

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»

Кафедра №21

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель направления
д.т.н., проф.
(должность, уч. степень, звание)
А.Ф. Крячко
(подпись)
«07» 06 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Основы теории и техники фазированных антенных решеток»
(Название дисциплины)

Код направления	25.05.03
Наименование направления/ специальности	Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования
Наименование направленности	Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов
Форма обучения	заочная


Санкт-Петербург 2020 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

Зав. каф. № 21, д.т.н., проф.

должность, уч. степень, звание



 подпись, дата

А.Ф. Крячко

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 21

«27» 05 2020 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 21

д.т.н., проф.

должность, уч. степень, звание

«27» 05 2020 г _____


 подпись, дата

А.Ф. Крячко

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 25.05.03(01)

доц., к.т.н.

должность, уч. степень, звание



 подпись, дата

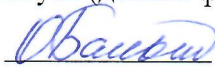
Н.А. Гладкий

инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

должность, уч. степень, звание



 подпись, дата

О.Л. Бальшева

инициалы, фамилия

Аннотация

Дисциплина «Основы теории и техники фазированных антенных решеток» входит в базовую часть образовательной программы подготовки обучающихся по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» направленность «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов». Дисциплина реализуется кафедрой №21.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

профессиональных компетенций:

ПК-2 «готовность к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с направленными свойствами линейной и плоскостной системы излучателей. Излагается принцип качания луча в неподвижных линейных системах излучателей. Рассматриваются решетки с фазовым сканированием луча и их схемы построения. Приводятся сведения об излучателях для решеток СВЧ диапазона. Кроме того, рассматриваются такие элементы тракта, как делители мощности, мосты, ответвители, фазовращатели, некоторые ферритовые устройства.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Основы теории и техники ФАР» является: формирование профессиональной подготовки инженеров по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» в области современных антенн и устройств СВЧ; ознакомление с кругом проблем, стоящих перед специалистами по технической эксплуатации радиоэлектронного оборудования аэропортов и бортовых радиолокационных станций; получение практических навыков по экспериментальному исследованию и настройке фазированных антенных решеток и устройств СВЧ; получение навыков по расчету антенн и устройств СВЧ и умение их использования при техническом обслуживании и настройке радиотехнических устройств и систем, в научно-исследовательской и производственной деятельности в радиотехнических комплексах локационного, навигационного и связного назначения. Дисциплина относится к предметной области основного направления профессиональной деятельности специалиста «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования я воздушных судов и аэропортов».

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими компетенциями: ПК-2 «готовность к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования»:

знать:

- физическую сущность явлений, процессов и эффектов, лежащих в основе функционирования антенн и устройств СВЧ;
- основные законы теории электромагнитного поля;
- физическое содержание электрических характеристик передающих и приемных антенн, линий передачи и устройств СВЧ;
- структуру электромагнитного поля над идеально проводящей поверхностью;
- особенности распространения волн различных диапазонов;
- характеристики передающих и приемных антенн и устройств СВЧ;
- соотношения между геометрическими и электрическими характеристиками антенн;
- методы расчета основных характеристик антенн и устройств СВЧ как объектов эксплуатации,
- методы оценки влияния эксплуатационных факторов на надежность и электрические характеристики антенн и устройства СВЧ;
- принципы и методы согласования антенн с фидерным трактом;
- методы и средства измерения радиотехнических характеристик антенн и устройств СВЧ;
- методы выполнения форм технического обслуживания, поиска и устранения отказов в объекте эксплуатации;
- правила составления аналитических обзоров и научно-технических отчетов по результатам выполненной работы, подготовки публикаций результатов исследований и разработок в виде презентаций, статей и докладов.

