МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Радиолокационные каналы

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиолокационные системы и комплексы**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **4, 5**
Семестр: **8, 9**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	9 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	16	0	16	часов
2	Практические занятия	16	18	34	часов
3	Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)	0	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	32	26	58	часов
5	Самостоятельная работа	40	46	86	часов
6	Всего (без экзамена)	72	72	144	часов
7	Общая трудоемкость	72	72	144	часов
		2.0	2.0	4.0	З.Е.

Зачет: 8 семестр
Курсовая работа (проект): 9 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 32658

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 10 от «18» 5 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 11.08.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. РТС	_____	В. А. Бутько
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	_____	С. В. Мелихов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ	_____	К. Ю. Попова
Заведующий выпускающей каф. РТС	_____	С. В. Мелихов

Эксперты:

Доцент кафедры радиотехнических систем (РТС)	_____	В. А. Громов
Старший преподаватель кафедры радиотехнических систем (РТС)	_____	Д. О. Ноздреватых

Согласована на портале № 32658

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Радиолокационные каналы» является формирование у студентов знаний, умений и навыков, позволяющих самостоятельно проводить математический анализ физических процессов в радиолокационных каналах, разрабатывать статистические модели сигналов и помех, проводить количественный анализ влияния среды распространения, объектов локации и источников помех на основные характеристики радиолокационных систем.

1.2. Задачи дисциплины

– изучение физических и математических моделей процесса формирования сигналов и помех в радиолокационных каналах;

– освоение методов оценки влияния радиолокационных характеристик объектов, среды распространения, естественных и организованных помех на дальность действия и точностные характеристики радиолокационных систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Радиолокационные каналы» (Б1.Б.31.2) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Антенны, Основы теории радиолокационных систем и комплексов, Радиолокационные сигналы и разрешающая способность радиолокационных систем, Распространение радиоволн, Статистическая радиотехника, Электродинамика.

Последующими дисциплинами являются: Проектирование радиотехнических систем, Радиолокационные системы сопровождения и наведения, Радиолокационные станции.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПСК-1.4 способностью проводить анализ и синтез радиолокационных систем с высокой разрешающей способностью;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** структуры радиолокационных каналов для различных видов радиолокации; физические и математические модели элементов радиолокационного канала и процесса формирования сигнала на входе приемного устройства радиолокационной системы; основные эффекты и методы оценки влияния земной поверхности и атмосферы на дальность радиолокационного обнаружения и точность измерения координат целей; источники и характеристики естественных и организованных помех радиолокационным системам;

– **уметь** разрабатывать математические модели сигналов и помех на входе приемного устройства радиолокационной системы; проводить выбор и обоснование статистических моделей полезных и помеховых сигналов и значения параметров этих моделей; оценивать ошибки радиолокационных измерений, обусловленные характеристиками цели и условиями распространения радиоволн; выполнять расчеты наблюдаемости целей на фоне активных и пассивных помех

– **владеть** методами моделирования сигналов и помех на входе приемного устройства радиолокационной системы; методами оценки влияния параметров среды распространения радиоволн и характеристик радиолокационных объектов на дальность действия и точностные характеристики радиолокационных систем и комплексов; методиками расчета наблюдаемости радиолокационных целей на фоне активных и пассивных помех.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры	
		8 семестр	9 семестр
Аудиторные занятия (всего)	58	32	26
Лекции	16	16	

Согласована на портале № 32658

Практические занятия	34	16	18
Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)	8		8
Самостоятельная работа (всего)	86	40	46
Выполнение курсового проекта (работы)	46	0	46
Проработка лекционного материала	15	15	0
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	25	25	0
Всего (без экзамена)	144	72	72
Общая трудоемкость, ч	144	72	72
Зачетные Единицы	4.0	2.0	2.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Курс. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр						
1 Структура и математические модели радиолокационных каналов	2	1	3	0	6	ПСК-1.4
2 Радиолокационные объекты. Классификация и основные характеристики	2	1	3	0	6	ПСК-1.4
3 Радиолокационные характеристики сосредоточенных объектов	3	4	8	0	15	ПСК-1.4
4 Радиолокационные характеристики распределенных объектов	2	4	8	0	14	ПСК-1.4
5 Влияние среды распространения на формирование радиолокационного сигнала. Влияние земной поверхности	3	2	8	0	13	ПСК-1.4
6 Влияние атмосферы на формирование радиолокационного сигнала	3	2	6	0	11	ПСК-1.4
7 Источники и характеристики помех радиолокации	1	2	4	0	7	ПСК-1.4
Итого за семестр	16	16	40	0	72	
9 семестр						
8 Курсовая работа	0	18	46	8	64	ПСК-1.4
Итого за семестр	0	18	46	8	72	
Итого	16	34	86	8	144	

