

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра радиоприемных и радиопередающих устройств

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н. Хрусталеv В. А.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Антенные системы с обработкой сигналов

Образовательная программа: 11.04.01 Радиотехника, магистерская программа: Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов

Курс: 1, семестр : 2

Факультет радиотехники и электроники,

		Семестр
№	Вид деятельности	2
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	63
4	Лекции, час.	18
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	7
10	Самостоятельная работа, час.	81
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 11.04.01 Радиотехника

ФГОС введен в действие приказом №1409 от 30.10.2014 г. , дата утверждения: 25.11.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 11.04.01 Радиотехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

РПИРПУ, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета радиотехники и электроники, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Горбачев А. П.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Киселев А. В.

Ответственный за образовательную программу:

декан Хрусталеv В. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция НГТУ: ПК.21.В Способность к исследованиям в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем различного назначения; в части следующих результатов обучения:
з5. знать методы анализа и принципы построения антенных систем с обработкой сигналов
у5. уметь разрабатывать и исследовать антенные системы с обработкой сигналов

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Антенные системы с обработкой сигналов</i>	
ПК.21.В.з5 знать методы анализа и принципы построения антенных систем с обработкой сигналов	
1.О принципах построения многолучевых и адаптивных фазированных антенных решеток	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2.О методах оценивания характеристик многолучевых антенных систем и адаптивных антенных решеток	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3.О составе, назначении и принципе действия основных узлов антенных решеток с синтезированной апертурой	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.Типовые узлы и базовые компоненты многолучевых фазированных антенных решеток	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.Методы проектирования ключевых элементов адаптивных антенных решеток	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
6.Математические основы методов анализа процессов направленного излучения энергии в антенных решетках с синтезированной апертурой	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
7.Принцип действия и особенности проектирования замкнутых систем автоматического регулирования параметров антенн	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
8.Конструкторско-технологические особенности реализации многолучевых и адаптивных фазированных антенных решеток	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.21.В.у5 уметь разрабатывать и исследовать антенные системы с обработкой сигналов	
9.Формировать облик современных антенных систем с обработкой сигналов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
10.Рассчитывать геометрические параметры элементов и узлов антенных решеток с обработкой сигналов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
11.Разрабатывать компоновочные схемы и эскизные проекты фазированных антенных решеток с обработкой сигналов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
12.Экспериментальных исследований и настройки ключевых элементов и узлов антенных систем с обработкой сигналов с использованием современных векторных анализаторов цепей.	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 2			
Дидактическая единица: Базовые узлы и модули многолучевых фазированных антенных решеток			
1. Диагностические матрицы Батлера, Бласса и Нолен. Широкополосные дифференциальные фазовращатели Шиффмана на связанных полосковых и микрополосковых линиях, их синтез. Широкополосные мосты и направленные ответвители. Связь структуры матрицы Батлера со структурой алгоритма быстрого преобразования Фурье.	0	2	1, 10, 11, 12, 2, 4
2. Адаптивная ФАР как система из произвольного числа излучателей с произвольным числом регулируемых комплексных весовых коэффициентов. Понятие ковариационной матрицы адаптивной фазированной антенной решетки. Оценивание числа степеней свободы N-мерного пространства для целей адаптации. Формирование уравнений для расчета весовых коэффициентов в пространстве собственных функций. Ортогональные интерферирующие источники. Градиентные методы оптимизации в многолучевых фазированных антенных решетках. Примеры использования градиентных методов в линейных, кольцевых и гексагональных фазированных антенных решетках.	0	2	1, 10, 11, 12, 2, 5, 7, 8, 9
Дидактическая единица: Физико-математические основы формирования диаграмм направленности фазированных антенных решеток с синтезированной апертурой			
5. Дифференциальные тензорные операторы для шестивекторов полей и токов. Тензорная функция Грина, трехмерная дельта-функция, векторная формула Грина. Соотношения Страттона-Чу для токов и полей на замкнутой поверхности. Координатное представление электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера. Разложение тензорной функции Грина по собственным функциям. Спектральное представление электромагнитного поля произвольного распределения токов в однородном изотропном пространстве. Компоненты поля в пространстве волновых векторов (K-пространстве) и произвольном ортогональном трехмерном пространстве (X-пространстве).	0	3	10, 12, 2, 5, 6
6. Метод собственных функций в задачах возбуждения излучающих систем. Метод интегральных уравнений для анализа фазированных антенных решеток. Энергетический метод, основанный на проекционных алгоритмах с учетом баланса энергии и граничных условий на поверхности конструктивных элементов и в отверстиях связи произвольной формы. Разложение электрических и виртуальных магнитных токов по полной системе функций.	0	3	10, 2, 5, 6
Дидактическая единица: Компонентные схемы и облик современных антенных систем с обработкой сигналов			

