

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ  
для подготовки аспирантов  
по направлению

12.06.01 – «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы  
и технологии»  
по направленности  
«Приборы навигации»

Санкт-Петербург

2018

## **СТРУКТУРА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

№ учебного плана:	8912030	8912033
Обеспечивающий факультет:	ФИБС	ФИБС
Обеспечивающая кафедра:	ЛИНС	ЛИНС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	9	9
Курс	4	5
Семестр	8	10

### **Виды занятий**

Самостоятельная работа (академ. часов)	324	324
Всего (академ. часов)	324	324

### **Вид аттестации**

Государственный экзамен

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации)

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 30.05.16 г., протокол № 6.

## **ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Государственная итоговая аттестация включает государственный экзамен, а также представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации). Государственная итоговая аттестация является заключительным этапом освоения основной образовательной программы аспирантуры.

В ходе государственной итоговой аттестации устанавливается уровень подготовки выпускника высшего учебного заведения к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям стандарта.

### **SUMMARY STATE FINAL ATTESTATION**

The state final attestation includes the state examination, as well as presenting a scientific report on the main results of the prepared graduation qualification work. The State final attestation is the final stage of mastering the basic educational program of postgraduate study.

The training level of graduates for performance of their professional tasks and compliance of their training with the requirements of the State Standard are assessed in the course of the State final attestation.

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Основной целью государственной итоговой аттестации является оценка уровня подготовки выпускника высшего учебного заведения к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям стандарта.

Государственный экзамен демонстрирует уровень теоретической подготовки выпускника.

Научно-квалификационная работа (диссертация) демонстрирует уровень подготовленности выпускника к самостоятельной профессиональной деятельности.

Перечень компетенций, в формировании которых участвует государственная итоговая аттестация, приведен в матрице компетенций, прилагаемой к ОПОП.

## **МЕСТО ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Государственная итоговая аттестация осуществляется после освоения ОПОП в полном объеме, а также имеет целью закрепление профессиональных знаний и практических навыков ведения самостоятельной научно-исследовательской, производственно-технологической и организационно-управленческой работы, полученных аспирантами в процессе обучения.

В ходе государственной итоговой аттестации устанавливается уровень подготовки выпускника высшего учебного заведения к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям стандарта.

## **СОДЕРЖАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Государственная итоговая аттестация осуществляется в соответствии с «Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программ ординатуры, программ ассистентуры-стажировки», утвержденным Приказом Минобрнауки России от 18 марта 2016 г № 227.

К государственной итоговой аттестации допускается аспирант, не имеющий академической задолженности и в полном объеме выполнивший учебный план или индивидуальный учебный план по соответствующей образовательной программе высшего образования.

**Государственный экзамен** проводится как междисциплинарный или по отдельным дисциплинам, результаты освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников (перечень вопросов к государственному экзамену – приложение 1). Перед проведением государственного экзамена проводится консультирование аспирантов по вопросам, включенным в программу экзамена (предэкзаменационная консультация). Состав государственной экзаменационной комиссии и порядок ее работы определяются «Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программ ординатуры, программ ассистентуры-стажировки». Государственный экзамен проводится устно.

Результаты государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания. Результаты государственного экзамена объявляются в день его проведения.

**Научно-квалификационная работа (НКР)** представляет собой логически завершённую разработку, направленную на решение задачи в соответствии с видами профессиональной деятельности, определёнными ФГОС ВО, обладающую внутренним единством составных элементов. Она может иметь комплексный характер, сочетающий в себе особенности, характерные для различных видов деятельности, и должна продемонстрировать готовность выпускника к самостоятельному решению профессиональных задач в области приборов навигации.

Тематика НКР должна соответствовать специфике подготовки, быть актуальной, отвечать современному состоянию науки, техники и технологий. Тема НКР определяется выпускающей кафедрой.

НКР основывается на результатах, полученных в период обучения по образовательной программе.