Согласована на портале № 32658

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Структура и математические модели радиолокационных каналов	Предмет и содержание дисциплины. Понятие радиолокационного канала (РЛК). Структурные схемы РЛК для различных видов локации. Математические модели элементов РЛК. Математическая модель процесса формирования сигнала на входе приемника радиолокационной системы (РЛС).	2	ПСК-1.4
	Итого	2	
2 Радиолокационные объекты. Классификация и основные характеристики	Общие сведения о радиолокационных объектах. Классификация объектов. Явление вторичного излучения. Комплексный коэффициент отражения цели. Моностатическая и бистатическая диаграммы рассеяния. Поляризационные характеристики радиолокационных объектов. Понятие эффективной площади рассеяния (ЭПР) цели. Дальность действия РЛС в свободном пространстве.	2	ПСК-1.4
	Итого	2	
3 Радиолокационные характеристики сосредоточенных объектов	Характеристики вторичного излучения тел простой формы. Искусственные отражатели и противорадиолокационные покрытия. Понятие точечного отражателя. Двухточечная и многоточечная модели объектов сложной формы. Преобразование частотно-временной структуры сигнала движущимися точечной и двухточечной целью. Пространственная структура поля двухточечного вторичного излучателя. Кажущийся центр вторичного излучения цели. Шумы цели: амплитудные, угловые, дальномерные, доплеровские и поляризационные. Ошибки радиолокационных измерений, обусловленные шумами цели. Статистические модели и характеристики сигналов, отраженных реальными целями. Данные о средних значениях ЭПР радиолокационных целей.	3	ПСК-1.4
	Итого	3	
4 Радиолокационные характеристики распределенных объектов	Общая характеристика распределенных объектов. Удельная ЭПР объемно-распределенного объекта и эффективная ЭПР разрешаемого объема. Характеристики рассеяния на гидрометеорах. Рассеяние на облаках дипольных отражателей. Отражения от оптически ненаблюдаемых объектов (ангел-эхо). Статистические характеристики отражений объемно-распределенными объектами: плотности	2	ПСК-1.4

Согласована на портале № 32658

	вероятностей амплитуды и ЭПР, энергетические спектры. Физические модели обратного рассеяния радиоволн поверхностно-распределенными объектами. Удельная ЭПР поверхностно-распределенного объекта и мощность отраженного сигнала. Статистические модели, энергетические и спектральные характеристики отражений поверхностно-распределенными объектами. Приближенные эмпирические формулы для расчета удельной ЭПР суши и морской поверхности.		
	Итого	2	
5 Влияние среды распространения на формирование радиолокационного сигнала. Влияние земной поверхности	Диапазоны частот, выделенные для радиолокации. Общая характеристика влияния среды распространения на формирование радиолокационных сигналов. Физические явления при распространении радиоволн (отражение, рассеяние, интерференция, дифракция, рефракция, поглощение). Понятие множителя ослабления поля свободного пространства. Множитель ослабления и уравнение дальности радиолокационного обнаружения цели в приближении плоской гладкой земной поверхности и однородной атмосферы. Учет сферичности земной поверхности. Дальность прямой видимости. Дифракция радиоволн. Влияние неровностей земной поверхности на поле отраженной волны. Зеркальная и диффузная компоненты отраженной волны. Эффективный коэффициент отражения. Зоны видимости РЛС. Ошибки измерения угла места цели, обусловленные отражениями от земной поверхности.	3	ПСК-1.4
	Итого	3	
6 Влияние атмосферы на формирование радиолокационного сигнала	Электрические свойства атмосферы. Модели вертикального профиля показателя преломления атмосферы. Явление рефракции радиоволн. Виды рефракции. Влияние рефракции на дальность действия РЛС и точность измерения координат цели. Поглощение и рассеяние радиоволн в тропосфере. Удельный коэффициент ослабления. Учет поглощения энергии радиоволн при расчете дальности действия РЛС. Загоризонтное распространение радиоволн. Распространение радиоволн в тропосферных волноводах. Дальнее тропосферное распространение УКВ. Статистические модели загоризонтных сигналов. Энергетические и корреляционные свойства сигналов. Погрешности пеленгования загоризонтных источников излучения. Численные методы моделирования распространения радиоволн с учетом влияния земной поверхности и атмосферы. Системы оперативного прогноза множителя ослабления и зон видимости РЛС.	3	ПСК-1.4
	Итого	3	
7 Источники и	Общие сведения о помехах. Активные и пассив-	1	ПСК-1.4