9. Типовые и базовые компоненты ФАР с обработкой сигналов и адаптивных решеток. Полупроводниковые фазовращатели, конструкции, схемы управления. Ферритовые фазовращатели, перспективы их совершенствования. Волноводно-щелевые делители мощности. Полосковые делители мощности и широкополосные разделительно-суммирующие устройства СВЧ. Волоконно-оптические системы передачи и распределения сигналов СВЧ и КВЧ диапазонов. Волоконные световоды и волоконно-оптические кабели. Светоизлучающие диоды, фотодиодные матрицы, малогабаритные полупроводниковые лазеры.	0	2	10, 11, 12, 3, 7, 8
10. Конструкторско-технологическое проектирование элементов и узлов ФАР с обработкой сигналов. Комплексное решение вопросов схемотехники, конструирования и технологии. Специфика конструирования и технологии волноводных, полосковых и микрополосковых узлов. Формирование активных элементов непосредственно в самом полупроводниковом кристалле или в осажденном на кристалл эпитаксиальном слое с помощью методов диффузии и окисления.	0	2	10, 11, 12, 3, 7, 8
Дидактическая единица: Компьютерные технологии в проектировании антенных систем с обработкой сигналов			
13. Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных ФАР. Разработка многоуровневой физической модели активных элементов, позволяющей определять их выходные параметры по известным входным. Использование принципов декомпозиции и рекомпозиции.	0	2	1, 12, 2, 5, 8, 9
14. Компьютерные методы оптимизации характеристик адаптивных ФАР, критерии оптимизации. Оптимизация режимов работы ключевых базовых элементов ФАР, критерии оптимизации. Параметрический синтез, выбор критериев оптимизации и формирование целевых функций. Генетические алгоритмы, метод сопряженных градиентов, другие методы. Их достоинства и недостатки при использовании в проектировании антенных систем с обработкой сигналов.	0	2	1, 2, 5, 8, 9

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Базовые узлы и модули многолучевых фазированных антенных решеток				

3. Исследование диаграммообразующей матрицы Батлера	2	4	1, 10, 11, 12, 2, 4, 8, 9	Студенты: - моделируют характеристики матрицы Батлера; - знакомятся с измерительной аппаратурой и правилами ее использования; - измеряют рабочие характеристики матрицы Батлера; - сопоставляют результаты моделирования и измерений, объясняют причины расхождений; - формулируют выводы по работе и оформляют отчет.
Дидактическая единица: Физико-математические основы формирования диаграмм направленности фазированных антенных решеток с синтезированной апертурой				
7. Исследование электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера	2,5	5	10, 12, 2, 5, 6, 9	Студенты: - моделируют характеристики электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера; - знакомятся с измерительной аппаратурой и правилами ее использования; - измеряют характеристики электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера; - сопоставляют результаты моделирования и измерений, объясняют причины расхождений; - формулируют выводы по работе и оформляют отчет.
Дидактическая единица: Компонентные схемы и облик современных антенных систем с обработкой сигналов				
11. Исследование волноводных и полосковых делителей мощности	2,5	5	10, 11, 12, 3, 7, 8, 9	Студенты: - моделируют характеристики волноводных и полосковых делителей мощности; - знакомятся с измерительной аппаратурой и правилами ее использования; - измеряют рабочие характеристики волноводных и полосковых делителей мощности; - сопоставляют результаты моделирования и измерений, объясняют причины расхождений; - формулируют выводы по работе и оформляют отчет.
Дидактическая единица: Компьютерные технологии в проектировании антенных систем с обработкой сигналов				

15. Моделирование волноводно-щелевой фазированной антенной решетки	2	4	1, 11, 2, 5, 8, 9	Студенты: - знакомятся с имеющимися на кафедре РПиРПУ пакетами полноволнового электродинамического моделирования; - осваивают процедуры формирования облика антенной системы из имеющихся программных примитивов и базовых элементов; - квалифицируют результаты моделирования как приемлемые или нет; - намечают пути модификации облика антенной системы в случае неприемлемых результатов моделирования; - вырабатывают навыки в использовании системного подхода при модификации облика антенной системы с обработкой сигналов; - формулируют выводы по работе и оформляют отчет по ней.
--	---	---	-------------------	--

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 2				
Дидактическая единица: Базовые узлы и модули многолучевых фазированных антенных решеток				
4. Проектирование диаграммообразующей матрицы Батлера	2	4	1, 10, 11, 12, 2, 4, 8	Студенты: - выполняют расчет матрицы Батлера; - формируют её облик для компьютерного моделирования; - выполняют оптимизацию по результатам электродинамического моделирования; - формулируют выводы и оформляют отчет по теме занятия.
Дидактическая единица: Физико-математические основы формирования диаграмм направленности фазированных антенных решеток с синтезированной апертурой				

8. Проектирование базового излучателя многолучевой фазированной антенной решетки	2,5	5	10, 12, 2, 5, 6, 8, 9	Студенты: - выполняют расчет базового излучателя; - формируют его облик для компьютерного моделирования; - выполняют оптимизацию по результатам электродинамического моделирования; - формулируют выводы и оформляют отчет по теме занятия.
Дидактическая единица: Компонировочные схемы и облик современных антенных систем с обработкой сигналов				
12. Проектирование волноводно-щелевых и микрополосковых мостов	2,5	5	10, 11, 12, 3, 7, 8	Студенты: - выполняют расчет волноводно-щелевых и микрополосковых мостов; - формируют их облик для компьютерного моделирования; - выполняют оптимизацию по результатам электродинамического моделирования; - формулируют выводы и оформляют отчет по теме занятия.
Дидактическая единица: Компьютерные технологии в проектировании антенных систем с обработкой сигналов				
16. Оптимизация параметров полосковой печатной фазированной антенной решетки	2	4	1, 10, 12, 2, 5, 9	Студенты: - знакомятся с имеющимися на кафедре РПИРПУ пакетами полноволнового электродинамического моделирования; - осваивают процедуры оптимизации антенной системы из имеющихся программных алгоритмов; - квалифицируют результаты оптимизации как приемлемые или нет; - намечают пути модификации облика антенной системы в случае неприемлемых результатов оптимизации; - вырабатывают навыки в использовании системного подхода при оптимизации облика антенной системы с обработкой сигналов; - формулируют выводы и оформляют отчет по практическому занятию.

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Контрольные работы	10, 11, 4, 5, 6, 7, 8, 9	22	5
Студенты готовятся к проведению контрольной работы по лекциям, рекомендованной литературе и методическим указаниям, развернутым на сервере кафедры.: Диаграммообразующие устройства многолучевых антенн : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника, электроника и физика" (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков]. - Новосибирск, 2006. - 29, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059				
2	Подготовка к занятиям	10, 11, 12, 4, 5, 6, 7, 8, 9	32	0
Студенты готовятся к предстоящему занятию по лекциям, рекомендованной литературе и текущим методическим указаниям, развернутым на сервере кафедры.: Горбачев А. П. Проектирование печатных фазированных антенных решеток в САПР "CST microwave studio" : учебное пособие / А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 86, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gorbach.rar Проектирование печатных директорных антенн : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника, электроника и физика" (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. П. Горбачев]. - Новосибирск, 2009. - 24, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3703.pdf Проектирование антенн сверхвысоких частот в САПР "CST MICROWAVE STUDIO" : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника и электроника" (образовательные программы 210300 - Радиотехника и 210400 - Телекоммуникации) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов, Н. Э. Унру]. - Новосибирск, 2011. - 51, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564 Диаграммообразующие устройства многолучевых антенн : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника, электроника и физика" (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков]. - Новосибирск, 2006. - 29, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059				
3	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	27	2
Студенты готовятся к экзамену по литературе, конспекту лекций и методическим разработкам: Горбачев А. П. Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил : учебное пособие / А. П. Горбачев, Н. В. Тарасенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 114, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180738 Проектирование антенн сверхвысоких частот в САПР "CST MICROWAVE STUDIO" : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника и электроника" (образовательные программы 210300 - Радиотехника и 210400 - Телекоммуникации) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов, Н. Э. Унру]. - Новосибирск, 2011. - 51, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Социальные сети: vk.com/antenna416
Консультирование	e-mail: gorbachev@corp.nstu.ru
Контроль	e-mail: gorbachev@corp.nstu.ru

