория гироскопа с вращающимся ротором (20 академ. часов)**

Основные свойства гироскопов с тремя и двумя степенями свободы. Теория гиромаятника. Невозмущаемый гиромаятник. Гироскоп в кардановом подвесе. Точная теория движения гироскопа. Интерпретация движения на картинной плоскости. Методы интегрирования уравнений движения гироскопа. Гироскоп в кардановом подвесе на подвижном основании (линейные ускорения и вибрации, угловые вибрации); влияние моментов трения, остаточной несбалансированности. Карданные погрешности. Силы и моменты, действующие на гироскоп, их вероятностные характеристики. Методы автокомпенсации погрешностей гироскопов. Структурные схемы, передаточные функции, частотные характеристики гироскопа.

### **Тема 2. Гироскопические приборы (20 академ. часов)**

Классификация гироскопических приборов. Гироскопические приборы с тремя степенями свободы. Свободные гироскопы, гирогоризонт, гировертиканты, гироинтегратор линейных ускорений, гирокоординатор; схемы, уравнения движения, погрешности.

Гироскопические приборы с двумя степенями свободы. Основные схемы датчиков угловых скоростей (ДУС). Уравнения движения и передаточные функции. Особенности схем, основные расчетные соотношения и основные погрешности. Гироскопы Фуко первого и второго рода и их применение. Интегрирующие гироскопы (ИГ). Уравнения движения, передаточные функции, ди-

намические характеристики ИГ. Поплавковые интегрирующие гироскопы (ПИГ); определение собственной скорости прецессии ПИГ и ее составляющих. Динамически настраиваемые гироскопы. Принципы построения. Физический смысл динамической настройки. Уравнения движения, модель погрешностей.

Лазерные гироскопы (ЛГ). Эффект Саньяка. Принципы работы газового гелий-неонового лазера. Кольцевой оптический резонатор, система съема информации, системы подставки, системы накачки ЛГ. Погрешности ЛГ.

Волоконно-оптические гироскопы (ВОГ). Принципы и схемы построения. Основные функциональные элементы. Погрешности ВОГ.

Волновой твердотельный гироскоп (ВТГ). Физический эффект инертности упругих волн. Схемы построения ВТГ, основные функциональные узлы. Системы съема и обработки информации, принципы стабилизации амплитуды вибраций, фазовой автоподстройки частоты, коррекции собственных осей жесткости. Погрешности ВТГ.

Гироскопы со сферическим неконтактным электромагнитным подвесом ротора. Характерные типы подвесов. Основные подсистемы. Погрешности. Микромеханические гироскопы. Схемы построения. Особенности математических моделей, погрешности.

### **Тема 3. Акселерометры и гравиметры (20 академ. часов)**

Особенности измерения линейных и угловых ускорений. Классификация акселерометров. Акселерометры прямого действия и компенсационного типа. Осевые и маятниковые акселерометры. Интегрирующие, струнные, кварцевые, микромеханические акселерометры; математические модели и структурные схемы. Демпфирование чувствительных элементов. Работа на вибрирующем основании. Частотные характеристики.

Назначение гравиметров. Принципы построения и классификация гравиметров. Гравиметры для работы на подвижном основании; основные характеристики, погрешности измерений. Перспективы построения гравитационных

градиентометров. Метрологическое обеспечение. Методы испытаний акселерометров и гравиметров и стенды для их реализации.

#### **Тема 4. Гирокопические стабилизаторы (20 академ. часов)**

Одноосные гирокопические стабилизаторы (ГС). Уравнения движения, структурные схемы и передаточные функции силового и индикаторно-силового ГС. Свободное и вынужденное движение ГС. Динамические характеристики ГС. Выбор параметров ГС из условия обеспечения заданных динамических характеристик. Определение собственной скорости прецессии ГС на неподвижном и подвижном основаниях. Влияние нелинейностей (моментов, трения, люфтов и др.) на динамику ГС. Динамические погрешности ГС. Исследование ГС при случайном характере возмущений. Типовые схемы ГС, их применение.

Двухосные ГС. Уравнения движения; их анализ. Структурные схемы и передаточные функции, устойчивость ГС. Влияние связи между каналами на динамические характеристики ГС. Свободное и вынужденное движения. Основные погрешности двухосного ГС. Движение платформы ГС при гармонических и случайных колебаниях основания. Типовые схемы двухосного ГС, их применение.

Трехосные ГС. Уравнения движения силового ГС, индикаторно-силового ГС с интегрирующими гирокопами, с ДУС, с астатическими, динамически настраиваемыми, вибрационными и лазерными гирокопами. Свободное и вынужденное движение платформы. Влияние связей между каналами на величину собственной скорости прецессии и выбор параметров ГС. Невыбиваемые ГС.

