

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.В. Корячко

**Принципы построения и функционирования
сетевых спутниковых радионавигационных систем**
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Радиотехнических систем**

Учебный план 11.05.01_23_00.rlx
11.05.01 Радиотехнические системы и комплексы

Квалификация **инженер**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **6 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	9 (5.1)		10 (5.2)		Итого	
Неделя	16		16 1/6			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп	уп	рп
Лекции	32	32	16	16	48	48
Лабораторные			16	16	16	16
Иная контактная работа	0,25	0,25	0,35	0,35	0,6	0,6
Консультирование перед экзаменом и практикой			2	2	2	2
Итого ауд.	32,25	32,25	34,35	34,35	66,6	66,6
Контактная работа	32,25	32,25	34,35	34,35	66,6	66,6
Сам. работа	67	67	47	47	114	114
Часы на контроль	8,75	8,75	26,65	26,65	35,4	35,4
Итого	108	108	108	108	216	216

г. Рязань

Программу составил(и):

д.техн.н., проф., Белокуров Владимир Александрович

Рабочая программа дисциплины

Принципы построения и функционирования сетевых спутниковых радионавигационных систем

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - специалитет по специальности 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы (приказ Минобрнауки России от 09.02.2018 г. № 94)

составлена на основании учебного плана:

11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы

утвержденного учёным советом вуза от 28.04.2023 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Радиотехнических систем

Протокол от 22.06.2023 г. № 13

Срок действия программы: 2023-2029 уч.г.

Зав. кафедрой Кошелев Виталий Иванович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры
Радиотехнических систем

Протокол от _____ 2024 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры
Радиотехнических систем

Протокол от _____ 2025 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2026-2027 учебном году на заседании кафедры
Радиотехнических систем

Протокол от _____ 2026 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Радиотехнических систем

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью освоения дисциплины является получение базовых знаний в области построения сетевых спутниковых радионавигационных систем (СРНС), а также подготовка обучающихся к научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности по направлению подготовки 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных ФГОС, в части представленных ниже знаний, умений и навыков.
1.2	Задачи освоения дисциплины:
1.3	- изучение принципов решения навигационной задачи в спутниковых РНС;
1.4	- изучение используемых в спутниковых РНС систем координат;
1.5	- изучение свойств сигналов, используемых в СРНС;
1.6	- изучение методов определения угловой ориентации при помощи СРНС;
1.7	- изучение методов комплексирования спутниковых РНС с другими радионавигационными системами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Инерциальные радионавигационные системы
2.1.2	Основы проектирования радионавигационных систем на кристалле
2.1.3	Цифровые радиопередающие устройства РНС
2.1.4	Технологическая практика
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
2.2.1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы
2.2.2	Преддипломная практика

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-2 : Способен проектировать приборы РТС и РЭС радионавигационных систем и комплексов	
ПК-2 .1. Разрабатывает технические задания на проектирование радионавигационных систем и комплексов	
Знать принципы построения сетевых спутниковых радионавигационных систем. Уметь составлять техническое задание на разработку отдельных узлов и модулей спутниковой радионавигационной системы. Владеть навыками использования выходной информации сетевых спутниковых радионавигационных систем в радионавигационных комплексах определения угловой ориентации объекта.	

ПК-5 : Способен проводить анализ и расчет параметров сложнофункционального блока на основе выполненных проектов	
ПК-5 .1. Определяет основные значения технических параметров на основе выполненных предыдущих проектов	
Знать основные тактико-технические характеристики сетевых спутниковых радионавигационных систем, а также взаимосвязь между ними. Уметь рассчитывать основные технические параметры сетевых спутниковых радионавигационных систем. Владеть методами статистического анализа выходной информации сетевых спутниковых радионавигационных систем.	

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	- принципы построения сетевых спутниковых радионавигационных систем;
3.1.2	- основные тактико-технические характеристики сетевых спутниковых радионавигационных систем, а также взаимосвязь между ними.
3.2	Уметь:
3.2.1	- составлять техническое задание на разработку отдельных узлов и модулей спутниковой радионавигационной системы;
3.2.2	- рассчитывать основные технические параметры сетевых спутниковых радионавигационных систем.
3.3	Владеть:

3.3.1	- навыками использования выходной информации сетевых спутниковых радионавигационных систем в радионавигационных комплексах определения угловой ориентации объекта;
3.3.2	- методами статистического анализа выходной информации сетевых спутниковых радионавигационных систем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Содержание дисциплины					
1.1	Введение. Общие сведения о ССРНС. /Тема/	9	0			
1.2	Длины волн, используемые в ССРНС. Тактико-технические характеристики ССРНС. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.3	Позиционные методы определения местоположения объекта. Геометрический фактор. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.4	Системы координат, используемые в ССРНС. /Лек/	9	4	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.5	Преобразование систем координат. Параметры орбит. /Ср/	9	8	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.6	Этапы обработки навигационной информации в приёмниках ССРНС. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.7	Решение навигационной задачи с помощью метода наименьших квадратов. Шкалы времени. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.8	Синхронизация шкал времени. /Ср/	9	9	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.9	ССРНС ГЛОНАСС. Общие характеристики. Используемые сигналы. Навигационное сообщение. /Лек/	9	3	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.10	Помехоустойчивость ССРНС ГЛОНАСС в условиях действия помех естественного происхождения. /Ср/	9	15	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.11	ССРНС GPS. Общие характеристики. Используемые сигналы. Навигационное сообщение. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.12	Помехоустойчивость ССРНС GPS в условиях действия помех естественного происхождения. /Ср/	9	15	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.13	ССРНС Galileo. Общие характеристики. Используемые сигналы. Навигационное сообщение. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.14	Решение навигационной задачи по данным нескольких ССРНС. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.15	Дифференциальный режим работы ССРНС. Библиотека RTK-Lib. /Лек/	9	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.16	Изучение библиотеки RTK-Lib. /Ср/	9	20	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.17	Региональные спутниковые навигационные системы /Тема/	9	0			
1.18	РСНС IRNSS. Наземный и космический сегменты. Структура навигационного сообщения. /Лек/	9	3	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.19	РСНС QZSS. Наземный и космический сегменты. Структура навигационного сообщения. /Лек/	9	3	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.20	РСНС BeiDou. Космический сегмент. Используемые радионавигационные сигналы. Навигационное сообщение. /Лек/	9	3	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.21	Определение угловой ориентации по данным ССРНС. /Тема/	10	0			

1.22	Связь между системами координат, используемыми в ССРНС и связанной системой координат. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.23	Неоднозначность фазовых измерений. Линия визирования. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.24	Определение угловой ориентации неподвижного объекта по данным ССРНС при помощи интерферометрического метода. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.25	Влияние погрешности измерения разности фаз принятых сигналов ССРНС на точность определения угловой ориентации. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.26	Составление системы уравнений для вычисления углов ориентации по измерениям ССРНС. Неоднозначность измерений. /Ср/	10	7	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.27	Определение угловой ориентации неподвижного объекта по данным ССРНС с использованием приращений фазовых сдвигов. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.28	Методы устранения неоднозначных измерений фазы в ССРНС. /Тема/	10	0			
1.29	Устранения неоднозначных измерений фазы в ССРНС на основе использования приращений фаз между первым и текущим измерениями. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.30	Устранения неоднозначных измерений фазы в ССРНС на основе анализа фаз между двумя текущим измерениями. /Ср/	10	10	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.31	Использование фильтра Калмана при определении угловой ориентации. /Тема/	10	0			
1.32	Определение матрицы наблюдений и измерений фильтра Калмана. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.33	Определение начальных значений матриц дисперсий ошибок фильтрации и экстраполяции фильтра Калмана. /Лек/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.34	Определение угловой ориентации подвижного объекта по данным ССРНС с устранением неоднозначных фазовых измерений. /Ср/	10	10	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.35	Влияние погрешности измерения базы антенной системы ССРНС на точность измерения углов ориентации. /Ср/	10	10	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
1.36	Исследование помехозащищенности спутниковых систем навигации. /Лаб/	10	8	ПК-2 .1-У ПК-2 .1-В ПК-5 .1-У ПК-5 .1-В	Л1.1 Л1.2Л3.2	Ответы на вопросы
1.37	Исследование функционирования глобальной радионавигационной системы и точности определения координат. /Лаб/	10	8	ПК-2 .1-У ПК-2 .1-В ПК-5 .1-У ПК-5 .1-В	Л1.1 Л1.2Л3.1	Ответы на вопросы
1.38	Комплексирование систем определения угловой ориентации по данным ССРНС с другими навигационными системами. /Ср/	10	10	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2	
	Раздел 2. Промежуточная аттестация					
2.1	Подготовка к зачету, иная контактная работа /Тема/	9	0			
2.2	Подготовка к зачету /Зачёт/	9	8,75	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3	Л1.1 Л1.2Л3.1 Л3.2	
2.3	Прием зачета /ИКР/	9	0,25	ПК-2 .1-3 ПК-5 .1-3		Ответ по билету
2.4	Подготовка к экзамену, иная контактная работа /Тема/	10	0			

2.5	Подготовка к экзамену /Экзамен/	10	26,65	ПК-2 .1-3 ПК-2 .1-У ПК-2 .1-В ПК-5 .1-3 ПК-5 .1-У ПК-5 .1-В	Л1.1 Л1.2Л3.1 Л3.2	
2.6	Консультация перед экзаменом /Кнс/	10	2	ПК-2 .1-3 ПК-2 .1-У ПК-2 .1-В ПК-5 .1-3 ПК-5 .1-У ПК-5 .1-В	Л1.1 Л1.2Л3.1 Л3.2	
2.7	Прием экзамена /ИКР/	10	0,35	ПК-2 .1-3 ПК-2 .1-У ПК-2 .1-В ПК-5 .1-3 ПК-5 .1-У ПК-5 .1-В		Ответ по билету

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы по дисциплине "Принципы построения и функционирования сетевых спутниковых радионавигационных систем").

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Кашкаров А. П.	Система спутниковой навигации ГЛОНАСС	Москва: ДМК Пресс, 2018, 96 с.	978-5-97060-597-1, https://e.lanbook.com/book/97338
Л1.2	Лушников А. С.	Спутниковые навигационные системы в гражданской авиации : учебное пособие	Ульяновск: УИ ГА, 2018, 99 с.	978-5-7514-0267-9, https://e.lanbook.com/book/162510

6.1.3. Методические разработки

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л3.1	Кошелев В.И., Уполовнев Ю.В.	Исследование функционирования глобальной радионавигационной системы и точности определения координат : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2007,	, https://elib.rsr.eu.ru/ebs/download/2282
Л3.2	Кошелев В.И.	Исследование помехозащищенности спутниковых систем навигации : Методические указания	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2010,	, https://elib.rsr.eu.ru/ebs/download/2284

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
MATLAB	Коммерческая лицензия
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия

Kaspersky Endpoint Security	Коммерческая лицензия
Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО
OpenOffice	Свободное ПО
Microsoft Office	Коммерческая лицензия
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1	525 Лабораторный корпус.. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специализированная мебель (56 посадочных мест), магнитно-маркерная доска. 1 интерактивный комплект T82/IN124Sta/WTN140-доска IQ Board DVT T082+проектор Infocus IN124STA. ПК: Intel Core i5 /8Gb. Возможность подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду РГРТУ
2	423 А Лабораторный корпус. учебная лаборатория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, для проведения самостоятельной работы обучающихся Специализированная мебель (18 посадочных мест), ПК: Intel Pentium Dual/3,24Gb – 1 шт. 1 мультимедийный проектор 1800 Ansi, экран, магнитно-маркерная доска. Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.
3	423 Лабораторный корпус. учебная лаборатория для проведения занятий лабораторных работ и индивидуальных консультаций, для проведения самостоятельной работы обучающихся Специализированная мебель (18 посадочных мест). Магнитно-маркерная доска. Комплект оборудования для лаборатории цветного телевидения. (4 ПК). Комплект оборудования для учебной лаборатории цветного телевидения на 2рабочих места студентов (2 ПК). ПК: Intel Pentium G2030/4Gb – 6 шт Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду.
4	519 Лабораторный корпус. учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, для проведения самостоятельной работы обучающихся. Специализированная мебель (24 посадочных места), доска.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	
Методические указания по освоению дисциплины "Принципы построения и функционирования сетевых спутниковых радионавигационных систем" представлены в приложении к рабочей программе дисциплины.	

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Кошелев Виталий
Иванович, Заведующий кафедрой РТС**06.10.23** 12:17 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ЗАВЕДУЮЩИМ
ВЫПУСКАЮЩЕЙ
КАФЕДРЫ**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Паршин Юрий
Николаевич, Заведующий кафедрой РТУ**06.10.23** 12:30 (MSK)

Простая подпись

ПОДПИСАНО
ПРОРЕКТОРОМ ПО УР**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ**, Корячко Алексей
Вячеславович, Проректор по учебной работе**06.10.23** 12:58 (MSK)

Простая подпись