МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Инженерия систем связи, локации и навигации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	22	22	часов
Практические занятия	22	22	часов
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	52	52	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	8

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 84147

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью преподавания дисциплины является изучение основных принципов построения антенных решеток и их применения в современных радиоэлектронных системах.

1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование у студентов компетенций, позволяющих самостоятельно оценивать основные характеристики антенных решеток.
2. Анализировать и оптимизировать структуру антенных решеток, оценивать возможности их использования в радиоэлектронных системах различного назначения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль специальности (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.10.
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		
ОПК-6. Способен учитывать существующие и перспективные технологии производства радиоэлектронной аппаратуры при выполнении научно-исследовательской и опытно-конструкторских работ	ОПК-6.1. Знает современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий	Знает современные тенденции развития антенных решеток в радиоэлектронных системах
	ОПК-6.2. Умеет оценивать преимущества и недостатки технологии производства радиоэлектронной аппаратуры	Умеет оценивать преимущества и недостатки технологии производства антенных решеток в радиоэлектронных системах
	ОПК-6.3. Владеет навыками выбора подходящего оборудования при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Владеет навыками выбора подходящего оборудования при выполнении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ антенных решеток в радиоэлектронных системах
Профессиональные компетенции		
-	-	-

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов,

Согласована на портале № 84147

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
		8 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	56	56
Лекционные занятия	22	22
Практические занятия	22	22
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	52	52
Подготовка к тестированию	10	10
Выполнение практического задания	14	14
Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	11	11
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	6	6
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	11	11
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	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр						
1 Области применения и классификация антенных решеток	4	8	-	5	17	ОПК-6
2 Анализ и синтез характеристик антенных решеток	6	4	4	14	28	ОПК-6
3 Цифровые антенные решетки	4	6	4	16	30	ОПК-6
4 Адаптивные антенные решетки	4	4	4	15	27	ОПК-6
5 Компьютерное конструирование и моделирование антенных решеток	4	-	-	2	6	ОПК-6
Итого за семестр	22	22	12	52	108	
Итого	22	22	12	52	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)

Согласована на портале № 84147

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Области применения и классификация антенных решеток	Антенные решетки для современных радиоэлектронных систем. Типы антенных решеток и их классификация. Фазированные антенные решетки. Антенные решетки с обработкой сигнала. Цифровые антенные решетки. Особенности конструкции пассивных и активных антенных решеток. Активные передающие фазированные антенные решетки в радиолокационных системах.	4	ОПК-6
	Итого	4	
2 Анализ и синтез характеристик антенных решеток	Основные параметры и характеристики антенных решеток. Коэффициент направленного действия антенных решеток. Определение геометрических характеристик фазированных антенных решеток. Полоса пропускания фазированных антенных решеток. Математические модели фазированных антенных решеток, ее элементов и узлов. Синтез диаграммы направленности фазированной антенной решетки.	6	ОПК-6
	Итого	6	
3 Цифровые антенные решетки	Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированной антенной решетке. Алгоритмы цифрового формирования диаграммы направленности. Варианты построения цифрового диаграммообразования. Особенности конструкции пассивных и активных цифровых антенных решеток.	4	ОПК-6
	Итого	4	
4 Адаптивные антенные решетки	Понятие адаптивной антенной решетки. Оптимальный весовой вектор. Методы оценки весового вектора. Прямые методы оценки весового вектора. Итерационный метод оценки весового вектора. Потенциальные возможности адаптивных антенных решеток. Факторы, препятствующие достижению потенциальных характеристик адаптивных антенных решеток при их технической реализации.	4	ОПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 84147

5 Компьютерное конструирование и моделирование антенных решеток	Обзор специализированного программного обеспечения для моделирования и проектирования антенных решеток. Моделирование антенной решетки в САПР. Моделирование антенной решетки в среде Matlab.	4	ОПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		22	
Итого		22	

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
8 семестр			
1 Области применения и классификация антенных решеток	Классификация антенных решеток.	4	ОПК-6
	Компьютерное моделирование антенных решеток	4	ОПК-6
	Итого	8	
2 Анализ и синтез характеристик антенных решеток	Проектирование антенных решеток	4	ОПК-6
	Итого	4	
3 Цифровые антенные решетки	Проектирования цифровых антенных решеток	6	ОПК-6
	Итого	6	
4 Адаптивные антенные решетки	Проектирование адаптивных антенных решеток	4	ОПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		22	
Итого		22	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Анализ и синтез характеристик антенных решеток	Исследование характеристик направленности линейной фазированной антенной решётки	4	ОПК-6
	Итого	4	

Согласована на портале № 84147

3 Цифровые антенные решетки	Исследование влияния амплитудно-фазового распределения на характеристики диаграммы направленности в антенных решетках с различной апертурой	4	ОПК-6
	Итого	4	
4 Адаптивные антенные решетки	Исследование характеристик направленности фазированной антенной решетки с расположением антенных элементов в узлах прямоугольной и гексагональной сетки	4	ОПК-6
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в 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
8 семестр				
1 Области применения и классификация антенных решеток	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6	Тестирование
	Выполнение практического задания	3	ОПК-6	Практическое задание
	Итого	5		
2 Анализ и синтез характеристик антенных решеток	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6	Тестирование
	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	3	ОПК-6	Задачи и упражнения
	Выполнение практического задания	4	ОПК-6	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ОПК-6	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	ОПК-6	Лабораторная работа
	Итого	14		

Согласована на портале № 84147

3 Цифровые антенные решетки	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6	Тестирование
	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	3	ОПК-6	Задачи и упражнения
	Выполнение практического задания	4	ОПК-6	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ОПК-6	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	ОПК-6	Лабораторная работа
	Итого	16		
4 Адаптивные антенные решетки	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6	Тестирование
	Разработка заданий, задач и упражнений с описанием методики их решения	5	ОПК-6	Задачи и упражнения
	Выполнение практического задания	3	ОПК-6	Практическое задание
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ОПК-6	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	ОПК-6	Лабораторная работа
	Итого	15		
5 Компьютерное конструирование и моделирование антенных решеток	Подготовка к тестированию	2	ОПК-6	Тестирование
	Итого	2		
Итого за семестр		52		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		88		

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

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.	Лаб. раб.	Сам. раб.	

Согласована на портале № 84147

ОПК-6	+	+	+	+	Задачи и упражнения, Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Практическое задание, 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
8 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	0	5	10	15
Лабораторная работа	0	5	5	10
Практическое задание	5	5	5	15
Тестирование	5	5	5	15
Задачи и упражнения	5	5	5	15
Экзамен				30
Итого максимум за период	15	25	30	100
Нарастающим итогом	15	40	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)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 84147

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Антенно-фидерные СВЧ-устройства : учебное пособие / Ю. Е. Седельников, О. Г. Морозов, В. А. Скачков, Д. А. Веденькин ; под редакцией Ю. Е. Седельникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2025. — 244 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/513745.

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/viewer/elektrodinamika-i-rasprostranenie-radiovoln-514146#page/1.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Кубанов, В. П. Формирование диаграммы направленности линейной антенной решетки с использованием комплексного весового вектора : учебное пособие / В. П. Кубанов, В. А. Ружников, К. С. Слипенчук. — Самара : ПГУТИ, 2021. — 57 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://reader.lanbook.com/book/301136#1.
2. Исследование характеристик направленности фазированной антенной решётки: Методические указания к лабораторным работам для студентов радиотехнических специальностей / В. Ю. Куприц, В. И. Вебер - 2023. 16 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10331.

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;
– 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

Согласована на портале № 84147

Учебная лаборатория информационных технологий: 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, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice;
- Scilab;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Учебная лаборатория информационных технологий: 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, 423 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Доска магнитно-маркерная BRAUBERG;
- LMC-100103 Экран с электроприводом Master Control Matte 203*203 см White FiberGlass, черная кайма по периметру;
- Проектор NEC «M361X»;
- Системный блок (16 шт.);
- Мониторы (16 шт.);
- Компьютер;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice;
- Scilab;

8.4. 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.

Согласована на портале № 84147

8.5. 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 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 Области применения и классификация антенных решеток	ОПК-6	Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Анализ и синтез характеристик антенных решеток	ОПК-6	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

Согласована на портале № 84147

3 Цифровые антенные решетки	ОПК-6	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений
4 Адаптивные антенные решетки	ОПК-6	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Задачи и упражнения	Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений
5 Компьютерное конструирование и моделирование антенных решеток	ОПК-6	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Согласована на портале № 84147

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
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:
   1) Антенная с большой апертурой;
   2) Антенна, состоящая из нескольких излучателей и параболического зеркала;
   3) Сложная антенна, состоящая из совокупности отдельных антенн, расположенных в пространстве особым образом;
   4) Антенная со сложной конструкцией.
2. Выберите верное продолжение: «С увеличением шага расположения элементов антенной решетки…»:
   1) Ширина диаграммы направленности уменьшается;

Согласована на портале № 84147

2) Ширина диаграммы направленности увеличивается;
3) Ширина диаграммы направленности не меняется;
4) Ширина диаграммы направленности не зависит от шага расположения элементов антенной решетки.

3. Выберите верное определение коэффициента направленного действия антенной решетки:
1) Отношение квадрата напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к среднему значению квадрата напряженности поля по всем направлениям;
2) Отношение квадрата напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к среднему значению;
3) Отношение напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к среднему значению;
4) Отношение напряженности поля, создаваемого антенной в данном направлении, к квадрату среднего значения.
4. Выберите верное продолжение «С увеличением габаритных размеров антенной решетки…»:
1) Коэффициент усиления увеличивается;
2) Коэффициент усиления уменьшается;
3) Коэффициент усиления не меняется;
4) Коэффициент усиления не зависит от размеров антенной решетки.
5. Выберите верный ответ:
1) ЦФАР имеет только цифровые модули;
2) ЦФАР имеет только аналоговые модули;
3) ЦФАР имеет аналоговые и цифровые модули;
4) ЦФАР не имеет ни аналоговых, ни цифровых модулей.
6. Выберите верный ответ:
1) Излучаемая мощность сигнала активной ФАР определяется количеством антенных элементов и мощностью передатчика ППМ;
2) Излучаемая мощность сигнала активной ФАР определяется количеством антенных элементов;
3) Излучаемая мощность сигнала активной ФАР определяется мощностью передатчика ППМ;
4) Излучаемая мощность сигнала активной ФАР не зависит от количества антенных элементов.
7. Диаграмма направленности антенной решетки равна:
1) Произведению диаграммы направленности антенного элемента на множитель решетки;
2) Диаграмме направленности антенного элемента;
3) Сумме диаграмм направленности всех антенных элементов;
4) Произведению диаграмм направленности всех антенных элементов.
8. Антенные элементы ФАР:
1) Не влияют друг на друга;
2) Имеют взаимное влияние;
3) Имеют взаимное влияние только при излучении;
4) Имеют взаимное влияние только при приеме.
9. Сигнал на выходе ФАР получается путем:
1) Сложения всех сигналов с антенных элементов, учитывая соответствующие им комплексные весовые коэффициенты;
2) Сложения всех сигналов с антенных элементов, без учета соответствующих им комплексных весовых коэффициентов;
3) Произведения всех сигналов с антенных элементов;
4) Вычитания всех сигналов с антенных элементов, учитывая соответствующие им комплексные весовые коэффициенты.
10. Приемный тракт ЦФАР состоит из:
1) МШУ, смесителя, гетеродина, УПЧ;
2) МШУ, смесителя, гетеродина, УПЧ, АЦП, квадратурного формирователя;
3) Смесителя, гетеродина, УПЧ, АЦП, квадратурного формирователя;
4) МШУ, смесителя, гетеродина, УПЧ, квадратурного формирователя.

Согласована на портале № 84147

11. Формирование лучей в ЦФАР происходит с использованием:
    1) Устройств разделения цифровых потоков сигналов;
    2) Направленных ответвителей;
    3) Делителей мощности;
    4) Усилителей.
12. Применение смесителя в приемном тракте ЦФАР необходимо:
    1) Для усиления входного сигнала;
    2) Для понижения частоты входного сигнала;
    3) Для ослабления входного сигнала;
    4) Для фильтрации входного сигнала.
13. Применение ЦФАР позволяет по сравнению с параболической антенной в РЛС позволяет:
    1) Значительно уменьшить время обзора пространства за счет электронного сканирования луча;
    2) Значительно увеличить время обзора пространства за счет электронного сканирования луча;
    3) Уменьшить сектор обзора пространства за счет электронного сканирования лучаv
    4) Уменьшить габариты и массу антенной системы.
14. Применение ЦФАР позволяет по сравнению с параболической антенной в РЛС позволяет:
    1) Увеличить количество лучей;
    2) Уменьшить количество лучей;
    3) Сформировать более узкий луч;
    4) Уменьшить габариты и массу антенной системы.
15. Применение ЦФАР позволяет по сравнению с параболической антенной в РЛС позволяет:
    1) Улучшить отношение сигнал/шум;
    2) Ухудшить отношение сигнал/шум;
    3) Сохранить отношение сигнал/шум;
    4) Увеличить уровень шумов.

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.
6. Характеристики направленности фазированной антенной решетки.
7. Коэффициент направленного действия и коэффициент усиления фазированной антенной решетки.
8. Связь характеристик направленности фазированной антенной решетки с шагом решетки и свойствами направленности отдельных излучателей.
9. Синтез диаграммы направленности фазированной антенной решетки по заданным характеристикам направленности, коэффициента усиления и т.п.
10. Методы формирования диаграмм направленности в многолучевых фазированных антенных решетках.
11. Структурная схема цифровых фазированных антенных решеток.
12. Методы и алгоритмы цифрового формирования диаграммы направленности фазированных антенных решеток.
13. Особенности построения цифровых антенных решеток для активных и пассивных радиолокационных систем.
14. Методы формирования адаптивной диаграммы направленности в цифровых фазированных антенных решетках.
15. Методы подавления помех, применяемых в радиолокационных системах с цифровыми

Согласована на портале № 84147

антенными решетками.
16. Оптимальный метод подавления активных шумовых помех в радиолокационных системах с цифровыми антенными решетками.
17. Цифровые методы формирования диаграмм направленности в многолучевых фазированных антенных решетках.
18. Проектирование фазированных антенных решеток с помощью прикладных специализированных программ (на примере программы Fazar 4.1).
19. Проектирование фазированных антенных решеток с помощью специализированных программ СВЧ моделирования (CST, HFSS и т.п.). Проектирование радиолокационных систем с цифровыми фазированными антенными решетками с помощью специализированных программ (SystemVue, Phased Array System Toolbox).

9.1.3. Темы практических заданий

1. Рассчитать основные характеристики ФАР по заданным параметрам.
2. Рассчитать коэффициент усиления АФАР.
3. Привести структурную схему цифровой антенной решетки и описать основные принципы ее работы.
4. Рассчитать комплексные весовые коэффициенты адаптивной антенной решетки для заданного направления воздействия активной шумовой помехи.
5. Описать основные принципы моделирования антенных решеток в САПР.

9.1.4. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Чем определяется ширина диаграммы направленности антенных решеток?
2. Объясните причину изменения формы диаграммы направленности при сканировании.
3. Объясните влияние дискретности фазы на форму диаграммы направленности.
4. Каково влияние амплитудно-фазового распределения в раскрыве решетки на величину КНД и форму диаграммы направленности?
5. Укажите критерии выбора высоты расположения излучателей над экраном.
6. В чем проявляется взаимная связь между излучателями резонансного типа в решетке?
7. В чем заключается принцип создания требуемого фазового распределения, используемый в работе?

9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Исследование характеристик направленности линейной фазированной антенной решётки
2. Исследование влияния амплитудно- фазового распределения на характеристики диаграммы направленности в антенных решетках с различной апертурой
3. Исследование характеристик направленности фазированной антенной решетки с расположением антенных элементов в узлах прямоугольной и гексагональной сетки

9.1.6. Примерный перечень тем для составления и разработки собственных задач и упражнений

1. Основные характеристики и параметры ФАР.
2. Коэффициент усиления АФАР.
3. Структурная схема цифровой антенной решетки.
4. Принцип действия адаптивной антенной решетки.
5. Основные принципы моделирования антенных решеток в САПР.

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.

Согласована на портале № 84147

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.

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

Согласована на портале № 84147

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.

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 № 84147

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 2 от « 9 » 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.С. Аникин	Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Доцент, каф. РТС	А.С. Аникин	Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. РТС	В.Ю. Куприц	Разработано, f0e626a3-6ea8-403e-b1f0-7853257136b0

Согласована на портале № 84147