Правила оформления доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы «Требованиями к оформлению доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы», принятыми в СПбГЭТУ «ЛЭТИ».

Аспирант несёт личную ответственность за достоверность полученных им результатов и выполнение сроков календарного плана.

При представлении доклада об основных результатах подготовленной НКР выпускник должен показать глубокие знания проблематики, самостоятельность и оригинальность мышления, навыки ведения дискуссии, изложения и защиты своей точки зрения, умение мобилизовать имеющиеся знания при обсуждении актуальных проблем, связанных с темой НКР.

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) оценивается Государственной экзаменационной комиссией с учетом мнения научного руководителя и рецензента по следующим параметрам: содержание и оформление работы; уровень доклада; последовательность работы над НКР. Для оценки содержания необходимо учитывать: соответствие работы требованиям ФГОС ВО, полноту ох-

вата исследуемой проблемы, глубину анализа и умение методически грамотно выносить на защиту материалы НКР. Результаты представления доклада об основных результатах подготовленной НКР определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное представление доклада об основных результатах подготовленной НКР.

Успешное прохождение государственной итоговой аттестации является основанием для выдачи обучающемуся документа о высшем образовании и о квалификации образца, установленного Министерством образования и науки Российской Федерации.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

**Перечень основной и дополнительной учебной литературы,  
необходимой для проведения государственной итоговой аттестации**

№	Название, библиографическое описание	Семестр	К-во экз. в библ. (на каф.)
Основная литература			
1	Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем: Учеб. пособие. СПб. ГНЦ РФ ОАО «Концерн ЦНИИ» Электроприбор», 2009.	10	15
2	Гупалов В.И., Мочалов А.В., Боронахин А.М. Инерциальные методы и средства определения параметров движения объектов и свойств рельсового пути: Учебное пособие/ ГЭТУ.-С.Пб., 2003.-144 с.	10	95
3	Инерциальные навигационные системы морских объектов/Д.П. Лукьянов, А.В. Мочалов, А.А. Одинцов, И.Б. Вайсгант; под.ред. Д.П.Лукьянова. –Л.: Судостроение, 1989.– 184 с.	10	18 (5)
4	Боронахин А.М., Подгорная Л.Н., Ткаченко А.Н., Шалымов Р.В. Интегрированные системы навигации: Учебное пособие. -С.Пб.: Изд. ГЭТУ, 2013.- 40 с.	10	8 (20)
5	Д.П. Лукьянов, В.Я. Распопов, Ю.В. Филатов. Приклад- ная теория гирокомпасов. - СПб: ГНЦ РФ ОАО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор", 2015. - 316 с.	10	15 (3)
6	Метрология, стандартизация и сертификация. Ред. В.В.Алексеев, М., изд. Центр “Академия”, 2007	10	1495 (1)
7	Цветков Э.И. Основы математической метрологии. Изд. “Политехника”, СПБ, 2005.	10	50
8	Афанасьев В.В., Маринич А.Н., Пришотнюк А.В., Усти- нов Ю.М. Судовые радионавигационные системы: учеб- ник / под ред. Ю.М. Юстинова. - Москва: Проспект, 2010. - 312 с.	10	7 (3)
9	Соловьев Ю.А. Спутниковая навигация и ее приложения. - М.: ЭКО- ТРЕНДЗ, 2003. -326 с.	10	10 (0)
Дополнительная литература			
1	Романов В.Н., Соболев В.С., Цветков Э.И. Интеллекту- альные средства измерений / Под ред. Э. Цветкова. М.: РИЦ «Татьянин день», 1994. 280 с.	10	4(1)
2	Цветков. Э. И. Алгоритмические основы измерений. Энергоатомиздат, СПб, 1992г.	10	2(1)