Согласована на портале № 32658

характеристики помех радиолокации	ные помехи. Естественные и организованные помехи. Способы создания организованных помех. Наблюдаемость целей на фоне пассивных помех. Активные маскирующие помехи. Уравнение дальности действия РЛС при воздействии маскирующих активных помех.		
	Итого	1	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Предшествующие дисциплины								
1 Антенны	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Основы теории радиолокационных систем и комплексов	+	+	+	+	+	+	+	+
3 Радиолокационные сигналы и разрешающая способность радиолокационных систем	+	+	+	+	+	+	+	+
4 Распространение радиоволн	+				+	+		+
5 Статистическая радиотехника	+		+	+			+	
6 Электродинамика	+	+	+	+				
Последующие дисциплины								
1 Проектирование радиотехнических систем	+	+	+	+	+	+	+	+
2 Радиолокационные системы сопровождения и наведения	+				+	+	+	
3 Радиолокационные станции	+	+	+	+	+	+		

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	КСР (КП/КР)	Сам. раб.	

Согласована на портале № 32658

ПСК-1.4	+	+	+	+	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Защита курсовых проектов (работ), Тест, Отчет по курсовой работе

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Структура и математические модели радиолокационных каналов	Структурные схемы радиолокационных каналов. Представление радиолокационного канала последовательным соединением линейных многополюсников. Математические модели элементов радиолокационного канала. Формирование сигнала на входе приемной системы РЛС.	1	ПСК-1.4
	Итого	1	
2 Радиолокационные объекты. Классификация и основные характеристики	Классификация и основные характеристики радиолокационных объектов. Диаграмма рассеяния и поляризационные свойства радиолокационного объекта. Понятие ЭПР цели. Расчет диаграммы обратного рассеяния и поляризационной матрицы рассеяния полуволнового вибратора.	1	ПСК-1.4
	Итого	1	
3 Радиолокационные характеристики сосредоточенных объектов	ЭПР целей простой формы. Зависимость ЭПР от длины волны. Эффект Доплера в радиолокации. Расчет ширины спектра флуктуаций отраженного сигнала на примере двухточечной цели. Шумы цели. Расчет ошибок измерения координат цели, обусловленные её шумами. Законы распределения амплитуды и мощности сигнала, отраженного сложной целью.	4	ПСК-1.4
	Итого	4	
4 Радиолокационные характеристики распределенных объектов	Понятие удельной ЭПР объемно-распределенного объекта. Расчет энергетических и спектральных характеристик сигналов, отраженных объемно-распределенными объектами. Расчет наблюдаемости (радиолокационного контраста) цели на фоне объемно-распределенных рассеивателей. Понятие удельной ЭПР поверхностно-распределенного	4	ПСК-1.4

