


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Радиотехнических систем»

«СОГЛАСОВАНО»


Декан факультета ФРТ

 / И.С. Холопов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г

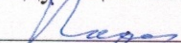


«СВЕРЖДАЮ»

Директор РОПиМД

 / А.В. Корячко  
\_\_\_\_\_ 2020 г

Заведующий кафедрой РТУ

 / Ю.Н. Паршин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.19 «Инерциальные радионавигационные системы»

Направление подготовки

11.05.01. «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Направленность (профиль) подготовки

«Радионавигационные системы и комплексы»

Уровень подготовки  
специалитет

Квалификация выпускника – инженер

Формы обучения – очная

Рязань 2020 г

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» профиль «Радионавигационные системы и комплексы», утвержденного 9 февраля 2018 г.

Разработчик

доцент кафедры радиотехнических систем, к.т.н. Белокуров Владимир Анатольевич

---

(подпись)

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_» \_\_\_\_ 2020 г., протокол № \_\_\_\_

Заведующий кафедрой радиотехнических систем Кошелев Виталий Иванович

---

(подпись)

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы специальности**

**Цель изучения дисциплины:** получение фундаментального естественно-научного образования, способствующего дальнейшему развитию личности.

Дисциплина изучается в 10-м семестре по очной форме обучения.

**Задачи модуля:** физические основы инерциальной навигации: понятие кажущегося ускорения, сила Кориолиса; движение материальной точки во вращающейся системе координат; изучить методы начальной выставки инерциальных навигационных систем: грубая выставка, точная выставка; изучить уравнения ошибок инерциальных навигационных систем: в прямоугольной системе координат, во вращающейся системе координат; изучить основные схемы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем

**Перечень основных задач профессиональной деятельности выпускников (по типам)**

Область профессиональной деятельности (по Реестру Минтруда)	Типы задач профессиональной деятельности	Задачи профессиональной деятельности	Объекты профессиональной деятельности (или области знания)
Об Связь, информационные и коммуникационные технологии	научно-исследовательский	Анализ научно-технической проблемы на основе подбора и изучения литературных и патентных источников; математическое и компьютерное моделирование радиоэлектронных устройств и систем с целью оптимизации (улучшения) их параметров; разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и 9 устройств, относящихся к профессиональной сфере; подготовка научно-технических отчетов,	Радиолокация, радиосвязь, радиоуправление, радионавигация, лазерная техника, антенная техника, радиоэлектронные системы космических комплексов, бортовые радиоэлектронные системы ракетно-космической техники, гидроакустические системы и комплексы, эксплуатация авиационных радиоэлектронных систем и комплексов связи, проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

	обзоров, рефератов, публикаций по результатам выполненных исследований, подготовка и представление докладов на научные конференции и семинары; фиксация и защита объектов интеллектуальной собственности.	
проектный	Проведение технико-экономического обоснования проектов; сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; разработка и согласование технических заданий на проектирование технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем; разработка структурных и функциональных схем радиоэлектронных систем и комплексов, принципиальных схем устройств с использованием средств компьютерного проектирования, проведением проектных расчетов и технико-	Радиолокация, радиосвязь, радиоуправление, радионавигация, лазерная техника, антенная техника, радиоэлектронные системы космических комплексов, бортовые радиоэлектронные системы ракетно-космической техники, гидроакустические системы и комплексы, эксплуатация авиационных радиоэлектронных систем и комплексов связи, проектирование и технология радиоэлектронных систем и комплексов

		экономическим обоснованием принимаемых решений; подготовка конструкторской и технической документации, включая инструкции по эксплуатации, программы испытаний и технические условия	
--	--	--	--

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.01.09 «Устройства приема и обработки сигналов» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (далее – образовательной программы) специалитета «Радионавигационные системы и комплексы» направления 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математика», «Физика», «Радиотехнические цепи и сигналы», «Схемотехника АЭУ», «Радиопередающие устройства», «Радиоприемные устройства», «Основы компьютерного проектирования РЭС», «Комплексирование РНС»..

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- возможности реализации программ экспериментальных исследований, в том числе в режиме удаленного доступа, включая выбор технических средств, обработку результатов и оценку погрешности экспериментальных данных

Уметь:

- проводить анализ тактико-технических показателей аппаратуры радионавигационных систем и комплексов на основе глубоких теоретических знаний, проводить моделирование аппаратуры радионавигационных систем в современных пакетах моделирования

Владеть:

- умением выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ПООП (при наличии) по данному направлению подготовки, а также компетенций (при наличии), установленных университетом.

### Рекомендуемые профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения (при наличии)

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Обоснование (ПС, анализ опыта)
Направленность (профиль), специализация: Радионавигационные системы и комплексы				
Тип задач профессиональной деятельности: проектный				
Проведение технико-		ПК-1. Способен	ИД-1ПК-1. Знать	06.005 Ин-

экономического обоснования проектов; сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения; расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования; разработка и согласование технических заданий на проектирование технических условий, программ и методик испытаний радиоэлектронных устройств и систем.		осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	стадии проектирования. ИД-2ПК-1. Уметь разрабатывать техническое задание на проектирование.	женер- радиоэлектронщик
--	--	--	---	-------------------------

**4. 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**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины (модуля) составляет 4 зачетные единицы (ЗЕ).

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Всего часов</b>
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	48,25
Лекции	32
Лабораторные работы	16
Иные виды контактной работы	0,25
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	87
Контроль	8,75
Виды промежуточной аттестации обучающихся	Зачёт

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

#### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Раздел модуля	Содержание
<b>1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ</b>	
1.1 Основные принципы построения инерциальных систем	Физические основы построения инерциальных систем. Использование ускорения свободного падения, угловой скорости вращения Земли, напряжённости магнитного поля Земли.
1.2 Чувствительные элементы инерциальных систем	Рассматривается принцип действия микромеханических датчиков (акселерометров, гироскопов, магнетометров), и лазерных гироскопов. Рассматриваются параметры выходных сигналов чувствительных элементов.
1.3 Основные принципы построения инерциальных систем	Физические основы построения инерциальных систем. Использование ускорения свободного падения, угловой скорости вращения Земли, напряжённости магнитного поля Земли.
1.4 Кинематические параметры ориентации	Рассматриваются различные кинематические параметры ориентации твёрдого тела в пространстве: параметры Эйлера-Крылова; матрица направляющих косинусов; параметры Родриго-Гамильтона. Взаимосвязь между параметрами.
1.5 Кинематические уравнения	Рассматриваются кинематические уравнения движения твёрдого тела для различных кинематических параметров
<b>2. НАЧАЛЬНАЯ ВЫСТАВКА БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ (БИНС)</b>	
2.1 Грубая выставка БИНС на неподвижном основании	Рассматриваются подходы к определению начальной угловой ориентации на основе микромеханических чувствительных датчиков, прецензионных чувствительных датчиков.
2.2 Точная выставка БИНС на неподвижном основании	Рассматриваются подходы к определению начальной угловой ориентации с использованием методов калмановской фильтрации.
<b>3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ</b>	
3.1 Глобальные систем координат	Рассматриваются используемые глобальные системы координат и описание местоположения объекта в них: географическая широта, долгота, высота. Преобразование координат из одной системы координат в другую.
3.2 Сила Кориолиса	Рассматривается вклад силы Кориолиса в кажущееся ускорение, показываемое акселерометрами. Компенсация данного ускорения в БИНС
3.3 Счисление пути во вращающейся системе координат	Рассматривается принцип определения местоположения объекта во вращающейся системе координат по показаниям чувствительных элементов БИНС
<b>4. УРАВНЕНИЯ ОШИБОК БИНС ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ</b>	
4.1 Вывод уравнений ошибок	Рассматривается вывод уравнений ошибок во вращающейся системе координат; ошибки северного и восточного каналов при различных кинематических параметрах ориентации.
4.2 Коррекция ошибок БИНС по	Рассматриваются способы коррекции ошибок БИНС в

Раздел модуля	Содержание
показаниям спутниковых радионавигационных систем	северном и восточном каналах при различных кинематических параметрах по показаниям спутниковой радионавигационной системы; Слабосвязанная схема комплексирования.
<b>5. БИНС В КАЧЕСТВЕ СИСТЕМЫ УГЛОВОЙ ОРИЕНТАЦИИ</b>	
5.1 Уравнения ошибок системы угловой ориентации	Рассматриваются уравнения ошибок системы угловой ориентации, построенной на основе триады микромеханических чувствительных элементов.

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

##### Очная форма обучения

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			всего	лекции	ИКР	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6	7	8
1.1	Основные принципы построения инерциальных систем			2		2	8
1.2	Чувствительные элементы инерциальных систем			4		2	8
1.3	Кинематические параметры ориентации			2		2	8
1.4	Кинематические уравнения			2		2	6
2.1	Грубая выставка БИНС на неподвижном основании			2		2	6
2.2	Точная выставка БИНС на неподвижном основании			2		2	6
3.1	Глобальные систем координат			2			8
3.2	Сила Кориолиса			1	0,25		8
3.3	Счисление пути во вращающейся системе координат			2		2	8
4.1	Вывод уравнений ошибок			3		2	10
4.2	Коррекция ошибок БИНС по показаниям спутниковых радионавигационных систем			5			4
5.1	Уравнения ошибок системы угловой ориентации			5			7
6	Контроль	8,75					
Всего:		<b>144</b>	<b>48,25</b>	<b>32</b>	<b>0,25</b>	<b>16</b>	<b>87</b>

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятель-



## **ной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

1. Белокуров В.А. Моделирование алгоритмов работы БИНС в географической системе координат: Методические указания к лабораторной работе / Рязан. гос. радиотехн. универс.; Рязань, 2011. 16 с.
2. Белокуров В.А. Исследование функционирования бесплатформенной гировертикали: Методические указания к лабораторной работе / Рязан. гос. радиотехн. универс.; Рязань, 2012. 16 с.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся представлен в виде оценочных материалов и приведён в Приложении.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **7.1. Основная учебная литература**

1. Радионавигационные системы. Учебник для вузов/ П.А. Бакулев, А.А. Сосновский.– М.: Радиотехника, 2011 – 262 с.
2. П.А. Бакулев, А.А. Сосновский Радиолокационные системы. Лабораторный практикум. Учебное пособие для вузов, Радиотехника, Москва, 2007. – 160 с.
3. Сборник задач по курсу «Радионавигационные системы» /Под ред. П.А. Бакулева, А.А. Сосновского. Изд. Радиотехника, 2011. – 112 с.

### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Бабич О.А. Обработка информации в навигационных комплексах. М.: Машиностроение, 1991 – 180 с.
2. Баранов О.О. Математические задачи дальномерной навигации. М.: Физматлит, 2007– 272 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (при необходимости)**

В.И. Соловьев, П.Г. Шабалов Инерциальные навигационные системы (ФГБОУВО "Самарский государственный аэрокосмический университет", [http://ssau.ru/files/education/uch\\_posob/%D0%98%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8C%D0%B5%D0%B2%20%D0%92%D0%98.pdf](http://ssau.ru/files/education/uch_posob/%D0%98%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%8C%D0%B5%D0%B2%20%D0%92%D0%98.pdf))

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

### **9.1. Рекомендации по планированию и организации времени, необходимого для изучения дисциплины**

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение конспекта лекции за день перед следующей лекцией – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1...3 часа в неделю.

## **9.2. Описание последовательности действий студента («сценарий изучения дисциплины»)**

Для понимания теоретического материала и качественного его усвоения рекомендуется такая последовательность действий:

1. После прослушивания лекции и окончания учебных занятий, при подготовке к занятиям следующего дня, нужно сначала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня (10-15 минут).

2. При подготовке к лекции следующего дня, нужно просмотреть текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть тема следующей лекции (10-15 минут).

В течение недели выбрать время (1..3 часа) для работы с литературными научно-техническими источниками, в том числе, размещёнными в Интернет и/или на известном обучаемому иностранном языке. Ниже приведены примеры URL адресов, по которым можно ознакомиться с полезными для освоения дисциплины данными: <http://www.westinghouse.com> компании “Westinghouse” – одна из крупнейших фирм, проектирующая и производящая радиотехнические системы; <http://a073.sysplan.com/> – корпорация «System Planning Corporation» (США, Вирджиния), <http://archives.math.utk.edu/topics/>, <http://euclid.math.fsu.edu/Science/Preprints.html> – архивы и препринты учебной литературы.

## **9.3. Рекомендации по работе с литературой**

Теоретический материал курса становится более понятным, когда дополнительно к прослушиванию лекции и изучению конспекта, изучаются и книги по теории и технике моделирования процессов и объектов. Литературу по курсу рекомендуется изучать в библиотеке. Полезно использовать несколько учебников или учебных пособий по курсу.

## **10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для освоения дисциплины необходимы:

1) лекционная аудитория, оборудованная средствами отображения презентаций и других лекционных материалов на экран;

2) компьютерный класс на число мест из расчёта один компьютер на один-два обучаемого, оборудованный персональными ЭВМ класса не ниже Pentium с установленными операционными системами Windows (не ниже версии 2000/XP) для проведения лабораторных занятий.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государствен-

ным образовательным стандартом высшего профессионального образования по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» (квалификация выпускника – инженер, форма обучения – очная).

Программу составил  
к.т.н, доцент кафедры РТС

В.А. Белокуров