уметь:

- учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
- осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования деталей, узлов и устройств радиотехнических систем;
- реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов;

- собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии;
 - обоснованно выбирать и выполнять расчет и проектирование деталей, узлов и устройств СВЧ радиотехнических систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;
 - рассчитывать геометрические и электрические параметры бортовых и наземных антенн;
 - проводить экспериментальные измерения характеристик излучения антенн и параметров устройств СВЧ;
 - выбрать и рассчитать место включения согласующих элементов в фидерном тракте;
 - оценить техническое состояние антенны и фидерного тракта по данным устройств регистрации контроля;
 - эффективно использовать методы и средства контроля и диагностирования технического состояния антенн и устройств СВЧ для определения их работоспособности и готовности к эксплуатации;
 - обрабатывать экспериментальные и расчетные данные;
 - анализировать причины отказов и неисправностей, брака и ошибок в работе инженерных служб.
- владеть навыками:
- построения и чтения схем СВЧ фидерного тракта передающих и приемных антенн;
 - расчета и измерения технических характеристик и параметров антенн и устройств СВЧ;
 - выбора измерительных приборов и работы с ними при определении характеристик антенн и устройств СВЧ;
 - оценки функционального состояния антенно-фидерного тракта по данным систем регистрации и контроля;
 - обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств;
 - организации технического обслуживания и настройки радиотехнических устройств и систем.
- иметь опыт деятельности:
- по расчету параметров проволочных и апертурных антенн и элементов тракта;
 - по проверке работоспособности антенно-фидерных систем в период эксплуатации;
 - по проведению экспериментальных измерений оптических, фотометрических и электрических величин и исследования различных объектов по заданной методике.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- Физика – в разделах «Электричество и магнетизм», «Теория электромагнитного поля»;
- Высшая математика - в разделах «Векторный анализ и теория поля», «Уравнения математической физики с частными производными» (особенно решения уравнений Лапласа, Пуассона, Гельмгольца), «Дифференциальное и интегральное исчисление», «Теория рядов», «Специальные функции», «Матричное исчисление»;
- «Радиотехнические цепи и сигналы» – в разделах «Длинные линии», «Колебательные контуры», «Фильтры»;
- «Электродинамика и РРВ»;
- «Антенны и устройства СВЧ».

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «РНС и комплексы»;
- «Системы связи и телекоммуникации».

3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	4/ 144	4/ 144
<i>Аудиторные занятия</i> , всего час., <i>В том числе</i>	12	12
лекции (Л), (час)	4	4
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	4	4
лабораторные работы (ЛР), (час)	4	4
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
Экзамен, (час)	9	9
<i>Самостоятельная работа</i> , всего	123	123
Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Экз.	Экз.

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
Раздел 1. Направленные свойства линейной системы излучателей Тема 1.1. Поле излучения линейной системы идентичных излучателей. Теорема перемножения. Тема 1.2. Функция направленности непрерывной линейной системы ненаправленных излучателей Тема 1.3. Принцип качания луча в неподвижной антенной решетке ненаправленных излучателей Тема 1.4. Влияние расстояния между	1				11

излучателями на ДН линейной системы излучателей Тема 1.5. Направленные свойства синфазной антенной решетки ненаправленных излучателей Тема 1.6. Направленные свойства антенной решетки с осевым излучением					
Раздел 2. Плоскостные антенные решетки Тема 2.1. Поле излучения плоской двумерной антенной решётки Тема 2.2. Поле излучения трёхмерной плоскостной антенной решетки Тема 2.3. Многовибраторные синфазные антенны Тема 2.4. Структура плоских антенных решёток и способы размещения излучателей	1	1			11
Раздел 3. Антенные решётки с фазовым сканированием Тема 3.1. Схемы фидерного питания ФАР Тема 3.2. ФАР проходного типа Тема 3.3. ФАР отражательного типа		1	2		11
Раздел 4. Волноводно-щелевые антенные решетки Тема 4.1. Виды волноводно-щелевых решеток Тема 4.2. Волноводно-щелевые антенны с механическим изменением фазы Тема 4.3. Антенные решетки с частотным сканированием		1	2		8
Раздел 5. Многолучевые антенные решетки Тема 5.1. Диаграммообразующая схема Бласса Тема 5.2. Диаграммообразующая схема Батлера	1				7
Раздел 6. Антенные решётки с нелинейной обработкой сигнала Тема 6.1. Корреляционные антенные решетки Тема 6.2. Антенные решетки с логическим синтезом					11
Раздел 7. Кольцевые и цилиндрические ФАР Тема 7.1. Амплитудно-фазовое распределение в кольцевой ФАР Тема 7.2. Цилиндрические ФАР					11
Раздел 8. Вибраторные излучатели Тема 8.1. Конструкции вибраторных излучателей Тема 8.2. Микрополосковый излучатель Тема 8.3. Микрополосковая антенная решетка Франклина Тема 8.4. МПА с осевым излучением		1			8
Раздел 9. Рупорные антенны Тема 9.1. Рупора на основе прямоугольного волновода Тема 9.2. Конический рупор					7
Раздел 10. Спиральные антенны Тема 10.1. Цилиндрическая спираль Тема 10.2. Спираль Архимеда Тема 10.3. Логарифмическая спираль					10