Согласована на портале № 32658

	объекта.Расчет энергетических характеристик сигналов, отраженных поверхностно-распределенными объектами. Расчет наблюдаемости (радиолокационного контраста) цели на фоне поверхностно-распределенных рассеивателей.Статистические модели сигналов, отраженных распределенными объектами.		
	Итого	4	
5 Влияние среды распространения на формирование радиолокационного сигнала. Влияние земной поверхности	Влияние земной поверхности на формирование радиолокационного сигнала. Расчет множителя влияния Земли. Расчет и построение зон видимости РЛС. Расчет ошибок измерения угла места цели, обусловленной отражениями от земной поверхности.	2	ПСК-1.4
	Итого	2	
6 Влияние атмосферы на формирование радиолокационного сигнала	Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Расчет дальности действия РЛС с учетом рефракции и поглощения радиоволн в атмосфере. Расчет ошибок измерения дальности угловых координат цели, обусловленных рефракцией радиоволн.	2	ПСК-1.4
	Итого	2	
7 Источники и характеристики помех радиолокации	Активные и пассивные помехи радиолокации. Расчет мощности сигнала пассивной помехи. Расчет дальности действия РЛС при воздействии маскирующих активных помех.	2	ПСК-1.4
	Итого	2	
Итого за семестр		16	
9 семестр			
8 Курсовая работа	Выдача заданий на курсовую работу. Основные требования к выполнению курсовой работы и оформлению пояснительной записки. План-график выполнения работы. Анализ задания на курсовую работу. Разработка математической модели. Проведение расчетов. Консультации по выполнению курсовой работы.	18	ПСК-1.4
	Итого	18	
Итого за семестр		18	
Итого		34	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 32658

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Структура и математические модели радиолокационных каналов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-1.4	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
2 Радиолокационные объекты. Классификация и основные характеристики	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПСК-1.4	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
3 Радиолокационные характеристики сосредоточенных объектов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПСК-1.4	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	8		
4 Радиолокационные характеристики распределенных объектов	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПСК-1.4	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	8		
5 Влияние среды распространения на формирование радиолокационного сигнала. Влияние земной поверхности	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ПСК-1.4	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	8		
6 Влияние атмосферы на формирование радиолокационного сигнала	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПСК-1.4	Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
7 Источники и характеристики помех	Подготовка к практическим занятиям, семина-	2	ПСК-1.4	Домашнее задание, Конспект самоподготов-

Согласована на портале № 32658

радиолокации	рам			ки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
Итого за семестр		40		
9 семестр				
8 Курсовая работа	Выполнение курсового проекта (работы)	46	ПСК-1.4	Защита курсовых проектов (работ), Отчет по курсовой работе
	Итого	46		
Итого за семестр		46		
Итого		86		

10. Курсовая работа (проект)

Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта) представлены таблице 10.1.

Таблица 10.1 – Трудоемкость аудиторных занятий и формируемые компетенции в рамках выполнения курсовой работы (проекта)

Наименование аудиторных занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
9 семестр		
Целью курсовой работы является систематизация и углубление теоретических знаний и приобретение практических навыков расчета количественных оценок влияния параметров среды распространения радиоволн, характеристик радиолокационных объектов и помех на дальность действия и точностные характеристики радиолокационных систем. Содержание курсовой работы: 1. Изучение и анализ задания на курсовую работу. Составление плана выполнения работы. 2. Проработка теоретического материала по теме работы. 3. Разработка математической модели. 4. Проведение расчетов и анализ результатов. 5. Составление и оформление пояснительной записки.	8	ПСК-1.4
Итого за семестр	8	

10.1. Темы курсовых работ (проектов)

Примерная тематика курсовых работ (проектов):

– 1. Ошибки радиолокационного измерения координат, обусловленные шумами цели.

– 2. Ошибки измерения угла места цели, обусловленные отражениями от земной поверхности.

– 3. Влияние условий распространения радиоволн на зоны видимости РЛС.

– 4. Атмосферные ошибки радиолокационных измерений.

– 5. Дальность действия и погрешности измерения координат загоризонтного источника излучения пассивной корабельной РЛС.

– 6. Дальность действия и зоны видимости РЛС при воздействии маскирующих активных помех.

Согласована на портале № 32658

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Домашнее задание	20	22	20	62
Конспект самоподготовки	5	5	5	15
Опрос на занятиях	8	8	7	23
Итого максимум за период	33	35	32	100
Нарастающим итогом	33	68	100	100
9 семестр				
Защита курсовых проектов (работ)			40	40
Отчет по курсовой работе	15	20	25	60
Итого максимум за период	15	20	65	100
Нарастающим итогом	15	35	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	

Согласована на портале № 32658

	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Радиотехнические системы: Учебное пособие / Денисов В. П., Дудко Б. П. - 2012. 334 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1664 (дата обращения: 19.06.2018).