#### **Тема 5. Гировертикали и курсовые гирокопические системы (20 академ. часов)**

Гировертикали (ГВ). Методы определения направления истинной вертикали на подвижном объекте. Схемы маятниковых ГВ. Уравнения движения, по-

грешности ГВ и их статистический анализ. Способы повышения точности ГВ. Невыбиваемая ГВ.

Двухгирокопные и четырехгирокопные силовые ГВ. Уравнения движения ГВ типа ЦГВ, погрешности силовых ГВ. Гировертикали с интегральной коррекцией. Условия настройки на период 84,4 мин. Определение курса на подвижном объекте. Указатель направления ортодромии (УНО). Уравнения движения и погрешности УНО на подвижном основании. Способы уменьшения погрешностей и начальная выставка УНО.

Курсовертикаль. Трехгирокопная курсовертикаль с силовой стабилизацией. Уравнения движения, передаточные функции, их анализ; погрешности. Трехгирокопная курсовертикаль на поплавковых гироскопах. Двухгирокопная гировертикаль на поплавковых гироскопах. Двухгирокопная курсовертикаль с астатическим гироскопом.

Синтез гироскопических систем. Методы построения гироскопических систем, обладающих оптимальными динамическими характеристиками. Системный подход к выбору схемы гirosистемы с учетом из назначения объекта, точности, надежности, габаритов, экономических показателей и т. д. Принципы моделирования и синтеза гироскопических систем с помощью ЭВМ.

### **Заключение (4 академ. час)**

Перспективы развития приборов навигации.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Перечень основной и дополнительной учебной литературы,**  
**необходимой для освоения дисциплины**

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
Основная литература			
1	Прикладная теория гироскопов/Д.П.Лукьянов, В.Я.Распопов, Ю.В.Филатов – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2015. – 316 с.	8	15
2	Давыдов В.Б., Подгорная Л.Н., Ткаченко А.Н. Приборы навигации и их метрологическое обеспечение. Учеб.пособие. СПб.:Изд.СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 40 с.	8	10
Дополнительная литература			
1	Одинцов А.А. Теория и расчет гироскопических приборов. Учебник. - Киев: Высшая школа, 1985.-392 с.	8	21
2	Гироскопические системы. Ч.2. Гироскопические приборы и системы/Под ред. Пельпора Д.С. - М.: Высшая школа, 1988. - 424с.	8	6
3	Давыдов В.Б., Торопов Ю.А. Практикум по теории гироскопических устройств/ЛЭТИ.-С.-Пб.,1992	8	61
4	Давыдов В.Б., Торопов Ю.А. Практикум по дисциплине «Приборы навигации и ориентации» /ЛЭТИ.-С.-Пб., 1992	8	59
5	Гироскопические системы. Ч.3. Элементы гироскопических приборов/Под ред. Пельпора Д.С. Учебн.пособие. - М.: Высшая школа, 1988.-452с.	8	30

Зав. отделом учебной литературы  Т.В. Киселева

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети  
«Интернет», используемых при освоении дисциплины**

№	Электронный адрес
1	Научная электронная библиотека. Режим доступа <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>

Информационные технологии (операционные системы, программное обеспечение общего и специализированного назначения, а также информаци-

онные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Описание информационных технологий и материально-технической базы приведено в УМКД дисциплины.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине и методика текущего контроля содержатся в учебно-методическом комплексе дисциплины.

Конкретные формы и процедуры текущего контроля знаний и промежуточной аттестации, включая перечень экзаменационных вопросов, а также методические указания для обучающихся по самостоятельной работе при освоении дисциплин (содержащиеся в ОПОП) доводятся до сведения обучающихся на первом занятии.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

### Разработчик

к.т.н., доц.



Шевченко С.Ю.

### Рецензент

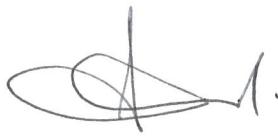
к.т.н., доцент



Давыдов В.Б.

### Зав. каф. ЛИНС

д.т.н., проф.



Филатов Ю.В.

### Декан ФИБС

д.т.н., проф.



Боронахин А.М.

### Согласовано

### Председатель УМК ФИБС

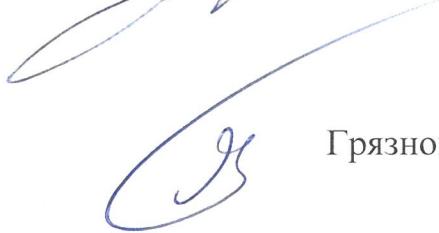
к.т.н., доц.



Буканин В.А.

### Начальник МО

д.т.н., проф.



Грязнов А.Ю.

### Заведующий ОДА

к.ф.-м.н.



Кучерова О.В.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