Раздел 11. Элементы тракта питания ФАР Тема 11.1. Диодный двухканальный переключатель на волноводных тройниках Тема 11.2. Волноводные направленные ответвители Тема 11.3. Фазовращатели	1				8
Раздел 12. Ферритовые устройства Тема 12.1. Основные свойства ферритов в поле СВЧ с круговой поляризацией Тема 12.2. Невзаимные фазовращатели с поперечным полем подмагничивания феррита Тема 12.3. Ферритовые вентили с поперечным полем подмагничивания Тема 12.4. Ферритовый Y-циркулятор Тема 12.5. Проходной ферритовый фазовращатель на прямоугольном и круглом волноводах					11
Раздел 13. Оконечные нагрузки трактов Тема 13.1. Согласованные нагрузки Тема 13.2. Реактивные нагрузки					9
Итого в семестре:	4	4	4		123
Итого:	4	4	4	0	123

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1	Направленные свойства линейной системы излучателей
Раздел 2	Плоскостные антенные решетки
Раздел 5	Многолучевые антенные решетки
Раздел 11	Элементы тракта питания ФАР

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8				
1	Поле излучения плоской антенной решетки	Расчет геометрических параметров и ДН линейки из полуволновых встречно-наклонных щелей на узкой стенке прямоугольного волновода	1	2

2	ФАР отражательного типа	Расчет геометрических и электрических параметров плоскостной ФАР из полуволновых вибраторов над проводящей поверхностью, возбуждаемой рупором	1	3
3	Волноводно-щелевые антенные решетки	Расчет геометрических и электрических характеристик плоскостных волноводно-щелевых антенн со щелями на широкой стенке волновода	1	4
4	Вибраторные излучатели	Расчет ДН линейки из симметричных вибраторов, возбуждаемых полем прямоугольного волновода	1	8
Всего:			4	

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8			
1.	Исследование фазированной антенной решетки	2	3
2	Исследование волноводно-щелевых антенн	2	4
Всего:		4	

4.5. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Самостоятельная работа, всего	123	123
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	98	98
курсовое проектирование (КП, КР)		
расчетно-графические задания (РГЗ)		
выполнение реферата (Р)		
подготовка к текущему контролю (ТК)	5	5
домашнее задание (ДЗ)		
контрольные работы заочников (КРЗ)	20	20

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю);