12.2. Дополнительная литература

1. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория: Справочник / Я.Д. Ширман [и др.]; ред.: Я.Д. Ширман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
2. Справочник-задачник по радиолокации: справочное издание / В.В. Васин, Б.М. Степанов. – М.: Советское радио, 1977. – 320 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.)
3. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / Боков Л. А., Мандель А. Е., Замотринский В. А. - 2013. 410 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3289 (дата обращения: 19.06.2018).

12.3. Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Радиотехнические системы: Методическое пособие по проведению практических занятий / Денисов В. П. - 2013. 33 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2852 (дата обращения: 19.06.2018).
2. Радиолокационные системы: Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов / Денисов В. П. - 2012. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1590 (дата обращения: 19.06.2018).
3. Радиотехнические системы: Методические указания к курсовому проектированию для студентов специальности 210302.65 «Радиотехника» / Денисов В. П. - 2012. 73 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1202 (дата обращения: 19.06.2018).

12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

Согласована на портале № 32658

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория радиоэлектронных систем передачи информации

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ)

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 401 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер (8 шт.);
- Монитор (19” SAMSUNG 1730S) (8 шт.);
- Клавиатура (8 шт.);
- Мышь (оптическая) (8 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Acrobat Reader
- Google Chrome
- Microsoft Windows Server 2008
- Microsoft Windows XP
- OpenOffice
- PTC Mathcad13, 14
- Scilab

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;

Согласована на портале № 32658

- Google Chrome.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

14.1.1. Тестовые задания

1. К какому классу радиотехнических систем относятся радиолокационные системы?
a) передачи информации
b) извлечения информации
c) разрушения информации
d) радиоуправления
2. К тактическим характеристикам РЛС не относится
a) зона обзора
b) разрешающая способность
c) измеряемые координаты
d) мощность передатчика
3. Математическая модель радиолокационного канала описывает процесс
a) преобразования электромагнитной волны в электрический сигнал
b) формирования сигнала на выходе приемной антенны РЛС
c) отражения радиоволн
d) распространения радиоволн
4. Радиолокационная цель полагается точечной, если её размеры
a) меньше длины волны
b) сравнимы с длиной волны
c) много больше длины волны
d) меньше размеров разрешаемого РЛС объема пространства
5. Эффективная площадь рассеяния цели не зависит
a) от длины волны
b) от размеров цели
c) от формы цели
d) от мощности зондирующего сигнала и расстояния до РЛС
6. Эффективная площадь рассеяния идеально проводящего шара радиуса R равна площади его поперечного сечения при условии
a) радиус много меньше длины облучающей волны

Согласована на портале № 32658

b) радиус равен длине облучающей волны

c) радиус много больше длины облучающей волны

d) при любом значении длины облучающей волны

7. При увеличении мощности передатчика РЛС в 16 раз дальность её действия в свободном пространстве увеличится в

a) два раза

b) четыре раза

c) восемь раз

d) шестнадцать раз

8. Доплеровское смещение частоты сигнала, отраженного движущейся со скоростью 500 м/с целью в направлении на РЛС с рабочей длиной волны 0,1 м, равно

a) 2 кГц

b) 5 кГц

c) 10 кГц

d) 20 кГц

9. Разрешаемый РЛС объем пространства на расстоянии R от РЛС пропорционален

a) расстоянию

b) квадрату расстояния

c) кубу расстояния

d) четвертой степени расстояния

10. Эффективная площадь рассеяния поверхностно-распределенной цели, находящейся на расстоянии R от РЛС, пропорциональна

a) расстоянию

b) квадрату расстояния

c) кубу расстояния

d) четвертой степени расстояния

11. Дальность обнаружения низколетящих целей связана с мощностью зондирующего сигнала корнем

a) четвертой степени

b) восьмой степени

c) второй степени

d) шестой степени

12. Каким параметром антенны РЛС определяется разрешающая способность по угловым координатам?

a) коэффициентом направленного действия

b) шириной диаграммы направленности

c) уровнем боковых лепестков

d) коэффициентом полезного действия

13. Каким параметром зондирующего сигнала определяется разрешающая способность РЛС по дальности?

a) несущей частотой

b) длительностью

c) шириной спектра

d) базой сигнала

14. Каким параметром зондирующего сигнала определяется разрешающая способность РЛС по скорости?

a) несущей частотой

b) длительностью

c) шириной спектра

d) базой сигнала

15. Какова размерность удельной эффективной площади рассеяния подстилающей поверхности?