3	Распопов В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2007. - 400с., ил.	10	10 (0)
4	Лукьянов Д.П., В.Я. Распопов, Ю.В. Филатов. Микромеханические навигационные приборы: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. 204 с.	10	85 (0)
5	Распопов В.Я. Микромеханические приборы: учебное пособие. - М.: Машиностроение, 2007. - 400с., ил.	10	10 (0)
6	Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движения судов. Учебник . СПб, «Элмор», 2002. – 360 с.	10	34
7	Инерциальные навигационные систем морских объектов / Д.П. Лукьянов, А.В. Мочалов, А.А. Одинцов, И.Б. Вайсгант.-Л.: Судостроение, 1989.-184 с.	10	18 (0)
8	Лукьянов Д.П., Мочалов А.В., Филатов Ю.В. Лазерные инерциальные системы. Учебн. пособие/ЛЭТИ.-Л., 1995.	10	68 (0)
9	Микромеханические приборы: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тул. гос. университет, Московский гос. технологический ун-т им. К.Э.Циолковского. – Тула: Гриф и К, 2004 -476 с.	10	нет (4)
10	Анучин О.Н., Емельянцев Г.И. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов/Под общей ред. чл.-кор. РАН В.Г. Пешехонова.- СПб., ГНЦ РФ- ЦНИИ "Электроприбор".- 1999.- 357 с. ISBN 5-90780-22-8.	10	нет (5)
11	Инерциальные и интегрированные навигационные системы: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Инерциальные навигационные системы» / Сост.: Г.И. Емельянце. СПб.: Изд-во ЦНИИ Электроприбор, 2005. - 22 с.	10	нет (15)

Зав. отделом учебной литературы  Т.В. Киселева

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых для государственной итоговой аттестации

№	Электронный адрес
1	http://libgost.ru/gost/25-GOST_7_32_2001.html ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

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

онные справочные системы) и материально-техническая база, используемые при государственной итоговой аттестации, соответствуют требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**Разработчик**

к.т.н., доц.



Швченко 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.

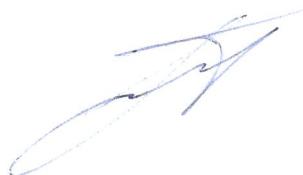


Боронахин А.М.

**Согласовано**

**Председатель УМК ФИБС**

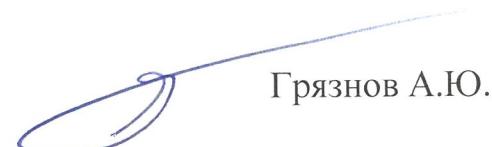
к.т.н., доц.



Буканин В.А.

**Начальник МО**

д.т.н., проф.



Грязнов А.Ю.

**Заведующий ОДА**

к.ф.-м.н.



Кучерова О.В.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

## ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Основные теоремы и положения теоретической механики, используемые при исследовании симметричного быстровращающегося гироскопа. Методы составления дифференциальных уравнений движения гироскопа.
2. Основные свойства гироскопов с тремя и двумя степенями свободы. Теория гиромаятника. Невозмущаемый гиромаятник.
3. 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.
4. Кардановые погрешности. Силы и моменты, действующие на гироскоп, их вероятностные характеристики. Методы автокомпенсации погрешностей гироскопов. Структурные схемы, передаточные функции, частотные характеристики гироскопа.
5. Классификация гироскопических приборов. Гироскопические приборы с тремя степенями свободы. Свободные гироскопы, гирогоризонт, гировертикант, гироинтегратор линейных ускорений, гирокоординатор; схемы, уравнения движения, погрешности.
6. Определение курса на подвижном объекте. Гирополукомпас (ГПК). Уравнения движения ГПК, погрешности, способы уменьшения погрешностей.
7. Гироскопический компас (ГК). Уравнения движения простого маятникового ГК; их анализ. Погрешности ГК на подвижном основании с учетом случайных возмущений и способы их уменьшения.

