МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТЕННЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия наземных и космических систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **5**
Семестр: **10**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	10 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	36	36	часов
Практические занятия	36	36	часов
Самостоятельная работа	36	36	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	10

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83459

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью преподавания дисциплины является подготовка специалистов в области проектирования антенных систем нового поколения.

1.2. Задачи дисциплины

1. Ознакомить студентов с методологией и особенностями проектирования антенных систем нового поколения.
2. Привить навыки системного подхода при принятии технических решений и этапами проектирования антенных систем нового поколения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль специализации (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.02.ДВ.01.02.13.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 83459

ПК-1. Способен выполнять анализ состояния научно-технических проблем в области радиоэлектронных систем, определять цель и формулировать задачи проектирования	ПК-1.1. Знает типовые этапы выполнения научно-исследовательской работы	Знает типовые этапы выполнения научно-исследовательской работы при проектировании антенных систем нового поколения
	ПК-1.2. Умеет проводить анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	Умеет проводить анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения при проектировании антенных систем нового поколения
	ПК-1.3. Владеет навыками сбора и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения	Владеет навыками сбора и анализ исходных данных для расчета и проектирования электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения при проектировании антенных систем нового поколения
ПК-6. Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	ПК-6.1. Знает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах	Знает методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах при проектировании антенных систем нового поколения
	ПК-6.2. Умеет пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов	Умеет пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов при проектировании антенных систем нового поколения
	ПК-6.3. Владеет средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ	Владеет средствами разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ при проектировании антенных систем нового поколения

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		10 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Лекционные занятия	36	36
Практические занятия	36	36

Согласована на портале № 83459

Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Выполнение практического задания	12	12
Подготовка к тестированию	17	17
Подготовка к семинару / семинару-конференции	7	7
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
10 семестр					
1 Основы электродинамической теории антенн	2	2	5	9	ПК-1, ПК-6
2 Теория линейных непрерывных и дискретных антенных систем	2	2	5	9	ПК-1, ПК-6
3 Сверхширокополосные антенны круговой и линейной поляризации микроволнового диапазона	4	8	5	17	ПК-1, ПК-6
4 Фазированные антенные решётки, схемы питания, конструкции и назначения	4	4	5	13	ПК-1, ПК-6
5 Проектирование антенных систем нового поколения сотовой связи 5G и 6G	8	4	5	17	ПК-1, ПК-6
6 Проектирование антенных систем MIMO радаров	8	8	5	21	ПК-1, ПК-6
7 Проектирование антенных систем нового поколения спутниковой связи, навигации и мониторинга	8	8	6	22	ПК-1, ПК-6
Итого за семестр	36	36	36	108	
Итого	36	36	36	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
10 семестр			

Согласована на портале № 83459

1 Основы электродинамической теории антенн	Классификация антенн. Фундаментальные ограничения в области антенн. Электромагнитное поле излучающей системы в дальней, промежуточной и ближней зонах. Альтеративный самосогласованный подход. Использование принципов взаимности и двойственности в теории антенн. Принципы построения сверхширокополосных антенн. Принцип электродинамического подобия. Электромагнитная совместимость антенн, пути решения проблемы	2	ПК-1, ПК-6
	Итого	2	
2 Теория линейных непрерывных и дискретных антенных систем	Линейный излучатель с бегущей волной тока. Режимы излучения – поперечный, наклонный, осевой. Ширина луча, КНД. Влияние амплитудно-фазового распределения тока на параметры линейной антенны. Равномерная линейная антенная решётка. Подавление дифракционных максимумов. Антенны бегущей волны – диэлектрические, директорные. Волноводно-щелевые антенные решётки. Конструкции, применения.	2	ПК-1, ПК-6
	Итого	2	
3 Сверхширокополосные антенны круговой и линейной поляризации микроволнового диапазона	Цилиндрические спиральные и конические логоспиральные антенны круговой поляризации: режимы излучения, характеристики направленности, диапазоны частот, входные сопротивления. Плоские логарифмические и арифметические спиральные антенны с резонатором на основе самодополнительных структур, способы возбуждения. Логопериодические антенны и антенны Вивальди линейной поляризации. Антенны на основе фракталов. Конструкции, характеристики.	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 83459