Размещение учебных материалов	Портал НГТУ
-------------------------------	-------------

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Деловая игра	ПК.21.В
Формируемые умения: у5. уметь разрабатывать и исследовать антенные системы с обработкой сигналов		
Краткое описание применения: Организуется деловая игра по теме предстоящего занятия с демонстрацией конкретных образцов антенн, подлежащих последующему моделированию и исследованию.		
2	Дискуссия	ПК.21.В
Формируемые умения: у5. уметь разрабатывать и исследовать антенные системы с обработкой сигналов		
Краткое описание применения: Проводится дискуссия в свободной форме по теме предстоящей работы, а также по конкретным вопросам из проделанного домашнего задания.		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 2		
Лабораторная:	10	20
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Проектирование антенн сверхвысоких частот в САПР "CST MICROWAVE STUDIO" : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника и электроника" (образовательные программы 210300 - Радиотехника и 210400 - Телекоммуникации) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов, Н. Э. Унру]. - Новосибирск, 2011. - 51, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564 "		
Практические занятия:	10	20
Контролирующие материалы (Объем требований определяется в рабочем порядке.) приводятся в "Горбачев А. П. Проектирование печатных фазированных антенных решеток в САПР "CST microwave studio" : учебное пособие / А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 86, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gorbach.rar "		
Контрольные работы:	10	20
Контролирующие материалы (Баллы текущего рейтинга зависят от качества выполненной работы.) приводятся в "Диаграммообразующие устройства многолучевых антенн : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника, электроника и физика" (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков]. - Новосибирск, 2006. - 29, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059 "		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Горбачев А. П. Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил : учебное пособие / А. П. Горбачев, Н. В. Тарасенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 114, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180738 "		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита ЛР	Контр. раб.	Экзамен
	ПК.21.В з5. знать методы анализа и принципы построения антенных систем с обработкой сигналов	+	+	+
	ПК.21.В у5. уметь разрабатывать и исследовать антенные системы с обработкой сигналов	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн : [учебник для вузов по специальности 2011 (Радиовещание, радиосвязь, телевидение)] / Г. А. Ерохин [и др.] ; под ред. Г. А. Ерохина. - М., 2007. - 491 с. : ил. - На тит. л. и обл. авт.: О. В. Чернов. - В вып. дан. : О. В. Чернышев.
2. Горбачев А. П. Электромагнитные волны в прямоугольных и круглых волноводах : учебное пособие / А. П. Горбачев, Ю. О. Филимонова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2012. - 210, [1] с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000171184

Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны : учебник для вузов по направлению подготовки 654200 "Радиотехника" / Д. И. Воскресенский и др. ; под ред. Д. И. Воскресенского. - М., 2006. - 375 с. : ил.
2. Воскресенский Д. И. Антенны с обработкой сигнала : учебное пособие для вузов по направлению 654200 "Радиотехника" / Д. И. Воскресенский. - М., 2002. - 80 с.
3. Андрусевич Л. К. Антенны и распространение радиоволн : [учебник для вузов] / Л. К. Андрусевич, А. А. Ищук, К. А. Лайко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 393, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/tutorials/2006/2006_andrusevich.pdf
4. Конструкторско-технологические основы проектирования полосковых микросхем / [И. П. Бушминский и др.] ; под ред. И. П. Бушминского. - М., 1987. - 270, [1] с. : ил.
5. Климачев И. И. СВЧ ГИС. Основы технологии и конструирования / И. И. Климачев, В. А. Иовдальский ; под науч. ред. А. Н. Королева. - М., 2006. - 351 с. : ил.
6. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ : учебник для вузов по специальности "Радиотехника" / Д. М. Сазонов. - М., 1988. - 430, [2] с. : ил.
7. Панченко Б. А. Микрополосковые антенны / Б. А. Панченко, Е. И. Нефёдов. - М., 1986. - 143, [2] с. : ил., схем.
8. Максимов В. М. Устройства СВЧ: основы теории и элементы тракта : учебное пособие для вузов по направлению 654200 "Радиотехника" / В. М. Максимов. - М., 2002. - 72 с. : ил.
9. Горбачев А. П. Синтез микроволновых устройств на связанных линиях передачи / А. П. Горбачев. - Новосибирск, 2010. - 413 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000127261
10. Нефёдов Е. И. Устройства СВЧ и антенны : [учебное пособие по специальностям направления "Радиотехника"] / Е. И. Нефёдов. - М., 2009. - 375, [1] с. : ил., табл.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Проектирование печатных директорных антенн : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника, электроника и физика" (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. П. Горбачев]. - Новосибирск, 2009. - 24, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2009/3703.pdf>
2. Диаграммообразующие устройства многолучевых антенн : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника, электроника и физика" (направление 552500 - Радиотехника) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков]. - Новосибирск, 2006. - 29, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000052059
3. Горбачев А. П. Проектирование директорных антенн методом наводимых электродвижущих сил : учебное пособие / А. П. Горбачев, Н. В. Тарасенко ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 114, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000180738
4. Горбачев А. П. Проектирование печатных фазированных антенных решеток в САПР "CST microwave studio" : учебное пособие / А. П. Горбачев, Е. А. Ермаков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 86, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_gorbach.rar
5. Проектирование антенн сверхвысоких частот в САПР "CST MICROWAVE STUDIO" : методические указания к курсовой работе для факультета "Радиотехника и электроника" (образовательные программы 210300 - Радиотехника и 210400 - Телекоммуникации) всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Горбачев, М. А. Степанов, Н. Э. Унру]. - Новосибирск, 2011. - 51, [2] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000155564

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Windows
- 2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра радиоприемных и радиопередающих устройств

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН РЭФ
д.т.н., профессор В.А. Хрусталеv
“ ” _____ _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Антенные системы с обработкой сигналов

Образовательная программа: 11.04.01 Радиотехника, магистерская программа: Системы и устройства передачи, приема и обработки сигналов

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Антенные системы с обработкой сигналов приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.21.В Способность к исследованиям в целях совершенствования радиоэлектронных средств и систем различного назначения	з5. знать методы анализа и принципы построения антенных систем с обработкой сигналов	Адаптивная ФАР как система из произвольного числа излучателей с произвольным числом регулируемых комплексных весовых коэффициентов. Понятие ковариационной матрицы адаптивной фазированной антенной решетки. Оценивание числа степеней свободы N-мерного пространства для целей адаптации. Формирование уравнений для расчета весовых коэффициентов в пространстве собственных функций. Ортогональные интерферирующие источники. Градиентные методы оптимизации в многолучевых фазированных антенных решетках. Примеры использования градиентных методов в линейных, кольцевых и гексагональных фазированных антенных решетках. Конструкторско-технологическое проектирование элементов и узлов ФАР с обработкой сигналов. Комплексное решение вопросов схемотехники, конструирования и технологии. Специфика конструирования и технологии волноводных, полосковых и микрополосковых узлов. Формирование активных элементов непосредственно в самом полупроводниковом кристалле или в осажденном на кристалл эпитаксиальном слое с помощью методов диффузии и окисления. Метод собственных функций в задачах возбуждения излучающих систем. Метод интегральных уравнений для анализа фазированных антенных решеток. Энергетический метод,	Контрольная работа. Отчет по лабораторной работе.	Экзамен, вопросы 1-15.