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в п.п. 8-10.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
621.396.67 К 85	Крячко, А. Ф. Антенны и устройства сверхвысоких частот: учеб. пособие / А. Ф. Крячко, Л. А. Федорова– СПб.: ГУАП, 2017. – 238 с.	20
	Крячко, А. Ф. Основы теории и техники фазированных антенных решеток: учеб. пособие / А. Ф. Крячко, Л. А. Федорова. – СПб.: ГУАП, 2017. – 197 с. https://lms.guap.ru/new/pluginfile.php/67095/mod_resource/content/0/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D1%82%D0%B5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B8%20%D0%B8%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8%20%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85%20%D1%80%D0%B5%D1%88%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BA.pdf	
ББК 32 848 А 72 УДК 621.396.67	Воскресенский Д.И., Гостюхин В.Л., Максимов В.М., Пономарев Л.И. Устройства СВЧ и антенны М: Радиотехника, 2006 г.- с.376	30
УДК 629.735.06 (075) ББК 39.67 .С36	Силяков В.А., Невейкин М.Е., Аюков Б.А. Системы и средства радиосвязи гражданской авиации в метровом диапазоне волн. Учебное пособие. ГУАП., С.-Пб.,2008г. -180 с.	50
УДК 629.735.06 (075)	Красюк В.Н., Платонов О.Ю. Антенное оборудование самолетов и его эксплуатация.	50

ББК 39.67 .С36	Учебное пособие. ГУАП., С.-Пб.,2002г. – 4 п.л.	
ББК 32 848 А 72 УДК 621.396.67	Красюк В.Н. Проектирование ФАР прямоугольной формы. Учебное пособие. ГУАП., С.-Пб.,1999г. -4 п.л.	200
УДК 629.386.6 ББК 32.85 .С12	Калашников В.С., Негурей А.В. Расчет параметров пассивных узлов СВЧ методами теории цепей. Учебное пособие. ГУАП., С.-Пб., 1999г.-99с.	150
УДК 629.386.6 ББК 32.85 .С12	Калашников В.С., Прусов А.В. Техническая электродинамика. Направляющие системы и направляемые волны. Учебное пособие. ГУАП., С.-Пб.,2002г. -44 с.	100
УДК 629.735.06 (075) ББК 39.67 .С36	Красюк В.Н. Современные принципы построения антенных систем аэропортов. Метод. разработка. ГУАП., С.-Пб., 1999г. 1 п.л.	40
УДК 621.396.67	Красюк В.Н. Электромагнитная совместимость антенных устройств. Учебное пособие. ГУАП., С.-Пб., 2002г.	100
УДК 621.396.67	Антенны и устройства сверхвысоких частот. Федорова Л.А., Данилов Ю.Н. Программы, контрольные вопросы и методические указания к выполнению контрольных работ .ГУАП., С.-Пб., 2005г. 22с.	100
УДК 621.396.67(075) ББК 32.845 Б 43	Белоцерковский Г.Б., Красюк В.Н. Задачи и расчеты по курсу «Устройства СВЧ и антенны» С.Пб.,2002г.177с	20

6.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
6Ф2 12 Д 72 УДК 621.396.67	Драбкин А.Л., Зузенко В.Л., Кислов А.Г. Антенно-фидерные устройства. М.: Сов.радио, 1974г. -586с.	33

6Ф2.02. 396.67 М-26	Марков Г.Т., Сазонов Д.М. Антенны. М.: Энергия, 1975г.-528с	5
(537(ЛИАП) Т-38)	Ю.Н.Данилов, В.Н.Красюк, Б.Т.Никитин, Л.А.Федорова Техническая электродинамика и антенны. Ч.1.Электродинамика. Учебное пособие. ЛИАП, Л., 1991г.-165с.	150
621.37(СПИАП) Т-38	Ю.Н.Данилов, В.Н.Красюк, Б.Т.Никитин, Л.А.Федорова Техническая электродинамика и антенны. Ч.2.Антенны. Учебное пособие. ЛИАП, Л., 1992г.-196с	150
621.396.67 (ЛИАП) Н-62	Никитин Б.Т. Теория и техника фазированных антенных решеток. Учебное пособие. ЛИАП. Л., 1988г. -64с.	3
УДК 629.385.46 ББК 39.46	Воробьев Е.А. Основы конструирования судовых устройств СВЧ. Ленинград, Судостроение, 1985, 240 с.	20

