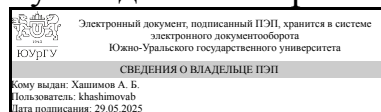


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



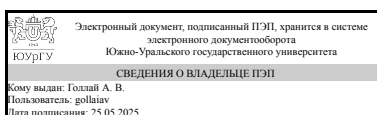
А. Б. Хашимов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины ФД.01 Проектирование антенных комплексов  
для направления 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств  
уровень Магистратура  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Радиоэлектроника и системы связи

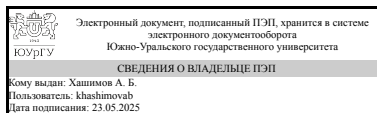
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.04.03 Конструирование и технология электронных средств, утверждённым приказом Минобрнауки от 22.09.2017 № 956

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., доц.



А. В. Голлай

Разработчик программы,  
к.физ.-мат.н., доц., доцент



А. Б. Хашимов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Формирование и развитие знаний у подготавливаемых специалистов в области проектирования антенн с использованием современных методов математического моделирования, средств измерений и систем автоматизированного проектирования. Основные задачи: – изучение основных физических принципов функционирования антенн СВЧ (включая микроэлектронные антенные системы) различных классов и областей применения; – изучение основных методов анализа и расчета антенн различных частотных диапазонов; – приобретение навыков экспериментального исследования и анализа параметров антенных систем и трактов СВЧ; – изучение методов расчета параметров антенн по результатам обработки экспериментальных исследований с применением ЭВМ.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина «Проектирование антенн радиотехнических систем» включает в себя следующие основные разделы: основные характеристики антенн СВЧ диапазона, основные базовые элементы антенн и фазированных антенных решеток, антенны в режиме приема-передачи, линейные антенны и антенные решетки, апертурные антенны, фазированные антенные решетки, методы измерений и диагностики антенн.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                             | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | Знает: основные понятия технологии получения новых знаний (базовые модели, гипотеза, структурная и параметрическая идентификация моделей); основные проблемы использования численных методов исследования научно-технических задач в системах автоматизированного проектирования антенн и устройств СВЧ; методы анализа и оптимизации математических моделей антенн и устройств СВЧ<br>Умеет: применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; использовать программные средства инженерных платформ для решения проектных задач антенн и устройств СВЧ, анализировать результаты математического моделирования; использовать профессионально ориентированные системы автоматизированного проектирования для исследования базовых математических моделей<br>Имеет практический опыт: применения современных теоретических и экспериментальных методов исследования |

|                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                    | антенн и устройств СВЧ, связанных с профессиональной деятельностью по направлению подготовки; анализа научно-технических разработок современных радиоэлектронных средств; работы по составлению формализованных заданий для математического моделирования антенн и устройств СВЧ на основе самостоятельных программных разработок и библиотеки программ численного анализа                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ПК-5 Способность разрабатывать проектно-конструкторскую документацию на конструкции электронных средств в соответствии с методическими и нормативными требованиями | <p>Знает: содержание проблемы проектирования антенн различного назначения в частотной области, перспективные методы автоматизированного проектирования антенн и антенных решеток радиотехнических систем</p> <p>Умеет: проводить конструкторские и технологические расчеты на этапах эскизного проектирования антенн для определения основных ограничений на проектируемые антенны и устройства СВЧ; осуществлять расчеты основных характеристик волноводных трактов, резонаторов и антенн; проводить моделирование, теоретическое и экспериментальное исследование разрабатываемых узлов и устройств, используя современные методы анализа и синтеза</p> <p>Имеет практический опыт: планирования, подготовки проектной документации с соблюдением требований нормативно-технической документации, подготовки отчетов, докладов на научно-технических семинарах, защитах проектных решений; выполнения настройки и проверки правильности функционирования макетов и опытных образцов антенн и устройств СВЧ с использованием соответствующей измерительной аппаратуры и средств автоматизации экспериментальных исследований</p> |

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                                                                                                                                                                                                | Перечень последующих дисциплин, видов работ                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1.Ф.02 Проектирование печатных плат быстродействующей аппаратуры,<br>1.Ф.04 Численные методы в САПР радиоэлектронных средств,<br>Учебная практика (научно-исследовательская работа, получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (1 семестр) | 1.Ф.07 Проектирование систем на основе программируемых контроллеров |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                                                       | Требования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.Ф.02 Проектирование печатных плат быстродействующей аппаратуры | <p>Знает: технические средства обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС), применяемых в печатных узлах; методики оценки параметров ЭМС; стандарты и нормативно-техническую документацию в области проектирования печатных плат, содержание проблемы проектирования печатных плат быстродействующей аппаратуры; перспективные методы автоматизированного проектирования печатных узлов электронных средств</p> <p>Умеет: разрабатывать рекомендации по обеспечению целостности сигнала и повышению помехозащищенности печатных плат, проводить конструкторские и технологические расчеты для проектирования печатных плат; снижения уровня помехоэмиссии от них</p> <p>Имеет практический опыт: проведения конструкторских расчетов для проектирования печатных плат быстродействующей аппаратуры, определения помех отражения в линиях передачи, проведения расчетов, моделирования различных мероприятий по снижению влияния помех в цепях быстродействующей аппаратуры; планирования, подготовки проектной документации с соблюдением требований нормативно-технической документации</p>                                                                      |
| 1.Ф.04 Численные методы в САПР радиоэлектронных средств          | <p>Знает: основные понятия технологии получения новых знаний (базовые модели, гипотеза, структурная и параметрическая идентификация моделей); основные проблемы использования численных методов исследования научно-технических задач в системах автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств; методы анализа и оптимизации математических моделей; основные характеристики программного обеспечения систем автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств различного назначения, методы расчетов, анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств; методы обработки результатов теоретических и экспериментальных исследований с использованием языков программирования высокого уровня; языки программирования современных систем автоматизированного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств; физические принципы функционирования радиоэлектронных средств различного назначения, классов и областей применения для проведения квалифицированных вычислительных экспериментов; методы математического моделирования узлов и блоков радиоэлектронных средств различных диапазонов волн, методы численного</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>исследования математических моделей; современные методы обработки результатов математического моделирования радиоэлектронных средств Умеет: применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; использовать программные средства инженерных платформ для решения проектных задач, анализировать результаты математического моделирования; использовать профессионально ориентированные системы автоматизированного проектирования для исследования базовых математических моделей , проводить моделирование, теоретическое и экспериментальное исследование разрабатываемых устройств, используя современные инженерные платформы для моделирования и оптимизации характеристик радиоэлектронных средств; использовать параллельные вычислительные алгоритмы; разрабатывать формализованные задания для проведения математического моделирования разрабатываемых узлов и устройств, используя современные методы анализа, синтеза и экспериментальных исследований; обеспечивать и документально подтверждать соответствие характеристик разрабатываемого устройства и математической модели; составлять научно-техническую документацию по выполненным исследованиям Имеет практический опыт: применения современных теоретических и экспериментальных методов исследования радиоэлектронных устройств, связанных с профессиональной деятельностью по направлению подготовки; анализа научно-технических разработок современных радиоэлектронных средств.; работы по составлению формализованных заданий для математического моделирования различных объектов на основе самостоятельных программных разработок и библиотеки программ численного анализа , проведения вычислительных экспериментов анализа и оптимизации параметров радиоэлектронных средств; использования результатов вычислительных экспериментов для коррекции входных данных; использования вычислительных методов для проведения математического моделирования физических процессов в проектируемых устройствах.; работы с различными системами автоматизированного проектирования и математического моделирования</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                    | <p>радиоэлектронных средств различного назначения, расчета и моделирования режимов работы радиоэлектронных компонентов, коррекции и настройки радиоэлектронных средств по результатам обработки вычислительных экспериментов с применением ЭВМ</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <p>Учебная практика (научно-исследовательская работа, получение первичных навыков научно-исследовательской работы) (1 семестр)</p> | <p>Знает: задачи и методов научного исследования, современные достижения науки и передовые информационные технологии в проектировании радиоэлектронных средств; методы проведения теоретических и экспериментальных исследований в научно-исследовательских работах в области техники и технологий; требования нормативных документов к оформлению отчетной документации, организацию проектных работ на предприятии, структуру технического задания для проектно-технологической разработки изделия; организацию проектных работ на предприятии, основные приемы обработки и представления экспериментальных данных, организацию проектных работ на предприятии, структуру технического задания для проектно-технологической разработки изделия; организацию проектных работ на предприятии, структуру технического задания для проектно-технологической разработки изделия; основные приемы делового общения в научной, производственной и социально-общественной сферах; основные понятия технологии получения новых знаний (базовые модели, гипотеза, структурная и параметрическая идентификация моделей в материаловедении, основные понятия технологии получения новых знаний (базовые модели, гипотеза, структурная и параметрическая идентификация моделей); организацию проектных работ на предприятиях; основные характеристики программного обеспечения систем автоматизированного проектирования радиоэлектронных средств различного назначения</p> <p>Умеет: получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных; реферировать научные труды, составлять аналитические обзоры накопленных сведений в мировой науке и производственной деятельности; получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных; структурировать, понимать и систематизировать научно-техническую и справочную информацию, оформлять и представлять результаты по выполненной работе; грамотно отвечать на вопросы по теме работы, формулировать пункты технического задания в соответствии с</p> |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>требованиями предприятия; применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств и соответствующего математического аппарата, проводить исследования в применении новых материалов в моделировании, теоретическом и экспериментальном исследовании разрабатываемых узлов и устройств, используя современные методы измерений характеристик радиоэлектронных средств; выполнять настройку и проверять правильность функционирования опытных образцов радиоэлектронных устройств с использованием соответствующей измерительной аппаратуры и средств автоматизации экспериментальных исследований; вести диалог при обсуждении научных, производственных, социально-общественных аспектов, связанных с современными материалами электронной техники; составлять план защиты результатов работы, формулировать пункты технического задания в соответствии с требованиями и правилами предприятия; составлять план защиты результатов работы; проводить моделирование, теоретическое и экспериментальное исследование разрабатываемых устройств с использованием современных методов и средств проектирования; соблюдать при проектировании требований стандартизации и метрологического обеспечения. Имеет практический опыт: формулирования проблемы, задачи и методы научного исследования, обобщения полученные результаты в контексте ранее накопленных в науке знаний и формулирования выводов и практических рекомендаций на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований; публичных выступлений с докладами по тематике исследований в области проектирования радиоэлектронных средств, анализа проектно-технологических решений, работы со стандартами и руководящими материалами; применения современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; применения методов проведения и совершенствования теоретических исследований в научно-исследовательских работах в области проектирования и технологии радиоэлектронных средств, применения</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; анализа проектно-технологических решений, работы со стандартами и руководящими материалами; подготовки публичных выступлений с докладом по тематике современных материалов электронной техники; владения правилами и опытом общения с Заказчиком и Исполнителем, применения современных теоретических и экспериментальных методов исследования радиоэлектронных устройств, связанных с профессиональной деятельностью по направлению подготовки; анализа научно-технических разработок современных радиоэлектронных средств; анализа проектно-технологических решений; работы со стандартами и руководящими материалами.</p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 57,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------|
|                                                                            |             | в часах                    |
|                                                                            |             | Номер семестра             |
|                                                                            |             | 2                          |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 108         | 108                        |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 48          | 48                         |
| Лекции (Л)                                                                 | 32          | 32                         |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 16          | 16                         |
| Лабораторные работы (ЛР)                                                   | 0           | 0                          |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>                                        | 50,5        | 50,5                       |
| Подготовка отчетов по практическим работам                                 | 7           | 7                          |
| Подготовка к экзамену                                                      | 5,5         | 5.5                        |
| Изучение дополнительных разделов дисциплины                                | 10          | 10                         |
| Подготовка и защита курсовой работы                                        | 18          | 18                         |
| Подготовка к практическим занятиям                                         | 10          | 10                         |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 9,5         | 9,5                        |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | экзамен, КР                |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах |
|-----------|----------------------------------|-------------------------------------------|
|-----------|----------------------------------|-------------------------------------------|

|   |                                                                                                                                                                                                                          | Всего | Л  | ПЗ | ЛР |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|----|----|
| 1 | Основные характеристики антенн. Зоны излучения антенн. Амплитудная, фазовая, поляризационная диаграммы антенн. Коэффициент усиления. Полоса частот.                                                                      | 8     | 4  | 4  | 0  |
| 2 | Линейные антенны и антенные решетки. Множитель направленности линейных антенн, теорема перемножения. Условие Хансена-Вудворда. Влияние амплитудно-фазового распределения на множитель направленности линейной антенны.   | 12    | 8  | 4  | 0  |
| 3 | Апертурные антенны и плоские антенные решетки. Эквивалентный линейный излучатель.                                                                                                                                        | 12    | 8  | 4  | 0  |
| 4 | Фазированные антенные решетки. Многолучевые антенные решетки. Цифровые антенные решетки. Измерение характеристик антенн и антенных решеток. Измерительные стенды. Методы обработки результатов измерений в ближней зоне. | 16    | 12 | 4  | 0  |

## 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Кол-во часов |
|----------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Основные характеристики антенн. Назначение и классификация антенн. Структурная схема антенны. Расчет полей излучающей системы (ИС) в дальней, промежуточной и ближней зонах. Векторная комплексная диаграмма направленности антенн. Коэффициент направленного действия (КНД), ширина луча и уровень боковых лепестков (УБЛ). Зависимость КНД от ширины луча и УБЛ. Рабочая полоса частот и предельная мощность антенны. | 2            |
| 2        | 1         | Основные характеристики антенн. Назначение и классификация антенн. Структурная схема антенны. Расчет полей излучающей системы (ИС) в дальней, промежуточной и ближней зонах. Векторная комплексная диаграмма направленности антенн. Коэффициент направленного действия (КНД), ширина луча и уровень боковых лепестков (УБЛ). Зависимость КНД от ширины луча и УБЛ. Рабочая полоса частот и предельная мощность антенны. | 2            |
| 3        | 2         | Передающая антенна как четырехполюсник. Антенны в режиме радиоприема. Эквивалентная схема приемной антенны. Принцип взаимности. Поляризационные соотношения при радиоприеме. Мощность в нагрузке приемной антенны. Эффективная поверхность. Шумовая температура приемной антенны.                                                                                                                                       | 2            |
| 4        | 2         | Вибраторные и щелевые антенны. Электрический вибратор. Распределение тока и заряда. Диаграмма направленности, сопротивление излучения и КНД вибратора.                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2            |
| 5        | 2         | Входное сопротивление и сопротивление излучения вибратора. Действующая длина и КНД вибратора.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2            |
| 6        | 2         | Поле излучения системы одинаковых вибраторов. Теорема перемножения. Взаимное влияние линейных вибраторов. Метод наводимых эдс. Линейные антенны и решетки. Линейные излучающие системы. Идеальный линейный излучатель. Множитель направленности и КНД идеального линейного излучателя. Влияние амплитудно- фазового распределения на параметры линейной антенны.                                                        | 2            |
| 7        | 3         | Излучающие раскрыты и решетки. О применении теоремы эквивалентности к расчету антенн с плоским раскрытием. КНД и эффективная поверхность плоского синфазного раскрытия.                                                                                                                                                                                                                                                 | 2            |
| 8        | 3         | Множитель направленности плоского прямоугольного и круглого раскрытий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 2            |

|    |   |                                                                                                                                                                                      |   |
|----|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    |   | Метод эквивалентного линейного излучателя. Сканирование луча в плоском раскрытии. Плоские ФАР. Размещение излучателей по раскрытию и условия отсутствия побочных главных максимумов. |   |
| 9  | 3 | Апертурные антенны. Рупорные антенны. Линзовые антенны. Зеркальные параболические антенны. Облучатели зеркальных антенн.                                                             | 2 |
| 10 | 3 | Входная мощность и коэффициент усиления антенной решетки. Антенны бегущей волны. Волноводно-щелевые антенные решетки.                                                                | 2 |
| 11 | 4 | Антенные решетки. Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток. Фазированные антенные решетки (ФАР).                                                           | 2 |
| 12 | 4 | Плоские ФАР. Размещение излучателей по раскрытию и условия отсутствия побочных главных лепестков. Выбор шага решетки с направленными элементами                                      | 2 |
| 13 | 4 | Многолучевые антенные решетки. Диаграммообразующие схемы. Матрицы Батлера и Бласса. Антенные решетки с частотным сканированием.                                                      | 2 |
| 14 | 4 | Методы измерения характеристик устройств СВЧ и антенн. Измерительное оборудование диапазона СВЧ.                                                                                     | 2 |
| 15 | 4 | Измерение элементов матрицы рассеяния антенных решеток. Рефлектометры, панорамные измерители, векторные анализаторы цепей СВЧ.                                                       | 2 |
| 16 | 4 | Особенности измерения ДН протяженных антенн, измерения в ближней зоне. Измерение коэффициента усиления и входного сопротивления антенн.                                              | 2 |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Кол-во часов |
|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 1         | Основные характеристики антенн. Назначение и классификация антенн. Структурная схема антенны. Расчет полей излучающей системы (ИС) в дальней, промежуточной и ближней зонах. Векторная комплексная диаграмма направленности антенн. Коэффициент направленного действия (КНД), ширина луча и уровень боковых лепестков (УБЛ). Зависимость КНД от ширины луча и УБЛ. Рабочая полоса частот и предельная мощность антенны. Передающая антенна как четырехполюсник. Антенны в режиме радиоприема. Эквивалентная схема приемной антенны. Принцип взаимности. Поляризационные соотношения при радиоприеме. Мощность в нагрузке приемной антенны. Эффективная поверхность. Шумовая температура приемной антенны. | 4            |
| 2         | 2         | Линейные антенны и решетки. Линейные излучающие системы. Идеальный линейный излучатель. Множитель направленности и КНД идеального линейного излучателя. Влияние амплитудно- фазового распределения на параметры линейной антенны. Линейная антенная решетка (ЛАР). Анализ множителя направленности равномерной ЛАР. Способы подавления побочных главных максимумов. КНД ЛАР. Входная мощность и коэффициент усиления ЛАР. Антенны бегущей волны.                                                                                                                                                                                                                                                          | 4            |
| 3         | 3         | Способы сканирования и задачи, решаемые с помощью антенных решеток. Фазированные антенные решетки (ФАР). Управление фазированием сканирующих антенных решеток. Плоские ФАР. Размещение излучателей по раскрытию и условия отсутствия побочных главных лепестков. Выбор шага решетки с направленными элементами. Многолучевые антенные решетки. Диаграммообразующие схемы. Матрицы Батлера и Бласса. Антенные решетки с частотным сканированием.                                                                                                                                                                                                                                                           | 4            |
| 4         | 4         | Особенности измерения ДН протяженных антенн, измерения в ближней зоне. Измерение коэффициента усиления антенн. Обработка результатов измерений характеристик антенн в ближней зоне.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 4            |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                              |                                                                            |         |              |
|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС                                  | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |
| Подготовка отчетов по практическим работам  | <a href="http://www.kipr.susu.ru">www.kipr.susu.ru</a>                     | 2       | 7            |
| Подготовка к экзамену                       | <a href="http://www.kipr.susu.ru">www.kipr.susu.ru</a>                     | 2       | 5,5          |
| Изучение дополнительных разделов дисциплины | <a href="http://www.kipr.susu.ru">www.kipr.susu.ru</a>                     | 2       | 10           |
| Подготовка и защита курсовой работы         | <a href="http://www.kipr.susu.ru">www.kipr.susu.ru</a>                     | 2       | 18           |
| Подготовка к практическим занятиям          | <a href="http://www.kipr.susu.ru">www.kipr.susu.ru</a>                     | 2       | 10           |

### 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

#### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Учитывается в ПА |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|-----|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1    | 2        | Текущий контроль | Практическая работа 1             | 1   | 10         | Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 8 баллов; 14 дней - 6 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена. | экзамен          |
| 2    | 2        | Текущий контроль | Практическая работа 2             | 1   | 10         | Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 8 баллов; 14 дней - 6 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена. | экзамен          |

|   |   |                          |                       |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |         |
|---|---|--------------------------|-----------------------|---|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 3 | 2 | Промежуточная аттестация | Практическая работа 3 | - | 10 | Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 8 баллов; 14 дней - 6 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена. | экзамен |
| 4 | 2 | Текущий контроль         | Практическая работа 4 | 1 | 10 | Максимальный балл начисляется за сданный без замечаний отчет в установленные сроки, указанные в личном кабинете студента; за опоздание на 7 дней начисляется 8 баллов; 14 дней - 6 баллов; после 15 дней отчет не принимается, начисляется 0 баллов. Для допуска к экзамену отчет без начисленных баллов обязательно должен быть предоставлен не позднее 7 дней до экзамена. | экзамен |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| экзамен                      | <p>Максимальное количество баллов, которое может получить студент, выполнивший в указанные сроки мероприятия текущего контроля, равно 60. После проверки отчетов по практическим работам преподавателем могут быть начислены дополнительные (бонусные) баллы, но не более 10 за одну работу. Дополнительные баллы могут быть начислены за другие достижения студента: участие в научно-технических конференциях; подготовка и публикация статьи в индексируемых изданиях; участие в конкурсах и другое.</p> <p>Студент, которому начислено более 85 баллов, может претендовать на оценку "отлично"; более 70 баллов - "хорошо"; более 60 баллов - "удовлетворительно"; 60 и менее баллов - "неудовлетворительно". В случае несогласия студента с оценкой БРС, назначается экзамен (очный или ДОТ) по всем разделам изучаемой дисциплины.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |
| курсовые работы              | <p>Студенту выдается задание на выполнение курсовой работы, направленной на изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и практические занятия. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Работа оценивается максимум в 20 баллов. 20 баллов - студент изучил материал, оформил пояснительную записку в срок, при защите уверенно и исчерпывающе отвечал на все вопросы. 16 баллов - студент изучил материал, оформил пояснительную записку в срок, при защите уверенно отвечал на большинство вопросов, однако некоторые вопросы вызвали затруднения. 12 баллов -</p>                                                                                                                | В соответствии с п. 2.7 Положения       |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | студент изучил материал, оформил пояснительную записку позже указанного срока, при защите неуверенно отвечал на большинство вопросов. 8 баллов - студент изучил материал, не оформил пояснительную записку в срок, при защите затрудняется с ответами на вопросы. 4 балла - студент изучил материал, не оформил пояснительную записку в срок, есть замечания по содержанию, при защите затрудняется с ответами на вопросы. 0 баллов - студент не выполнил работу. |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | №<br>КМ |   |   |   |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|
|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 1       | 2 | 3 | 4 |
| УК-1        | Знает: основные понятия технологии получения новых знаний (базовые модели, гипотеза, структурная и параметрическая идентификация моделей); основные проблемы использования численных методов исследования научно-технических задач в системах автоматизированного проектирования антенн и устройств СВЧ; методы анализа и оптимизации математических моделей антенн и устройств СВЧ                                                                                                                                        | +       |   |   |   |
| УК-1        | Умеет: применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки; использовать программные средства инженерных платформ для решения проектных задач антенн и устройств СВЧ, анализировать результаты математического моделирования; использовать профессионально ориентированные системы автоматизированного проектирования для исследования базовых математических моделей | +       |   |   |   |
| УК-1        | Имеет практический опыт: применения современных теоретических и экспериментальных методов исследования антенн и устройств СВЧ, связанных с профессиональной деятельностью по направлению подготовки; анализа научно-технических разработок современных радиоэлектронных средств; работы по составлению формализованных заданий для математического моделирования антенн и устройств СВЧ на основе самостоятельных программных разработок и библиотеки программ численного анализа                                          | +       |   |   |   |
| ПК-5        | Знает: содержание проблемы проектирования антенн различного назначения в частотной области, перспективные методы автоматизированного проектирования антенн и антенных решеток радиотехнических систем                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |         |   |   | + |
| ПК-5        | Умеет: проводить конструкторские и технологические расчеты на этапах эскизного проектирования антенн для определения основных ограничений на проектируемые антенны и устройства СВЧ; осуществлять расчеты основных характеристик волноводных трактов, резонаторов и антенн; проводить моделирование, теоретическое и экспериментальное исследование разрабатываемых узлов и устройств, используя современные методы анализа и синтеза                                                                                      |         |   |   | + |
| ПК-5        | Имеет практический опыт: планирования, подготовки проектной документации с соблюдением требований нормативно-технической документации, подготовки отчетов, докладов на научно-технических семинарах, защитах проектных решений; выполнения настройки и проверки правильности функционирования макетов и опытных образцов антенн и устройств СВЧ с использованием соответствующей измерительной аппаратуры и средств автоматизации экспериментальных исследований                                                           |         |   |   | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Приемные распределительные системы телевидения: Проектирование и расчет / М. С. Воробьев, Л. П. Кудрин, Н. И. Сазонов и др. - Челябинск : Татьяна Лурье, 2002. - 232, [7] с. : ил.
2. Сазонов Д. М. Антенны и устройства СВЧ : учеб. для вузов по спец."Радиотехника" / Д. М. Сазонов. - М. : Высшая школа, 1988. - 432 с. : ил.

#### б) дополнительная литература:

1. Сазонов, Д. М. Антенны и устройства СВЧ [Текст] учеб. для вузов по спец."Радиотехника" Д. М. Сазонов. - М.: Высшая школа, 1988. - 432 с. ил.
2. Антенны и устройства СВЧ : для вузов по направлению "Радиотехника" / Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, В. М. Максимов, Л. И. Пономарев ; под ред. Д. И. Воскресенского ; Моск. гос. авиац. ин-т (техн. ун-т). - М. : Издательство МАИ, 1999. - 525, [1] с. : ил.
3. Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток : учеб. пособие для вузов по направлению "Радиотехника" / В. С. Филиппов и др.; под ред. Д. И. Воскресенского. - 2-е изд., перераб. и доп.. - М. : Радио и связь, 1994. - 591,[1] с. : ил.
4. Антенны и устройства СВЧ: Проектирование фазированных антенных решеток : учеб. пособие для радиотехн. спец. вузов / Д. И. Воскресенский, В. Л. Гостюхин, Р. А. Грановская и др.; под ред. Д. И. Воскресенского. - М. : Радио и связь, 1981. - 431 с. : ил.

#### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

Не предусмотрены

#### г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания к освоению дисциплины "Проектирование антенных комплексов"
- 2.

#### из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания к освоению дисциплины "Проектирование антенных комплексов"

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы      | Наименование ресурса в электронной форме | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---|---------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Основная литература | ЭБС издательства Лань                    | Сомов, А.М. Устройства СВЧ и малогабаритные антенны. [Электронный ресурс] / А.М. Сомов, А.Ю. Виноградов, Р.В. Кабетов. — Электрон. дан. — М. : Горячая линия-Телеком, 2012. — 440 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/5201">http://e.lanbook.com/book/5201</a> — Загл. с экрана. |
| 2 | Основная            | ЭБС издательства                         | Шостак, А.С. Антенны и устройства СВЧ. [Электронный                                                                                                                                                                                                                                                 |

|  |            |      |                                                                                                                                                                             |
|--|------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | литература | Лань | ресурс] — Электрон. дан. — М. : ТУСУР, 2012. — 61 с. —<br>Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/10911">http://e.lanbook.com/book/10911</a> — Загл. с<br>экрана. |
|--|------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Не предусмотрено