4 Фазированные антенные решётки, схемы питания, конструкции и назначения	Плоские фазированные антенные решетки (ФАР). Способы размещения излучателей в апертуре ФАР и условия отсутствия дифракционных максимумов. Коэффициент усиления и характеристика согласования излучателя в составе ФАР. Многолучевые и сканирующие ФАР. Ограничения на сектор сканирования и полосу рабочих частот ФАР из-за взаимной связи излучателей. Схемы питания. Конформные ФАР. Применения ФАР	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
5 Проектирование антенных систем нового поколения сотовой связи 5G и 6G	Проектирование антенных систем нового поколения сотовой связи 5G и 6G, включая технологии NOMA (Non Orthogonal Multiple Access) - группы методов неортогонального множественного доступа, технологии RSMA (Rate Splitting Multiple Access) методы множественного доступа с разделением абонентов по скорости. MIMO (Multiple Input Multiple Output) с многоантенными системами Massive Multi User MIMO (MU MIMO). Проектирование антенных систем технологий Massive MU-MIMO и NOMA или RSMA с разделением каналов сразу в четырех доменах: частота, время, пространство и мощность (код). Проектирование антенных систем в сетях 6G - NGMA (Next Generation Multiple Access)	8	ПК-1, ПК-6
	Итого	8	
6 Проектирование антенных систем MIMO радаров	Проектирование антенных систем сверхширокополосных радиолокационных систем MIMO. Технология построения антенных систем MIMO радаров. Формирование виртуальной диаграммы. Типы антенн радиолокационных систем с технологией MIMO. Радиолокационная система MIMO – RIAS. Радиолокационная система MIMO «Обзора летного поля». Проектирование MIMO радара с кольцевой антенной решеткой для БАС самолетного типа	8	ПК-1, ПК-6
	Итого	8	

Согласована на портале № 83459

7 Проектирование антенных систем нового поколения спутниковой связи, навигации и мониторинга	Проектирование антенных систем нового поколения спутниковой связи, навигации и мониторинга. Проектирование антенных систем нового поколения межспутниковых систем связи. Проектирование антенных систем высокоскоростных каналов передачи потокового видео 4К. Проектирование антенных систем нового поколения для спутниковых систем глобального позиционирования и прецизионных систем позиционирования на базе созвездий МКА Проектирование патч-антенных систем MIMO для МКА на базе САПР СВЧ.	8	ПК-1, ПК-6
	Итого	8	
	Итого за семестр	36	
	Итого	36	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
10 семестр			
1 Основы электродинамической теории антенн	Электромагнитное поле излучающей системы в дальней, промежуточной и ближней зонах.	2	ПК-1, ПК-6
	Итого	2	
2 Теория линейных непрерывных и дискретных антенных систем	Ширина луча, КНД. Влияние амплитудно-фазового распределения тока на параметры линейной антенны. Равномерная линейная антенная решётка.	2	ПК-1, ПК-6
	Итого	2	
3 Сверхширокополосные антенны круговой и линейной поляризации микроволнового диапазона	Цилиндрические спиральные и конические логоспиральные антенны круговой поляризации: режимы излучения, характеристики направленности, диапазоны частот, входные сопротивления.	8	ПК-1, ПК-6
	Итого	8	

Согласована на портале № 83459

4 Фазированные антенные решётки, схемы питания, конструкции и назначения	Плоские фазированные антенные решетки (ФАР). Способы размещения излучателей в апертуре ФАР и условия отсутствия дифракционных максимумов. Коэффициент усиления и характеристика согласования излучателя в составе ФАР	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
5 Проектирование антенных систем нового поколения сотовой связи 5G и 6G	MIMO (Multiple Input Multiple Output) с многоантенными системами Massive Multi User MIMO (MU MIMO). Проектирование антенных систем технологий Massive MU-MIMO	4	ПК-1, ПК-6
	Итого	4	
6 Проектирование антенных систем MIMO радаров	Технология построения антенных систем MIMO радаров. Формирование виртуальной диаграммы. Типы антенн радиолокационных систем с технологией MIMO. Проектирование MIMO радара с кольцевой антенной решеткой для БАС самолетного типа	8	ПК-1, ПК-6
	Итого	8	
7 Проектирование антенных систем нового поколения спутниковой связи, навигации и мониторинга	Проектирование антенных систем нового поколения межспутниковых систем связи. Проектирование антенных систем высокоскоростных каналов передачи потокового видео 4К. Проектирование антенных систем нового поколения для спутниковых систем глобального позиционирования. Проектирование патч-антенных систем MIMO для МКА на базе САПР СВЧ.	8	ПК-1, ПК-6
	Итого	8	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в

Согласована на портале № 83459

таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
10 семестр				
1 Основы электродинамической теории антенн	Выполнение практического задания	3	ПК-1, ПК-6	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Итого	5		
2 Теория линейных непрерывных и дискретных антенных систем	Выполнение практического задания	3	ПК-1, ПК-6	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Итого	5		
3 Сверхширокополосные антенны круговой и линейной поляризации микроволнового диапазона	Выполнение практического задания	3	ПК-1, ПК-6	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Итого	5		
4 Фазированные антенные решётки, схемы питания, конструкции и назначения	Выполнение практического задания	3	ПК-1, ПК-6	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	2	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Итого	5		
5 Проектирование антенных систем нового поколения сотовой связи 5G и 6G	Подготовка к тестированию	3	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	2	ПК-1, ПК-6	Семинар / семинар-конференция
	Итого	5		
6 Проектирование антенных систем MIMO радаров	Подготовка к тестированию	3	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	2	ПК-1, ПК-6	Семинар / семинар-конференция
	Итого	5		
7 Проектирование антенных систем нового поколения спутниковой связи, навигации и мониторинга	Подготовка к тестированию	3	ПК-1, ПК-6	Тестирование
	Подготовка к семинару / семинару-конференции	3	ПК-1, ПК-6	Семинар / семинар-конференция
	Итого	6		
Итого за семестр		36		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		72		

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

Согласована на портале № 83459

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-1	+	+	+	Практическое задание, Семинар / семинар-конференция, Тестирование, Экзамен
ПК-6	+	+	+	Практическое задание, Семинар / семинар-конференция, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
10 семестр				
Практическое задание	8	8	8	24
Тестирование	6	8	8	22
Семинар / семинар-конференция	8	8	8	24
Экзамен				30
Итого максимум за период	22	24	24	100
Нарастающим итогом	22	46	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

Согласована на портале № 83459

3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Антенны и устройства (СВЧ): расчет и измерение характеристик: учебник для вузов / Ю. Е. Мительман, Р. Р. Абдуллин, С. Г. Сычугов, С. Н. Шабунин ; под общей редакцией Ю. Е. Мительмана. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 138 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/563290.

2. Застела М. Ю. Радиотехнические системы: учебное пособие для вузов / М. Ю. Застела. Москва: Издательство Юрайт, 2022. — 495 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/493380.

7.2. Дополнительная литература

1. Потапов, Л. А. Электродинамика и распространение радиоволн: учебное пособие для вузов / Л. А. Потапов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 196 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/514146.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и фидеры: Учебно-методическое пособие для практических занятий / Г. Г. Гошин - 2018 . 236 с . [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/8324.

2. Организация самостоятельной работы: Учебно-методическое пособие / Д. О. Ноздреватых, Б. Ф. Ноздреватых - 2018. 23 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7867.

3. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства : учебное пособие. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019 — Часть 1 — 2019. — 86 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/180128.

4. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства : учебное пособие. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2019 — Часть 2 — 2019. — 90 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/180129.

5. Программно-определяемые радиосистемы: Методические указания для выполнения практических работ и самостоятельной работы / Е. В. Рогожников, Э. М. Дмитриев, К. В. Диноченко - 2024. 50 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10898.

6. Вэнь, Т. Сети 6G. Путь от 5G к 6G глазами разработчиков / Т. Вэнь, Ч. Пейин ; перевод с английского В. С. Яценкова. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 624 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/240959 .

7.3.2. 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;

Согласована на портале № 83459

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. 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.);
- Телевизор Samsung LED 46"
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Free Pascal;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows Server 2008;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

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.);
- Телевизор Samsung LED 46"

Согласована на портале № 83459

- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Free Pascal;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows Server 2008;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

Кабинет для самостоятельной работы студентов: помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- ПК - 6 шт.;
- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники - 6 шт.
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.4. 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,

Согласована на портале № 83459

аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** 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.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Основы электродинамической теории антенн	ПК-1, ПК-6	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Теория линейных непрерывных и дискретных антенных систем	ПК-1, ПК-6	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Сверхширокополосные антенны круговой и линейной поляризации микроволнового диапазона	ПК-1, ПК-6	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Фазированные антенные решётки, схемы питания, конструкции и назначения	ПК-1, ПК-6	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Проектирование антенных систем нового поколения сотовой связи 5G и 6G	ПК-1, ПК-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций

Согласована на портале № 83459

6 Проектирование антенных систем MIMO радаров	ПК-1, ПК-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций
7 Проектирование антенных систем нового поколения спутниковой связи, навигации и мониторинга	ПК-1, ПК-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Семинар / семинар-конференция	Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции

Согласована на портале № 83459

2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Выберите верное определение антенной решетки: а) антенная с большой апертурой; б) антенна, состоящая из нескольких излучателей и параболического зеркала; в) сложная антенна, состоящая из совокупности отдельных антенн, расположенных в пространстве особым образом; г) антенная со сложной конструкцией.
2. Выберите верное продолжение: «С увеличением шага расположения элементов антенной решетки…»: а) ширина диаграммы направленности уменьшается; б) ширина диаграммы направленности увеличивается; в) ширина диаграммы направленности не меняется; г) ширина диаграммы направленности не зависит от шага расположения элементов антенной решетки.
3. Выберите верное определение коэффициента направленного действия антенной решетки: а) отношение квадрата напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к среднему значению квадрата напряженности поля по всем направлениям; б) отношение квадрата напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к среднему значению; в) отношение напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к среднему значению; г) отношение напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к квадрату среднего значения.
4. Выберите верное продолжение «С увеличением габаритных размеров антенной решетки…»: а) коэффициент усиления увеличивается; б) коэффициент усиления уменьшается; в) коэффициент усиления не меняется; г) коэффициент усиления не зависит от размеров антенной решетки.
5. Выберите верный ответ: а) ЦФАР имеет только цифровые модули; б) ЦФАР имеет только аналоговые модули; в) ЦФАР имеет аналоговые и цифровые модули; г) ЦФАР не имеет ни аналоговых, ни цифровых модулей.
6. Выберите верный ответ: а) излучаемая мощность сигнала активной ФАР определяется количеством антенных элементов и мощностью передатчика ППМ; б) излучаемая мощность сигнала активной ФАР определяется количеством антенных элементов; в) излучаемая мощность сигнала активной ФАР определяется мощностью передатчика ППМ; г) излучаемая мощность сигнала активной ФАР не зависит от количества антенных элементов.
7. Диаграмма направленности антенной решетки равна: а) произведению диаграммы направленности антенного элемента на множитель решетки; б) диаграмме

Согласована на портале № 83459

направленности антенного элемента; в) сумме диаграмм направленности всех антенных элементов; г) произведению диаграмм направленности всех антенных элементов.

8. Антенные элементы ФАР: а) не влияют друг на друга; б) немеют взаимное влияние; в) имеют взаимное влияние только при излучении; г) имеют взаимное влияние только при приеме.
9. Сигнал на выходе ФАР получается путем: а) сложения всех сигналов с антенных элементов, учитывая соответствующие им комплексные весовые коэффициенты; б) Сложения всех сигналов с антенных элементов, без учета соответствующих им комплексных весовых коэффициентов; в) произведения всех сигналов с антенных элементов; г) вычитания всех сигналов с антенных элементов, учитывая соответствующие им комплексные весовые коэффициенты.
10. Приемный тракт ЦФАР состоит из: а) МШУ, смесителя, гетеродина, УПЧ; б) МШУ, смесителя, гетеродина, УПЧ, АЦП, квадратурного формирователя; в) смесителя, гетеродина, УПЧ, АЦП, квадратурного формирователя; г) МШУ, смесителя, гетеродина, УПЧ, квадратурного формирователя

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Классификация фазированных антенных решеток по области применения в современных радиолокационных системах.
2. Классификация фазированных антенных решеток в соответствии с их техническими характеристиками.
3. Особенности применения фазированных антенных решеток в активных и пассивных радиолокационных системах.
4. Основные параметры и характеристики фазированных антенных решеток.
5. Математическая модель фазированных антенных решеток, ее элементов и узлов.

9.1.3. Темы практических заданий

1. Принципы построения сверхширокополосных антенн
2. Волноводно-щелевые антенные решётки
3. Логопериодические антенны и антенны Вивальди линейной поляризации
4. Антенны на основе фракталов
5. Проектирование MIMO радара с кольцевой антенной решеткой для БАС самолетного типа

9.1.4. Примерный перечень тем для семинаров / семинаров-конференций

1. Проектирование кольцевой антенной решетки MIMO радара
2. Проектирование патч-антенной системы MIMO для МКА на базе САПР СВЧ
3. Проектирование антенной системы MIMO для межспутниковой связи МКА
4. Проектирование антенных систем Massive MU-MIMO сотовой связи 5G и 6G
5. Проектирование антенной решеткой MIMO радара для БАС

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

Согласована на портале № 83459

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. 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 9.4.

Таблица 9.4 – 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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. 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

Согласована на портале № 83459

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.

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 № 83459

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры СВЧиКР
протокол № 6 от «14» 2 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Директор, каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Доцент, каф. СВЧиКР	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4-9a8a-4ff4e15b36fe

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. РТС	А.М. Голиков	Разработано, d76b3893-b3a9-44a5-84f8-e53e691ec9d0

Согласована на портале № 83459