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=82	Григорьев И.Н. Практические конструкции антенн/ ISBN 5-89818-061-3
http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=818	Ротхаммель К., Кришке А. Антенны. Том 1, 11-е изд. 416 с. ISBN 5-85648-715-X
http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=81	Ротхаммель К., Кришке А. Антенны. Том 2 ДМК, ISBN 5-85648-716-8
http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=2689	Кравченко В.Ф., Сиренко Ю.К., Сиренко Преломление электромагнитных волн открытыми резонансными . Моделирование и анализ переходных и установившихся процессов. Физматлит, 2011. -320с. ISBN
http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=403	Фальковский О.И. Техническая электродинамика 2009.-432с. ISBN 978-5-8114-0980-8
http	Антенно-фидерные устройства и распространение

://lib.aanet.ru/index.php?option=com_irbis&Itemid=300&121DBN=BOOKS&121DBNAM=BOOKS&C21COM=S&521ALL=(<>MFN=47038<>)	радиоволн. Учебник /Г.А.Ерохин,Н.Д.Козырев,Черных / Ред.Г.А.Ерохин, 2007.-491с.
---	--

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория «Устройства СВЧ и антенны»	14-02 Гаст.
3	Класс для практических занятий	11-01 БМ

10. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

10.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Задачи; Тесты.

10.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
ПК-2 «готовность к проведению испытаний и определению работоспособности установленного, эксплуатируемого и ремонтируемого транспортного радиоэлектронного оборудования»	
3	Механика
3	Радиотехнические цепи и сигналы
4	Радиотехнические цепи и сигналы
4	Электроника
4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
5	Электродинамика и распространение радиоволн
6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
6	Антенны и устройства сверхвысокой частоты
7	Средства регистрации параметров полета летательных аппаратов
7	Основы теории и техники фазированных антенных решеток
7	Информационно-телеметрические системы
7	Радиолокационные системы и комплексы
7	Антенны и устройства сверхвысокой частоты
8	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
8	Испытание и эксплуатация авиационной и ракетно-космической техники
9	Спутниковые системы навигации, связи и наблюдения
9	Системы связи и телекоммуникаций
9	Радионавигационные системы и комплексы
10	Системы связи и телекоммуникаций
10	Конструирование, технология и эксплуатация радиоэлектронного оборудования аэропортов
10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

10.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-	4-балльная	

бальная шкала	шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; - уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; - опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; - умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; - делает выводы и обобщения; - свободно владеет системой специализированных понятий.
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; - не допускает существенных неточностей; - увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; - аргументирует научные положения; - делает выводы и обобщения; - владеет системой специализированных понятий.
$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; - допускает несущественные ошибки и неточности; - испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; - слабо аргументирует научные положения; - затрудняется в формулировании выводов и обобщений; - частично владеет системой специализированных понятий.
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> - обучающийся не усвоил значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; - испытывает трудности в практическом применении знаний; - не может аргументировать научные положения; - не формулирует выводов и обобщений.

10.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1	Поле излучения линейной решетки идентичных излучателей. Теорема перемножения
2	Множитель решетки равно амплитудных эквидистантных излучателей с прогрессивным питанием по фазе.
3	Функция направленности непрерывной линейной системы излучателей.
4	Принцип качания луча в фазированной антенной решетке изотропных излучателей
5	Влияние расстояния между излучателями на диаграмму направленности антенной решетки.
6	Направленные свойства антенной решетки синфазных ненаправленных излучателей
7	Направленные свойства антенной решетки ненаправленных излучателей с осевым излучением. Антенна «волновой канал».
8	Антенная решетка из двух синфазных ненаправленных излучателей.