a) метр

b) квадратный метр

Согласована на портале № 32658

c) безразмерная

d) 1/м

16. Удельный коэффициент поглощения энергии радиоволн в атмосфере имеет наибольшее значение на длине волны

a) 8 мм

b) 3 см

c) 10 см

d) 30 см

17. К какому виду помех относятся флуктуации отраженного сигнала, обусловленные случайной неоднородностью среды распространения радиоволн?

a) аддитивные

b) активные

c) мультипликативные

d) взаимные

18. Помехи радиолокационному наблюдению целей, обусловленные отражениями от земной поверхности и метеообразований, относятся

a) к активным помехам

b) к преднамеренным помехам

c) к взаимным помехам

d) к пассивным помехам

19. Активными помехами радиолокационному наблюдению целей являются

a) электромагнитные излучения объектов в диапазоне частот РЛС

b) отражения от ложных целей

c) отражения от гидрометеообразований

d) отражения от облака дипольных отражателей

20. Для улучшения наблюдаемости цели на фоне пассивной помехи необходимо

a) увеличить мощность передатчика

b) снизить мощность передатчика

c) уменьшить коэффициент шума приемника

d) повысить разрешающую способность

14.1.2. Темы опросов на занятиях

Структурные схемы РЛК для различных видов локации. Математическая модель процесса формирования сигнала на входе приемника радиолокационной системы. Явление вторичного излучения. Моностатическая и бистатическая диаграммы рассеяния цели. Понятие эффективной площади рассеяния (ЭПР) цели. Дальность действия РЛС в свободном пространстве. ЭПР тел простой формы. Понятие точечного отражателя. Двухточечная и многоточечная модели объектов сложной формы. Кажущийся центр вторичного излучения цели. Шумы цели: амплитудные, угловые, дальномерные, доплеровские и поляризационные. Ошибки радиолокационных измерений, обусловленные шумами цели. Статистические модели и характеристики сигналов, отраженных реальными целями. Удельная ЭПР объемно-распределенного объекта и эффективная ЭПР разрешаемого объема. Характеристики рассеяния на гидрометеорах. Рассеяние на облаках дипольных отражателей. Удельная ЭПР поверхностно-распределенного объекта и мощность отраженного сигнала. Статистические модели и характеристики сигналов, отраженных объемно- и пространственно-распределенными объектами. Диапазоны частот, выделенные для радиолокации. Общая характеристика влияния среды распространения на формирование радиолокационных сигналов. Физические явления при распространении радиоволн. Понятие множителя ослабления поля свободного пространства. Уравнение дальности радиолокационного обнаружения цели с учетом отражений от земной поверхности. Учет сферичности земной поверхности. Дальность прямой видимости. Влияние неровностей земной поверхности на поле отраженной волны. Зеркальная и диффузная компоненты отраженной волны. Зоны видимости РЛС. Ошибки измерения угла места цели, обусловленные отражениями от земной поверхности. Модели вертикального профиля показателя преломления атмосферы. Явление рефракции радиоволн. Влияние рефракции на дальность действия РЛС и точность измерения координат цели. Поглощение и рассеяние радиоволн в тропосфере. Учет поглощения энергии радиоволн при расчете дальности действия РЛС. Загоризонтное распростра-

Согласована на портале № 32658

нение радиоволн. Распространение радиоволн в тропосферных волноводах. Дальнее тропосферное распространение УКВ. Статистические модели загоризонтных сигналов. Погрешности пеленгования загоризонтных источников излучения. Численные методы моделирования распространения радиоволн с учетом влияния земной поверхности и атмосферы. Системы оперативного прогноза множителя ослабления и зон видимости РЛС. Активные и пассивные помехи. Естественные и организованные помехи. Наблюдаемость целей на фоне пассивных помех. Активные маскирующие помехи. Уравнение дальности действия РЛС при воздействии маскирующих активных помех.

14.1.3. Темы домашних заданий

Домашние задания выдаются в виде задач из «Справочника-задачника по радиолокации» (см. пункт 2 в разделе 4.2). Ниже приведены примеры типовых задач.