		основанный на проекционных алгоритмах с учетом баланса энергии и граничных условий на поверхности конструктивных элементов и в отверстиях связи произвольной формы. Разложение электрических и виртуальных магнитных токов по полной системе функций. Диаграммообразующие матрицы Батлера, Бласса и Нолен. Широкополосные дифференциальные фазовращатели Шиффмана на связанных полосковых и микрополосковых линиях, их синтез. Широкополосные мосты и направленные ответвители. Связь структуры матрицы Батлера со структурой алгоритма быстрого преобразования Фурье. Дифференциальные тензорные операторы для шестивекторов полей и токов. Тензорная функция Грина, трехмерная дельта-функция, векторная формула Грина. Соотношения Стрэттона-Чу для токов и полей на замкнутой поверхности. Координатное представление электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера. Разложение тензорной функции Грина по собственным функциям. Спектральное представление электромагнитного поля произвольного распределения токов в однородном изотропном пространстве. Компоненты поля в пространстве волновых векторов (К-пространстве) и произвольном ортогональном трехмерном пространстве (Х-пространстве). Исследование волноводных и полосковых делителей мощности Исследование диаграммообразующей матрицы Батлера Исследование электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных ФАР. Разработка многоуровневой физической модели активных элементов, позволяющей определять их выходные параметры по известным входным. Использование принципов декомпозиции и		
--	--	---	--	--

		рекомпозиции. Компьютерные методы оптимизации характеристик адаптивных ФАР, критерии оптимизации. Оптимизация режимов работы ключевых базовых элементов ФАР, критерии оптимизации. Параметрический синтез, выбор критериев оптимизации и формирование целевых функций. Генетические алгоритмы, метод сопряженных градиентов, другие методы. Их достоинства и недостатки при использовании в проектировании антенных систем с обработкой сигналов. Моделирование волноводно-щелевой фазированной антенной решетки Проектирование базового излучателя многолучевой фазированной антенной решетки Проектирование волноводно-щелевых и микрополосковых мостов Проектирование диаграммообразующей матрицы Батлера Типовые и базовые компоненты ФАР с обработкой сигналов и адаптивных решеток. Полупроводниковые фазовращатели, конструкции, схемы управления. Ферритовые фазовращатели, перспективы их совершенствования. Волноводно-щелевые делители мощности. Полосковые делители мощности и широкополосные разделительно-суммирующие устройства СВЧ. Волоконно-оптические системы передачи и распределения сигналов СВЧ и КВЧ диапазонов. Волоконные световоды и волоконно-оптические кабели. Светоизлучающие диоды, фотодиодные матрицы, малогабаритные полупроводниковые лазеры.		
ПК.21.В	у5. уметь разрабатывать и исследовать антенные системы с обработкой сигналов	Адаптивная ФАР как система из произвольного числа излучателей с произвольным числом регулируемых комплексных весовых коэффициентов. Понятие ковариационной матрицы адаптивной фазированной антенной решетки. Оценивание числа степеней свободы N-мерного пространства для целей адаптации. Формирование	Контрольная работа. Отчет по лабораторной работе.	Экзамен, вопросы 16-34.

		уравнений для расчета весовых коэффициентов в пространстве собственных функций. Ортогональные интерферирующие источники. Градиентные методы оптимизации в многолучевых фазированных антенных решетках. Примеры использования градиентных методов в линейных, кольцевых и гексагональных фазированных антенных решетках. Конструкторско-технологическое проектирование элементов и узлов ФАР с обработкой сигналов. Комплексное решение вопросов схемотехники, конструирования и технологии. Специфика конструирования и технологии волноводных, полосковых и микрополосковых узлов. Формирование активных элементов непосредственно в самом полупроводниковом кристалле или в осажденном на кристалл эпитаксиальном слое с помощью методов диффузии и окисления. Метод собственных функций в задачах возбуждения излучающих систем. Метод интегральных уравнений для анализа фазированных антенных решеток. Энергетический метод, основанный на проекционных алгоритмах с учетом баланса энергии и граничных условий на поверхности конструктивных элементов и в отверстиях связи произвольной формы. Разложение электрических и виртуальных магнитных токов по полной системе функций. Диаграммообразующие матрицы Батлера, Бласса и Нолен. Широкополосные дифференциальные фазовращатели Шиффмана на связанных полосковых и микрополосковых линиях, их синтез. Широкополосные мосты и направленные ответвители. Связь структуры матрицы Батлера со структурой алгоритма быстрого преобразования Фурье. Дифференциальные тензорные операторы для шестивекторов полей и токов. Тензорная функция Грина, трехмерная дельта-функция,		
--	--	---	--	--

		векторная формула Грина. Соотношения Стрэттона-Чу для токов и полей на замкнутой поверхности. Координатное представление электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера. Разложение тензорной функции Грина по собственным функциям. Спектральное представление электромагнитного поля произвольного распределения токов в однородном изотропном пространстве. Компоненты поля в пространстве волновых векторов (К-пространстве) и произвольном ортогональном трехмерном пространстве (Х-пространстве). Исследование волноводных и полосковых делителей мощности Исследование диаграммообразующей матрицы Батлера Исследование электромагнитного поля в дальней зоне Фраунгофера Компьютерные методы моделирования характеристик ключевых элементов адаптивных ФАР. Разработка многоуровневой физической модели активных элементов, позволяющей определять их выходные параметры по известным входным. Использование принципов декомпозиции и рекомпозиции. Компьютерные методы оптимизации характеристик адаптивных ФАР, критерии оптимизации. Оптимизация режимов работы ключевых базовых элементов ФАР, критерии оптимизации. Параметрический синтез, выбор критериев оптимизации и формирование целевых функций. Генетические алгоритмы, метод сопряженных градиентов, другие методы. Их достоинства и недостатки при использовании в проектировании антенных систем с обработкой сигналов. Моделирование волноводно-целевой фазированной антенной решетки Оптимизация параметров полосковой печатной фазированной антенной решетки Проектирование базового излучателя многолучевой фазированной		
--	--	--	--	--

		антенной решетки Проектирование волноводно-щелевых и микрополосковых мостов Проектирование диаграммообразующей матрицы Батлера Типовые и базовые компоненты ФАР с обработкой сигналов и адаптивных решеток. Полупроводниковые фазовращатели, конструкции, схемы управления. Ферритовые фазовращатели, перспективы их совершенствования. Волноводно-щелевые делители мощности. Полосковые делители мощности и широкополосные разделительно-суммирующие устройства СВЧ. Волоконно-оптические системы передачи и распределения сигналов СВЧ и КВЧ диапазонов. Волоконные световоды и волоконно-оптические кабели. Светоизлучающие диоды, фотодиодные матрицы, малогабаритные полупроводниковые лазеры.		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 2 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.21.В.

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно паспорту экзамена.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 2 семестре обязательным этапом текущей аттестации является контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.21.В, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований,

теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра радиоприемных и радиопередающих устройств

Паспорт экзамена

по дисциплине «Антенные системы с обработкой сигналов», 2 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-17, второй вопрос из диапазона вопросов 18-34 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет радиотехники и электроники

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Антенные системы с обработкой сигналов»

1. Системный анализ фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
2. Особенности конструирования микрополосковых узлов антенных решеток с обработкой сигналов.

Утверждаю: зав. кафедрой РПиРПУ _____ д.т.н., проф. А.В. Киселев
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, не в состоянии интерпретировать результаты математической записи, описывающей процессы адаптации, оценка составляет от 0 до 19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий с неточностями, может показать причинно-следственные связи явлений с пробелами, нечетко интерпретирует результаты математической записи, оценка составляет от 20 до 27 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, но допускает ошибки при математической записи результатов, оценка составляет от 28 до 34 *баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок или допускает мелкие погрешности при математической записи, оценка составляет от 35 до 40 *баллов*.

3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет не менее 20 баллов (из 40 возможных).

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Антенные системы с обработкой сигналов»

1. Системный анализ фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
2. Схемы построения и элементная база антенных решеток с обработкой сигналов.
3. Характеристики фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
4. Понятие квантования амплитудного и фазового распределений фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
5. Фазированные антенные решетки с частотным сканированием.
6. Линейные эквидистантные фазированные антенные решетки с обработкой сигналов.
7. Конструкции и принцип действия ферритовых управляющих устройств фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
8. Конструкции и принцип действия волноводно-щелевых делителей мощности фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
9. Конструкции и принцип действия полосковых делителей мощности фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
10. Многолучевые и совмещенные фазированные антенные решетки с обработкой сигналов.
11. Системный подход к проектированию излучателей фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
12. Классификация и системный анализ многолучевых фазированных антенных решеток.
13. Системный анализ диаграммообразующей схемы Батлера.

14. Системный анализ диаграммообразующей схемы Бласса.
15. Системный анализ диаграммообразующей схемы Нолена.
16. Обобщенные характеристики многолучевых фазированных антенных решеток с обработкой сигналов. Их применение.
17. Конструкции и принцип действия ступенчатых направленных ответвителей и мостов.
18. Конструкции и принцип действия каскадных дифференциальных фазовращателей Шиффмана.
19. Особенности конструирования микрополосковых узлов фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
20. Особенности реализации полосковых узлов передающих фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
21. Синтез широкополосных эллиптических фильтров фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
22. Широкополосные разделительно-суммирующие устройства передающих фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
23. Сверхширокополосные разделительно-суммирующие устройства на несимметричных направленных ответвителях.
24. Аппроксимация частотных характеристик мостов полиномами Чебышева.
25. Аппроксимация частотных характеристик мостов полиномами Баттерворта.
26. Синтез линейного излучателя для антенн с обработкой сигналов.
27. Использование интеграла Фурье в синтезе излучателей антенн с обработкой сигналов.
28. Метод парциальных диаграмм в синтезе излучателей антенн с обработкой сигналов.
29. Метод собственных функций в проектировании антенных систем с обработкой сигналов.
30. Особенности конструирования антенных решеток с обработкой сигналов при учете антенных обтекателей и укрытий.
31. Измерение характеристик излучения фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
32. Собственные и взаимные импедансы излучателей дипольных фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
33. Оптимизация диаграмм направленности директорных излучателей фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
34. Особенности конструирования и технологии двухдиапазонных директорных излучателей фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.
35. Особенности конструирования и технологии монополярных директорных излучателей фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.

36. Технологические процессы реализации полосковых печатных излучателей фазированных антенных решеток с обработкой сигналов.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Антенные системы с обработкой сигналов», 2 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа выполняется в письменной форме. В ней студенту предлагается осветить два вопроса из прилагаемого списка вопросов. Первый вопрос задания выбирается из интервала вопросов 1-6, второй – из интервала 7-12.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если студент при ответе не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений в антенных системах с обработкой сигналов, при математическом анализе и решении уравнений допускает принципиальные ошибки. Оценка составляет от 0 до 9 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студент при ответе дает определений основных понятий, способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений в антенных системах с некоторыми погрешностями, при математическом анализе и решении уравнений допускает серьезные ошибки. Оценка составляет от 10 до 14 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студент при ответе дает определений основных понятий, способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений в антенных системах с мелкими погрешностями, при математическом анализе и решении уравнений допускает непринципиальные ошибки. Оценка составляет от 15 до 17 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если студент при ответе дает определений основных понятий, способен показать причинно-следственные связи процессов и явлений в антенных системах с обработкой сигналов, свободно ориентируется в математическом анализе и решении уравнений обработки сигналов. Оценка составляет от 18 до 20 баллов

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Вопросы к контрольной работе

- 1) Объяснить структуру алгоритма оптимизации методом сопряженных градиентов.
- 2) Пояснить назначение и структуру ковариационных матриц.
- 3) Описать алгоритм оптимизации параметров 4-лучевой матрицы Бласса.
- 4) Разложить тензорную функцию Грина по собственным функциям.

- 5) Дать развернутую характеристику технологического процесса реализации приемопередающих модулей на арсениде галлия.
- 6) Сформировать целевую функцию для построения волноводно-щелевой антенной решетки с обработкой сигналов.
- 7) Разработать алгоритм оптимизации параметров 4-лучевой матрицы Нолен.
- 8) Вывести соотношения Стрэттона-Чу для электромагнитных полей антенных систем с обработкой сигналов.
- 9) Пояснить конструкции и принцип действия фазовращателей Шиффмана.
- 10) На конкретном примере пояснить сущность проекционного алгоритма оптимизации антенных систем с обработкой сигналов.
- 11) Охарактеризовать компоновочные схемы и конструкции печатных цепочечных делителей мощности.
- 12) Пояснить сущность метода собственных функций в анализе антенных систем с обработкой сигналов.