	Диаграммы направленности при различных расстояниях между излучателями.
9	Антенная решетка из двух противофазных ненаправленных излучателей. Диаграммы направленности при различных расстояниях между излучателями
10	Диаграммы направленности антенной решетки из двух ненаправленных излучателей при расстояниях между ними $\lambda/4$ и сдвиге по фазе между токами $\pi/2$.
11	Влияние экрана на излучение вибратора. Метод зеркальных изображений.
12	Функция направленности плоскостной двухмерной и трехмерной антенной решетки.
13	Структура плоских антенных решеток и способы размещения излучателей
14	Схемы фидерного питания антенной решетки с фазовым сканированием луча.
15	Фазированная антенная решетка проходного типа с пространственным питанием. Амплитуда и фаза поля на излучающем раскрыве.
16	Фазированная антенная решетка отражательного типа с пространственным питанием. Амплитуда и фаза поля на излучающем раскрыве.
17	Волноводно-щелевые антенные решетки со сканированием луча. Примеры конструктивного выполнения АР с широким сектором сканирования.
18	Многолучевая антенная решетка последовательного питания с диаграммообразующей схемой Бласса.
19	Многолучевая антенная решетка параллельного питания с диаграммообразующей схемой Батлера.
20	Антенные решетки с обработкой сигнала (корреляционные АР и АР с логическим синтезом).
21	Кольцевая фазированная антенная решетка. Принцип работы и поле излучения АР.
22	Конструкции вибраторных антенн, используемых в ФАР.
23	Синфазно-горизонтальная вибраторная антенная решетка и микрополосковая антенна Франклина. Конструкция, принцип работы.
24	Волноводно-щелевые излучатели и антенные решетки на их основе
25	Волноводные и рупорные излучатели в АР на их основе.
26	Диэлектрические стержневые излучатели и АР на их основе
27	Цилиндрическая спиральная антенна и АР на ее основе.
28	Принцип работы и геометрические параметры спирали Архимеда
29	Принцип работы и геометрические параметры равноугольной плоской спирали
30	Микрополосковый излучатель. Конструкция, распределение токов и полей, излучаемая поляризация.
31	Принцип работы и конструкции механических фазовращателей на отрезках линий передачи.
32	Механический фазовращатель на двойном волноводном тройнике.
33	Механический фазовращатель на волноводном щелевом мосте.
34	Коммутационный фазовращатель отражательного типа на отрезках линий передачи.
35	Проходной коммутационный фазовращатель на двойном волноводном тройнике.
36	Проходной коммутационный фазовращатель на волноводном щелевом мосте.
37	Проходной коммутационный фазовращатель на переключаемых отрезках линий передачи.
38	Схемы коммутационных фазовращателей на отрезках линий передачи, обеспечивающие дискретное изменение фазы в излучателях АР.
39	Конструкции АР с последовательным распределением мощности и коммутационными фазовращателями на щелевых мостах
40	Конструкции АР с последовательным распределением мощности и

	коммутационными фазовращателями на щелевых мостах
41	Регулируемый делитель мощности на двойных волноводных тройниках.
42	. Регулируемый делитель мощности на щелевых волноводных мостах.
43	. Намагниченный феррит в поле СВЧ.
44	Ферритовый фазовращатель на прямоугольном волноводе Реджира Спенсера.
45	Ферритовый фазовращатель на круглом волноводе с волной H_{11} .
46	Ферритовый фазовращатель на прямоугольном волноводе с поперечно-намагниченной пластиной.
47	Ферритовый У-циркулятор и его применение
48	Двухканальный ферритовый переключатель

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1	Каким выражением описывается нормированная функция направленности линейной системы эквидистантных ненаправленных излучателей в дальней зоне?
2	Сформулируйте теорему перемножения?
3	Как ориентирована в пространстве диаграмма направленности синфазной линейной системы излучателей?
4	Сформулируйте принцип качания луча в неподвижной линейной системе излучателей?
5	Что такое фазированная антенная решетка?
6	Как влияет увеличение расстояния между излучателями на диаграмму направленности антенной решетки?
7	Каким должно быть расстояние между излучателями синфазной решетки?
8	Что собой представляет симметричный вибратор?
9	Каким выражением описывается функция направленности симметричного вибратора в дальней зоне?