8. Схемы двухроторного и пространственного ГК. Уравнения движения, их анализ. Условия настройки на период 84,4 мин. Гирогоризонткомпас и гирошироткомпас.
9. Гироорбитант. Уравнения движения, передаточные функции, их анализ, погрешности, динамические характеристики.
- 10.Гирокопические приборы с двумя степенями свободы. Основные схемы датчиков угловых скоростей (ДУС). Уравнения движения и передаточные функции. Особенности схем, основные расчетные соотношения и основные погрешности.
- 11.Гирокопы ФУКО первого и второго рода и их применение.
- 12.Интегрирующие гирокопы (ИГ). Уравнения движения, передаточные функции, динамические характеристики ИГ.
- 13.Поплавковые интегрирующие гирокопы (ПИГ); определение собственной скорости прецессии ПИГ и ее составляющих.
- 14.Динамически настраиваемые гирокопы. Принципы построения. Физический смысл динамической настройки. Уравнения движения, модель погрешностей.
- 15.Лазерные гирокопы (ЛГ). Эффект Саньяка. Принципы работы газового гелий-неонового лазера. Кольцевой оптический резонатор, система съема информации, системы подставки, системы накачки ЛГ. Погрешности ЛГ.
- 16.Волоконно-оптические гирокопы (ВОГ). Принципы и схемы построения. Основные функциональные элементы. Погрешности ВОГ.
- 17.Волновой твердотельный гирокоп (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.
- 18.Гирокопы со сферическим неконтактным электромагнитным подвесом ротора. Характерные типы подвесов. Основные подсистемы. По-

грешности. Микромеханические гироскопы. Схемы построения. Особенности математических моделей, погрешности.

19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.

23. Трехосные ГС. Уравнения движения силового ГС, индикаторно-силового ГС с интегрирующими гироскопами, с ДУС, с астатическими, динамически настраиваемыми, вибрационными и лазерными гироскопами. Свободное и вынужденное движение платформы. Влияние связей между каналами на величину собственной скорости прецессии и выбор параметров ГС. Невыбиваемые ГС.
24. Самоориентирующиеся ГС. Типовые схемы ГС и их применение. Применение ЭВМ для анализа динамики и синтеза параметров ГС по критерию оптимизации функции цели.
25. Метрологическое обеспечение, методы испытаний и динамические стенды для отработки и типовых поверок ГС.
26. Гировертикали (ГВ). Методы определения направления истинной вертикали на подвижном объекте. Схемы маятниковых ГВ. Уравнения движения, погрешности ГВ и их статистический анализ. Способы повышения точности ГВ. Невыбиваемая ГВ.
27. Двухгироскопные и четырехгироскопные 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.
28. Курсовертикаль. Трехгироскопная курсовертикаль с силовой стабилизацией. Уравнения движения, передаточные функции, их анализ; погрешности. Трехгироскопная курсовертикаль на поплавковых гироскопах. Двухгироскопная гировертикаль на поплавковых гироскопах. Двухгироскопная курсовертикаль с астатическим гироскопом.
29. Синтез гироскопических систем. Методы построения гироскопических систем, обладающих оптимальными динамическими характеристиками. Системный подход к выбору схемы гиросистемы с учетом из-

значения объекта, точности, надежности, габаритов, экономических показателей и т. д. Принципы моделирования и синтеза гироскопических систем с помощью ЭВМ.

30. Элементы электромеханических гироскопов и акселерометров: гиromоторы; электропривод головок самонаведения (трехстепенные электрические машины); подвесы: кардановые, упругие, сферические шарикоподшипниковые, жидкостные, газовые (статические и динамические); электромагнитные, электростатические. Шарикоподшипниковые опоры. Опоры скольжения. Датчики угла, силы и момента. Двигатели стабилизации. Токопередающие устройства, демпферы, арретиры и др. Элементы импульсных гироскопов. Устройства разгрузки элементов подвеса от больших перегрузок.

31. Элементы оптических гироскопов: оптические резонаторы, оптическое волокно, лазеры, фотоприемники, поляризаторы, магнито-, акусто- и электрооптические преобразователи и др. Элементы микромеханических гироскопов и акселерометров. Основные технологические приемы изготовления чувствительных элементов. Характерные конструктивные решения, методы расчета, характеристики. Экспериментальные исследования элементов, методы и средства их реализации.

32. Методы навигации и общая классификация навигационных систем. Навигационные параметры. Фигура Земли и аппроксимирующие поверхности. Гравитационное поле Земли и поле силы тяжести. Виды вертикалей и широт. Выражения для проекции вектора гравитационного ускорения на оси горизонтальной и экваториальной систем координат. Магнитное поле Земли и его математическое представление. Использование магнитного поля в навигации. Системы координат, используемые для решения задач навигации. Матрица направляющих косинусов и решение задачи пересчета информации.

33. Приборы и системы, реализующие позиционный метод навигации: астрономические навигационные приборы (секстанты, астрокомпасы,

астроориентаторы, приборы дневной и радиовидимости звезд); радиотехнические навигационные приборы и системы (особенности распространения радиоволн, способы определения координат места, радиолокационные станции, спутниковые навигационные системы, радио высотомеры); гидроакустические навигационные приборы (распространение акустических волн в воде, гидроакустические преобразователи (эхолоты и эхоледомеры), гидролокаторы, гидроакустические навигационные системы.

34. Приборы и системы, реализующие метод счисления пути: гидродинамические, индукционные, радиодоплеровские лаги, гидроакустические абсолютные корреляционные лаги, дрейфомеры, геомагнитные измерители скорости течений. Системы счисления пути. Корреляционно-экстремальные системы навигации. Основные схемы и конструктивные решения. Методы расчета основных характеристик. Методы и технологии искусственного интеллекта в навигации. Адаптивные системы, экспертные системы и нейросетевые технологии в навигации. Типы и свойства нейросетей. Метрологическая аттестация средств навигации.

35. Принципы построения и классификация инерциальных навигационных систем (ИНС). Инерциальные навигационные системы геометрического, полуаналитического типа; аналитического типа с гиростабилизированной платформой, бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС).

36. Основное уравнение идеальной работы ИНС платформенного типа и его реализация при работе ИНС в географической, ортодромной и ортополярной сферических системах координат. Учет несферичности Земли и модели ее гравитационного поля. Принцип интегральной коррекции и его применение при построении ИНС. Начальная выставка платформенных ИНС.

37. Специфика построения БИНС в зависимости от применяемых измерителей параметров ориентации подвижного объекта. Промежуточные параметры ориентации – параметры Родрига–Гамильтона, векторы конечного и истинного поворота, кватернионы. Построение алгоритма решения задачи ориентации при использовании промежуточных параметров.
38. Численные алгоритмы ИНС и БИНС. Начальная выставка ИНС и БИНС. Анализ точностных характеристик ИНС и БИНС. Уравнения ошибок. Применение ЭВМ при решении задач проектирования ИНС и БИНС.
39. Использование дополнительной информации о параметрах навигации для демпфирования и коррекции ИНС. Методы комплексирования. Общие положения теории корректируемых систем; непрерывная и периодическая коррекция. Гирокомпасирование с использованием оптимального фильтра. Коррекция ИНС с помощью скоростной, позиционной и угловой информации.
40. Статистическая обработка сигналов в комплексных навигационных системах, основные погрешности и способы их анализа с применением ЭВМ.
41. Общие принципы построения спутниковых навигационных систем (СНС). Наземный, космический и пользовательский сегменты систем. Основные характеристики систем ГЛОНАСС и GPS.
42. Способы навигационных определений в спутниковых системах навигации и методы разделения сигналов спутников в системах. Основные источники погрешностей в СНС и методы их учета и компенсации. Кодовые и допплеровские измерения.
43. Обобщенная структура спутникового навигационного приемника. Дифференциальный и относительный режимы измерений в СНС. Перспективы использования СНС в авиакосмических приложениях.

44. Задачи, решаемые системами ориентации и стабилизации космических летательных аппаратов (КЛА). Принципы и схемы построения активных систем и непосредственных гирокопических стабилизаторов КЛА. Условия работоспособности непосредственных гиростабилизаторов и их основные характеристики. Метод связывания скрытого кинетического момента с корпусом КЛА. Гиродины, гравитационно-гирокопическая стабилизация КЛА.
45. Пилотажно-навигационные комплексы (ПНК) как информационно-измерительная и управляющая сложная система. Критерии эффективности ПНК. Функциональная архитектура ПНК, включающая подсистемы: навигационный комплекс, управляющий комплекс, бортовую систему обмена и передачи информации, систему отображения информации, вычислительный комплекс. Основные характеристики подсистем.
46. Алгоритмическое и программное обеспечение комплекса. Обобщенная структура алгоритмического обеспечения ПНК. Особенности бортовых алгоритмов с учетом ограничений БЦВМ. Особенности построения дискретных алгоритмов оптимальной фильтрации. Субоптимальные дискретные фильтры в структуре ПНК.
47. Алгоритмы диагностики и контроля ПНК и его подсистем. Локализация и исключение отказов. Модели исследования ПНК – динамические, оптимизационные, имитационные, семиотические, адекватные теории оптимальных минимаксных динамических систем. Задачи, решаемые на базе этих моделей. Технические и социально-экономические основы построения критериев эффективности сложных систем ПНК и комплексных навигационных систем.
48. Физические величины (ФВ). Методы и средства идентификации ФВ (прямые, косвенные, методы сравнения). Эталоны ФВ. Методы и способы оценки достоверности измерения ФВ. Истинное значение ФВ, точность (погрешность) измерения.

49. Измерительные преобразователи (ИП), назначение, основные характеристики. Формы представления выходного сигнала (аналоговая, частотная, цифровая). Методы и средства взаимного преобразования сигналов (аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи), качественные показатели (быстродействие, точность, разрядность, энергоемкость и др.). Расчет статических и динамических характеристик ИП.
50. Измерительные цепи прямого преобразования и уравновешивания (статического, астатического, развертывающего). Измерительные цепи цифровых ИП.
51. Классификация погрешностей. Причины возникновения и основные составляющие статических и динамических погрешностей. Методы анализа точности и повышения точности ИП (структурные, алгоритмические; комплексирование; принцип инвариантности).
52. Надежность ИП. Расчет показателей надежности и методы повышения надежности ИП.
53. Цифровые методы и средства анализа метрологических характеристик сигналов с использованием современных программных и аппаратных средств ЭВМ. Методы оценки количественных и качественных характеристик выходных сигналов ИП с использованием вероятностных критериев.
54. Статистическое описание случайных процессов. Статистические характеристики случайных процессов. Стационарность случайных процессов. Понятие белого шума. Наиболее употребительные законы распределения. Предельные теоремы.
55. Статистический анализ точности линейных систем. Преобразование случайных входных сигналов элементарными звеньями. Определение статистических характеристик выходных сигналов многомерных систем во времени и в частотном представлении.
56. Формирование случайных процессов с заданными характеристиками. Применение формирующих фильтров. Использование методов моде-

лирования случайных процессов на ЭВМ. Экспериментальные методы определения статистических характеристик случайных процессов.

57. Оптимальные линейные системы. Статистические критерии оптимальности и их особенности. Необходимое и достаточное условие оптимальности. Решение задачи оптимальной фильтрации методом Винера.
58. Постановка задачи оптимальной фильтрации Калмана и Бьюси. Алгоритм оптимального фильтра Калмана—Бьюси и его особенности.
59. Нелинейная калмановская фильтрация и ее особенности.
60. Методы гарантирующего оценивания. Метод эллипсоидов. Метод апертурного оценивания. Достоинства и недостатки методов гарантирующего оценивания по сравнению со статистическими.