1. Цель представляет собой два одинаковых изотропных точечных отражателя, расположенных на неотражающей штанге длиной L=5 м. Длина волны РЛС равна 5 см. Найти значения углов ориентации цели относительно РЛС, при которых эта цель имеет наибольшую и наименьшую ЭПР. 2. В проектируемой импульсной РЛС требуется обеспечить разрешающую способность по дальности не хуже 3 м, причем с точки зрения обеспечения необходимой дальности обнаружения длительность зондирующего импульса должна быть не менее 10 мкс. Удовлетворяются ли одновременно эти требования при использовании простого радиоимпульса? Если нет, то какого вида и с какими параметрами следует выбрать зондирующий сигнал для удовлетворения указанным требованиям? 3. Определить значение коэффициента различимости, необходимое для обнаружения цели с ЭПР 10 кв. м на дальности 100 км импульсной РЛС, имеющей следующие характеристики: мощность передатчика 10 кВт, длительность импульса 0,5 мкс, эффективная площадь антенны 0,1 кв. м, рабочая длина волны 3 см, коэффициент шума приемника 5 дБ. 4. В направлении на РЛС движется автомобиль. Определить доплеровское смещение частоты отраженного сигнала, если скорость движения автомобиля лежит в пределах от 10 до 50 км/ч, а длина волны РЛС равна 3 см. Какие требования должны быть предъявлены к стабильности частоты высокочастотного генератора РЛС, если допустимы уходы частоты не более 15% от измеряемого доплеровского смещения частоты? 5. Определите максимальную частоту в спектре амплитудных флуктуаций сигналов, отраженных от самолета, летящего со скоростью 300 м/с и совершающего вираж с ускорением 19,6 м/с2, если длина самолета 30 м, а длина волны РЛС 10 см. 6. Будет ли наблюдаться цель с ЭПР 10 кв. м, находящаяся на дальности 20 км на индикаторе РЛС, если она прикрывается заградительной помехой в полосе частот 1000 МГц? Мощность передатчика помех 1 кВт, коэффициент усиления антенны передатчика помех принять равным единице. Характеристики РЛС: мощность передатчика 500 кВт, коэффициент усиления антенны 1500, длительность зондирующего импульса 0,5 мкс. Обнаружение цели происходит при соотношении сигнал/помеха не менее два. 7. Как изменится отношение сигнал/помеха на входе приемника РЛС, если при прочих равных условиях длительность зондирующего импульса уменьшилась в 5 раз? Полоса пропускания приемника РЛС согласована с соответствующей длительностью импульса. Постановщик помех (станция помех) совмещена с целью и формирует заградительную широкополосную помеху с равномерной спектральной плотностью мощности. 8. Самолетная РЛС с учетом поглощения энергии радиоволн в атмосфере должна иметь дальность действия 50 км. Какова должна быть дальность действия в свободном пространстве, если длина волны равна 1,5 см и учитывается поглощение в дожде интенсивностью 4 мм/ч и в кислороде воздуха на всей дальности действия РЛС? 9. Рассчитайте среднеквадратическую погрешность измерения угловой координаты, вызываемую угловым шумом цели, если характерный размер цели равен 15 м. Расчеты выполнить для дальностей цели 1, 5 и 10 км. Определите дальность, на которой эта погрешность соизмерима с флуктуационной погрешностью, равной 0,01 град. 10. Источник помех обеспечивает создание заградительной шумовой помехи с равномерной спектральной плотностью мощности в полосе частот 10 МГц. Во сколько раз изменится спектральная плотность мощности шумовой помехи и дальность действия передатчика помех, если помеху создавать в полосе 5 МГц при той же мощности передатчика? 11. Будет ли РЛС наблюдать самолет с ЭПР 5 м2, находящийся на дальности 20 км, если он приближается под прикрытием заградительной помехи из зоны барражирования. Дальность до постановщика помех составляет 100 км. Помеха вводится через первый боковой лепесток ДНА РЛС. Характеристики РЛС: мощность передатчика РЛС 70 кВт, коэффициент усиления антенны 2000, уровень первого бокового лепестка минус 15 дБ, длительность зондирующего импульса 0,25 мкс, коэффициент подавления РЛС равен 2. Харак-

Согласована на портале № 32658

теристики постановщика помех: мощность передатчика помех 100 Вт, коэффициент усиления антенны 0,5, полоса помехи 100 МГц.