10	Какой вид имеет амплитудная функция направленности полуволнового симметричного вибратора в Е и Н - плоскостях?
11	Как изменится диаграмма направленности симметричного полуволнового вибратора в Е плоскости, если увеличить его длину до $2l = 1,5\lambda$?
12	Чему равно активное входное сопротивление полуволнового и волнового вибраторов малой толщины?
13	Какой вид в пространстве имеет диаграмма направленности в Е- и Н-плоскости линейной системы из двух излучателей А-Р?
14	Какие условия необходимо выполнить, чтобы антенна волновой канал излучала в диаграмму направленности вдоль оси линейной системы излучателей?
15	Какие условия необходимо выполнить, чтобы в диаграмме направленности линейной системы с осевым излучением не возникали дифракционные максимумы?
16	В чем заключается метод зеркального изображения?
17	Как учесть влияние проводящего экрана на диаграмму направленности симметричного полуволнового вибратора, расположенного горизонтально на высоте h над экраном?
18	Каким образом надо прорезать щель в волноводе с волной типа Н ₁₀ , чтобы она излучала?
19	Какой вид имеет диаграмма направленности полуволновой щели в Е - и Н-плоскостях, прорезанной в плоском безграничном экране?
20	Какую поляризацию излучает волноводно-щелевая антенна (ВЩА) со встречно-наклонными щелями на узкой стенке прямоугольного волновода с расстоянием между щелями $\Lambda/2$?
21	Какой вид имеет диаграмма направленности волноводно-щелевой антенны (ВЩА) бегущей волны с поперечными щелями на широкой стенке прямоугольного волновода при расстоянии между щелями $d = \Lambda/4$?
22	Какая стенка прямоугольного волновода увеличивается в размере для получения Н- плоскостного секториального рупора?
23	Какая стенка прямоугольного волновода увеличивается в размере для получения Е- плоскостного секториального рупора?
24	Как влияют угол раскрыва рупора Ψ и его радиальная длина R на величину фазовых искажений в раскрыве?
25	Какую поляризацию излучает цилиндрическая спиральная антенна, у которой длина витка равна длине волны?
26	Почему спираль Архимеда является широкополосной антенной?
27	Каковы свойства внутренне согласованного волноводного Е-тройника?
28	Каковы свойства внутренне согласованного волноводного Н-тройника?
29	Каковы причины необходимости внутреннего согласования волноводного Н-тройника?
30	Каковы причины необходимости внутреннего согласования волноводного Е-тройника?
31	Как выглядит конструкция двухканального делителя мощности с использованием волноводного тройника?
32	Как выглядит конструкция фазовращателя с использованием двойного волноводного тройника?
33.	Как выглядит конструкция фазовращателя с использованием щелевого волноводного моста?
34.	Как выглядит конструкция регулируемого делителя мощности с использованием щелевого волноводного моста?
35.	Как выглядит конструкция волноводного направленного ответвителя?

5. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1.	Рассчитать диаграммы направленности антенны «волновой канал»
2.	Рассчитать геометрические параметры и ДН линейки из полуволновых встречно-наклонных щелей на узкой стенке прямоугольного волновода
3.	Рассчитать геометрические и электрические параметры плоскостной ФАР из полуволновых вибраторов над проводящей поверхностью, возбуждаемой рупором
4.	Рассчитать геометрические и электрические характеристики плоскостных волноводно-щелевых антенн со щелями на широкой (на узкой) стенке волновода
5.	Рассчитать ДН линейки из симметричных вибраторов, возбуждаемых полем прямоугольного волновода
6.	Рассчитать геометрические и электрические параметры рупорных антенн (Е и Н- плоскостного рупора, пирамидального, конического)
7.	Рассчитать геометрические и электрические параметры цилиндрической спиральной антенны
8.	Получение матрицы рассеяния нагруженного тройника и расчет КБВ на входе и развязки между плечами от величины модуля коэффициента отражения нагрузки
9.	Получение матрицы рассеяния нагруженного щелевого моста и расчет КБВ на входе и развязки между плечами от величины модуля коэффициента отражения нагрузки
10	Получение матрицы рассеяния регулируемого делителя мощности рна щелевых мостах и расчет КБВ на входе и развязки между плечами от величины модуля коэффициента отражения нагрузки