14.1.4. Вопросы на самоподготовку

1. Какие элементы включает в себя радиолокационный канал? Изобразите схематически структуру активного радиолокационного канала. 2. Напишите в общем виде выражение для сигнала на выходе приемной антенны РЛС при наблюдении одиночной сложной цели и воздействии активных и пассивных помех. 3. Дайте классификацию радиолокационных объектов по соотношению между их размерами и размерами разрешаемого РЛС объема. 4. Дайте определение ЭПР цели. Приведите общую формулу для её расчета. От каких факторов зависит ЭПР цели. 5. Почему диаграмма рассеяния уголкового отражателя значительно шире, чем плоского листа? При каких условиях площадь поперечного сечения проводящей сферы можно считать равной её ЭПР? 6. Напишите уравнение дальности действия РЛС в свободном пространстве. Дайте определение входящих в уравнение величин. 7. Поясните физику возникновения шумов цели – амплитудного, углового, дальномерного и скоростного. К чему ведут шумы цели? 8. Объясните причины возникновения флуктуаций ЭПР сложных целей. Какие законы распределения вероятностей используют для описания амплитуды отраженного сигнала и ЭПР цели? 9. Какие параметры используют для характеристики скорости флуктуаций ЭПР цели? 10. Дайте определение удельной ЭПР объемно-распределенной цели. Как рассчитывается ЭПР такой цели? 11. Дайте определение удельной ЭПР поверхностно-распределенной цели. Как рассчитывается ЭПР такой цели? 12. Перечислите диапазоны частот, выделенные для радиолокации. Дайте краткую характеристику особенностей распространения радиоволн каждого из диапазонов. 13. Напишите уравнение дальности действия РЛС с учетом влияния отражений радиоволн от земной поверхности. Объясните причину трудности радиолокационного обнаружения низколетящих целей. 14. Как отражения от земной поверхности влияют на точность измерения угла места цели? 15. В чем заключается явление рефракции радиоволн? Каким образом рефракция радиоволн влияет на дальность действия РЛС и точность измерения координат цели? 16. Каковы физические причины затухания радиоволн в тропосфере? Как оно учитывается при расчете дальности действия РЛС? 17. Дайте определение зоны видимости РЛС. Как учитывается кривизна земной поверхности при построении зоны видимости РЛС? 18. С какими эффектами распространения радиоволн связана возможность обнаружения целей за пределами горизонта? Каковы особенности загоризонтных радиолокационных сигналов? 19. К какому виду помех относятся флуктуации радиоволн, обусловленные случайной неоднородностью среды распространения радиоволн. Перечислите эффекты влияния этих флуктуаций на характеристики радиолокационных сигналов. 20. Назовите основные виды и источники помех радиолокационным системам. Дайте их характеристику. 21. Дайте определение и назовите характеристики естественных и организованных пассивных помех радиолокационных системам. Как рассчитывается наблюдаемость цели на фоне пассивной помехи? 22. Какие методы защиты от пассивных помех существуют и на чем они основаны? 23. Дайте определение и назовите характеристики естественных и организованных активных помех радиолокационных системам. Как рассчитывается наблюдаемость цели на фоне активной помехи? 24. В чем отличие прицельных и заградительных активных помех. Какие существуют методы защиты от активных помех?

14.1.5. Зачёт

Структура и математические модели радиолокационных каналов. Радиолокационные характеристики сосредоточенных объектов. Радиолокационные характеристики объемно-распределенных объектов. Радиолокационные характеристики поверхностно-распределенных объектов. Особенности распространения радиоволн различных диапазонов. Влияние земной поверхности на формирование радиолокационного сигнала. Влияние атмосферы на формирование радиолокационного сигнала. Естественные и организованные помехи радиолокации.

14.1.6. Темы курсовых проектов (работ)

1. Ошибки радиолокационного измерения координат, обусловленные шумами цели.

2. Ошибки измерения угла места цели, обусловленные отражениями от земной поверхности.

3. Влияние условий распространения радиоволн на зоны видимости РЛС.

Согласована на портале № 32658

4. Атмосферные ошибки радиолокационных измерений.

5. Дальность действия и погрешности измерения координат загоризонтного источника излучения пассивной корабельной РЛС.

6. Дальность действия и зоны видимости РЛС при воздействии маскирующих активных помех.

14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Согласована на портале № 32658

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 32658