10.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области современных фазированных антенных решеток и элементов тракта; создание поддерживающей образовательной среды преподавания по специальности «25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» направленность «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов»; предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки

в области экспериментального исследования и настройке антенн и устройств СВЧ, а также навыки по автоматизированному расчету и умение их использования при техническом обслуживании и настройке радиотехнических устройств и систем, в научно-исследовательской и производственной деятельности в областях локационного, навигационного и связного назначения

Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

1. Формулировка задачи лекции.
2. Разделы и параграфы излагаемого материала с соответствующими математическими выкладками.
3. Графические материалы необходимых теоретических зависимостей.
4. Выводы по каждому разделу.

<https://lms.guap.ru/new/course/view.php?id=331>

Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающемуся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);
- в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

Требования к проведению практических занятий

Наличие оборудованной аудитории.

<https://lms.guap.ru/new/course/view.php?id=331>

Методические указания для обучающихся по прохождению лабораторных работ (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач у обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

1. Ознакомиться с методической разработкой к лабораторной работе.
2. Проработать самостоятельно теоретический материал, поддерживающий тематику лабораторной работы.
3. Ознакомиться с аппаратурой, входящей в лабораторную установку.
4. Рассчитать и построить необходимые теоретические зависимости по заданию преподавателя.
5. Ответить на контрольные вопросы, имеющиеся в методической разработке к лабораторной работе.
5. Ответить на вопросы коллоквиума, проводимого преподавателем перед выполнением лабораторной работы.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет должен содержать:

1. Титульный лист.
2. Краткую формулировку задачи исследования.
2. Структурную схему измерительной установки лабораторной работы.
3. Таблицы экспериментальных исследований.
4. Графические зависимости от заданных параметров исследуемых величин.
5. Расчетные данные и графические материалы необходимых теоретических зависимостей.
6. Сравнительный анализ данных теории и эксперимента.
7. Выводы по работе.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет выполняется в соответствии с действующими государственными стандартами каждым студентом индивидуально в печатном или рукописном виде на белой бумаге формата 210x297 мм. Таблицы экспериментальных исследований и теоретических расчетов приводятся с соответствующей нумерацией и заголовками.

Перечень методических указаний по проведению лабораторных работ. Все методички имеются на кафедре в электронном виде.

1. Исследование антенны типа «волновой канал». Никитин Б.Т. Метод. указ. к выполнению лаб. раб. ЛИАП, Л., 1986г. -25с.

<https://lms.guap.ru/new/mod/lesson/view.php?id=21617>

2. Исследование рупорных антенн с корректирующими линзами. Федорова Л.А., Гладкий Н.А. Метод. указ. к выполнению лаб. раб. ГУАП, С.-Пб.2002г. -25с.

3. Исследование зеркальных антенн. Данилов Ю.Н., Никитин Б.Т. Метод. указ. к выполнению лаб. раб. ГААП, С.-Пб., 1996г. -25с.

4. Согласование волновода с нагрузкой. Федорова Л.А., Мишура Т.П. Метод. указ. к выполнению лаб. раб. ЛИАП, Л., 1991г. -30с.

5. Исследование четырех плечных волноводных элементов антенных переключателей. Федорова Л.А., Данилов Ю.Н. Метод. указ. к выполнению лаб. раб. ГААП, С.-Пб., 1994г. -24с.

6. Исследование фазированной антенной решетки. Мельникова А.Ю., Федорова Л.А. Метод. указ. к выполнению лаб. раб. ГУАП, С.-Пб., 2008г. -41с.

7. Исследование плоской двухзаходной спиральной антенны. Федорова Л.А., Французов А.Д. Метод. указ. к выполнению лаб. раб. ГУАП, С.-Пб., 2002г. -22с.

Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

Перечень тем для самостоятельной работы приведен в таблице 2

Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний

обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой