

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР и МД  
Сенченко П.В.  
«11» 12 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СХЕМОТЕХНИКА МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, наноэлектроника и микросистемная техника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **1**

Семестр: **2**

Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	72	72	часов
Общая трудоемкость	108	108	часов
(включая промежуточную аттестацию)	3	3	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	2

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сенченко П.В.  
Должность: Проректор по УР и МД  
Дата подписания: 11.12.2024  
Уникальный программный ключ:  
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 82438

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цели дисциплины**

1. Подготовка магистров в области разработки микроволновых устройств, основанных на использовании активных и пассивных элементов СВЧ-диапазона.

### **1.2. Задачи дисциплины**

1. Получение необходимых знаний по физическим основам функционирования активных и пассивных микроволновых элементов.

2. Получение необходимых знаний по методам расчёта параметров и характеристик микроволновых устройств на основе активных и пассивных элементов, по основам их проектирования.

3. Приобретение навыков работы с пакетом программ автоматизированного проектирования типа ADS.

4. Получение знаний по методам измерения электрических параметров и характеристик микроволновых схем и устройств.

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.02.06.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Универсальные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
-	-	-
<b>Профессиональные компетенции</b>		

ПК-3. Способен проектировать объекты профессиональной деятельности	ПК-3.1. Знает основные модели жизненного цикла проекта элементов и устройств электроники и наноэлектроники, его этапы и фазы, их характеристики и особенности применения	Знает методики проектирования широкого ряда пассивных и активных СВЧ устройств.
	ПК-3.2. Умеет разрабатывать и реализовывать этапы проекта в сфере профессиональной деятельности	Умеет пользоваться специализированными алгоритмами и программами для расчета широкополосных согласующих цепей.
	ПК-3.3. Владеет навыками работы в области проектной деятельности и реализации проектов	Владеет необходимыми навыками для проектирования СВЧ устройств.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b>	72	72
Подготовка к зачету с оценкой	24	24
Написание конспекта самоподготовки	20	20
Выполнение практического задания	4	4
Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	4	4
Подготовка к тестированию	20	20
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	108	108
<b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>	3	3

**5. Структура и содержание дисциплины**

**5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности**

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>					

1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники	4	6	12	22	ПК-3
2 Пассивные устройства СВЧ	6	6	12	24	ПК-3
3 Микроволновые усилители	2	6	12	20	ПК-3
4 Генераторы СВЧ колебаний	2	-	12	14	ПК-3
5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона	2	-	12	14	ПК-3
6 Основы измерений СВЧ-устройств	2	-	12	14	ПК-3
Итого за семестр	18	18	72	108	
Итого	18	18	72	108	

## 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники	Типы и параметры линий передачи СВЧ. Расчёт эквивалентных схем и характеристик отрезков линий передачи. Матрица рассеяния. Диаграмма Вольперта-Смитта и её использование для расчёта характеристик устройств СВЧ. Согласующие цепи на элементах с сосредоточенными и распределёнными параметрами.	4	ПК-3
	Итого	4	
2 Пассивные устройства СВЧ	Описание расчётов основных используемых пассивных устройств СВЧ. Делители мощности (шлейфные, кольцевые, мосты Уилкинсона), согласующие цепи на отрезках линий передачи, фильтры, направленные ответвители. Эквивалентные схемы компонентов, используемых в устройствах СВЧ.	6	ПК-3
	Итого	6	
3 Микроволновые усилители	Определение коэффициента шума и коэффициента передачи усилителей, способы измерения. Условия устойчивости усилителей. Особенности построения схем усилителей по назначению. Расчёт параметров малошумящих усилителей СВЧ диапазона. Основные схемы включения активных элементов. Расчёт характеристик устройств.	2	ПК-3
	Итого	2	

4 Генераторы СВЧ колебаний	Основные параметры микроволновых генераторов. Нелинейные параметры активных элементов. Определение фазового шума генераторов. Генераторы СВЧ колебаний на основе двухполюсников, методы анализа и расчёта характеристик. Условия баланса амплитуд и баланса фаз. Генераторы СВЧ на основе четырёхполюсников, методы анализа и расчёта характеристик.	2	ПК-3
	Итого	2	
5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона	Назначение и принципы переноса частоты. Основные схемы и параметры смесителей СВЧ. Расчёт характеристик схем смесителей. Умножители частоты, их особенности и применение.	2	ПК-3
	Итого	2	
6 Основы измерений СВЧ-устройств	Основы измерения коэффициента шума. Основы векторного анализа цепей. Векторная коррекция, калибровка.	2	ПК-3
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
<b>2 семестр</b>			
1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники	Согласование фидеров с нагрузкой	6	ПК-3
	Итого	6	
2 Пассивные устройства СВЧ	Проектирование двухканального делителя-сумматора Вилкинсона	6	ПК-3
	Итого	6	
3 Микроволновые усилители	Моделирование СВЧ усилителей мощности	6	ПК-3
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

### 5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
<b>2 семестр</b>				
1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-3	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	2	ПК-3	Конспект самоподготовки
	Выполнение практического задания	2	ПК-3	Практическое задание
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	2	ПК-3	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Подготовка к тестированию	2	ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
2 Пассивные устройства СВЧ	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-3	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	2	ПК-3	Конспект самоподготовки
	Выполнение практического задания	2	ПК-3	Практическое задание
	Выполнение расчетной / расчетно-графической работы	2	ПК-3	Расчетная / расчетно-графическая работа
	Подготовка к тестированию	2	ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
3 Микроволновые усилители	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-3	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	4	ПК-3	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	4	ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
4 Генераторы СВЧ колебаний	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-3	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	4	ПК-3	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	4	ПК-3	Тестирование
	Итого	12		

5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-3	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	4	ПК-3	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	4	ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
6 Основы измерений СВЧ-устройств	Подготовка к зачету с оценкой	4	ПК-3	Зачёт с оценкой
	Написание конспекта самоподготовки	4	ПК-3	Конспект самоподготовки
	Подготовка к тестированию	4	ПК-3	Тестирование
	Итого	12		
Итого за семестр		72		
Итого		72		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	Зачёт с оценкой, Конспект самоподготовки, Практическое задание, Расчетная / расчетно-графическая работа, Тестирование

## **6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся**

### **6.1. Балльные оценки для форм контроля**

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
<b>2 семестр</b>				
Зачёт с оценкой	0	0	30	30
Конспект самоподготовки	4	4	8	16
Практическое задание	8	8	10	26
Расчетная / расчетно-графическая работа	6	6	4	16
Тестирование	4	4	4	12
Итого максимум за период	22	22	56	100
Нарастающим итогом	22	44	100	100

### **6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль**

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

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

### 6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Основы теории и проектирования ВЧ- и СВЧ-устройств на регулярных связанных линиях передачи: Учебное пособие / А. Г. Лошилов, Н. Д. Малютин - 2018. 136 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/8281>.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Устройства СВЧ и антенны: Учебное пособие / Л. И. Шангина, В. А. Замотринский - 2012. 223 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/712>.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

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

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

3. Певцов, Е. Ф. Проектирование СВЧ устройств в САПР ADS : учебно-методические пособия / Е. Ф. Певцов, В. В. Крутов, А. О. Казачков. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 69 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/226700>.

#### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

## **7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

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

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

### **8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебно-научная лаборатория микроволновых устройств и антенн: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 225/2 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

Источник питания постоянного тока DP831A.Rigol 16 шт.

Панель интерактивная LMP7502ELN Lumien 75EL

Монитор 27" 20 шт.

Монитор MSI 27" Pro MP271 12 шт.

Системный блок 1 8 шт.

Системный блок 2 8 шт.

- Комплект специализированной учебной мебели;

- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Comsol 6.1.0.282;

- GNU Radio;

- PTC Mathcad 14;

- Qucs;

### **8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;

- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;

- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;

- компьютеры;

- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

#### **8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфорtnого просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

### **9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

#### **9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации**

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Основы полупроводниковой СВЧ электроники	ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

2 Пассивные устройства СВЧ	ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Расчетная / расчетно-графическая работа	Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
3 Микроволновые усилители	ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
4 Генераторы СВЧ колебаний	ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
5 Преобразователи частоты микроволнового диапазона	ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
6 Основы измерений СВЧ-устройств	ПК-3	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Конспект самоподготовки	Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

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

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть

2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

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

#### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой тип волны распространяется в коаксиальной линии передачи?
  - а) Н-волна;
  - б) Е-волна;

- в) Т-волна;  
г) М-волна;
2. Чему равно входное сопротивление четвертьволнового отрезка линии передачи сопротивлением 50 Ом, подключенный к нагрузке сопротивлением 100 Ом?  
а) 25 Ом  
б) 50 Ом  
в) 75 Ом  
г) 112,5 Ом
3. Чему равно входное сопротивление полуволнового отрезка линии передачи сопротивлением 75 Ом, подключенный к нагрузке сопротивлением 50 Ом?  
а) 25 Ом  
б) 50 Ом  
в) 75 Ом  
г) 112,5 Ом
4. Чему равно эквивалентное сопротивление катушки индуктивности номиналом 5 нГн на частоте 3 ГГц?  
а) 94,2 Ом  
б)  $j94,2$  Ом  
в)  $-j94,2$  Ом  
г) 50 Ом
5. Чему равен КСВН устройства, если коэффициент отражения равен 0,5?  
а) 2  
б) 1,5  
в) 0,5  
г) 3
6. Чему равен коэффициент передачи делителя мощности Уилкинсона в дБ?  
а) 3 дБ  
б) 0,5 дБ  
в) -3 дБ  
г) -0,5 дБ
7. Чему равна разность фаз на выходах делителя мощности Уилкинсона в градусах?  
а) 90  
б) 180  
в) 0  
г) 270
8. Чему равна разность фаз на выходах квадратурного делителя мощности в градусах?  
а) 90  
б) 180  
в) 0  
г) 270
9. Чему равна разность фаз на выходах моста Ланге в градусах?  
а) 90  
б) 180  
в) 0  
г) 270
10. Чему равен общий коэффициент шума трёх последовательно соединённых одинаковых усилителей с коэффициентами передачи 10 дБ, коэффициентом шума 3 дБ?  
а) 6 дБ  
б) 9 дБ  
в) 3,14 дБ  
г) 3,24 дБ
11. Выберите условия возникновения колебаний в усилителе с коэффициентом передачи  $K_y$ , охваченным петлёй обратной связи с коэффициентом передачи  $L$ .  
а)  $|K_y \cdot L| > 1$   
б)  $|K_y \cdot L| = 1$   
в)  $\arg(K_y \cdot L) < 0$  г)  $\arg(K_y \cdot L) = 0$
12. Выберите условия возникновения колебаний в двухполюснике с коэффициентом

- отражения  $K_o$ , подключенного к нагрузке с коэффициентом отражения  $L$ .
- $|K_o \cdot L| > 1$
  - $|K_o \cdot L| = 1$
  - $\arg(K_o \cdot L) < 0$
  - $\arg(K_o \cdot L) = 0$
13. Чему равна выходная мощность усилителя в дБмВт с коэффициентом передачи по напряжению 36 дБ, если входная мощность равна 25 мВт?
- 40
  - 20
  - 23
  - 50
14. Чему равна выходная мощность усилителя в дБмВт с коэффициентом передачи по мощности 16 дБ, если входная мощность равна 2,5 мВт, а точка однодецибельной компрессии по выходу равна 19 дБмВт?
- 20
  - 19
  - 21
  - 18
15. Как изменится волновое сопротивление коаксиальной линии, если у неё увеличить диаметр внутреннего проводника, оставив постоянным диаметр внешнего?
- увеличиться
  - уменьшится
  - не изменится
16. Чему равно входное сопротивление четвертьволнового отрезка линии передачи сопротивлением 50 Ом, короткозамкнутого на конце?
- 0
  - бесконечно
  - 50
  - 25
17. Чему равна электрическая длина полуволнового отрезка линии передачи в градусах?
- 90
  - 45
  - 180
  - 270
18. Как изменится волновое сопротивление микрополосковой линии, если у неё увеличить толщину диэлектрической подложки, оставив постоянной ширину полоска?
- увеличиться
  - уменьшится
  - не изменится
19. Сигналы с какой частотой присутствуют на выходе идеального смесителя, если на вход подаются сигнал с частотой  $f_c$  и гетеродин с частотой  $f_r$ , при условии  $f_r > f_c$ ?
- $f_r - f_c$
  - $f_r + f_c$
  - $f_c - f_r$
  - $f_c$
  - $2f_r$
20. Сигналы с какой частотой присутствуют на выходе реального смесителя, если на вход подаются сигнал с частотой  $f_c$  и гетеродин с частотой  $f_r$ , при условии  $f_r < f_c$ ?
- $f_r - f_c$
  - $f_r + f_c$
  - $f_c - f_r$
  - $f_c$
  - $f_r$

#### 9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

- Делитель мощности Уилкинсона. Схема, принцип работы и основные характеристики.
- Шлейфный делитель мощности. Схема, принцип работы и основные характеристики.

3. Кольцевой делитель мощности. Схема, принцип работы и основные характеристики.
4. Резонансные отрезки линии передачи. Эквивалентные схемы.
5. Четверть- и полуволновый трансформатор сопротивлений. Схема, принцип работы и основные характеристики.
6. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе сопротивлений (колебания тока).
7. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе проводимостей (колебания напряжения).
8. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе коэффициента отражения.
9. Условия возникновения и поддержания колебаний при анализе коэффициента усиления.
10. Условия устойчивости усилителя. Выбор сопротивлений нагрузки и генератора.
11. Круги равных параметров на диаграмме Вольперта-Смитта.
12. Максимальный доступный коэффициент усиления. Условия его обеспечения.
13. Фазовый шум. Физический смысл и влияние на него характеристик генератора.
14. Коэффициент усиления и коэффициент шума усилителя. Физический смысл и способ измерения.
15. Принцип работы смесителя. Условия возникновения преобразования.
16. Идеальный смеситель. Его параметры и характеристики.
17. Однодиодный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
18. Балансный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
19. Двойной балансный смеситель. Схема, принцип работы и основные характеристики.
20. Расчет коэффициента шума и коэффициента усиления каскадного соединения.
21. Схемы смещения (питания) активных элементов.
22. Эквивалентные схемы пассивных сосредоточенных элементов в СВЧ диапазоне.

#### **9.1.3. Примерный перечень тем для конспектов самоподготовки**

1. Многопроводные линии передачи СВЧ.
2. Широкополосное согласование комплексных нагрузок. Критерии Боде-Фано.
3. Основы анализа спектра.
4. Основы скалярного анализа цепей.
5. Измерения мощности в диапазоне СВЧ.

#### **9.1.4. Темы практических заданий**

1. Рассчитайте многосекционный трансформатор с чебышевской характеристикой 4 порядка с пульсациями в полосе рабочих частот 0,05 дБ, центральной частотой 5 ГГц с сопротивления генератора 50 Ом на сопротивление нагрузки 100 Ом.
2. Рассчитайте многосекционный трансформатор с максимально плоской характеристикой 5 порядка, центральной частотой 4 ГГц с сопротивления генератора 50 Ом на сопротивление нагрузки 100 Ом.
3. Рассчитайте многосекционный направленный ответвитель. Исходные данные: Центральная частота –  $f_0 = 5$  ГГц; Диапазон частот анализа схемы –  $f_H = 1$  ГГц,  $f_B = 9$  ГГц; Количество секций –  $N = 5$ ; Ответвление –  $C_0 = 16$  дБ.
4. Рассчитайте фильтр нижних частот. Исходные данные: Частота среза фильтра –  $f_C = 5$  ГГц; Диапазон частот анализа схемы –  $f_H = 0,1$  ГГц,  $f_B = 9$  ГГц; Затухание на частоте  $f = 8$  ГГц – более 20 дБ; Тип характеристики фильтра – максимально плоская характеристика коэффициента передачи; Максимальное сопротивление линии  $Z_H = 120$  Ом; Минимальное сопротивление линии  $Z_L = 20$  Ом.
5. Рассчитайте полосно-пропускающий фильтр на связанных линиях. Исходные данные: Центральная частота –  $f_0 = 5$  ГГц; Относительная полоса пропускания – 10 % Диапазон частот анализа схемы –  $f_H = 2$  ГГц,  $f_B = 8$  ГГц; Затухание на частоте  $f = 8$  ГГц – более 20 дБ; Порядок фильтра  $N = 5$ ; Тип характеристики фильтра – чебышевская характеристика коэффициента передачи; Максимальная амплитуда пульсаций в полосе пропускания – 0,1 дБ.

#### **9.1.5. Примерный перечень вариантов (заданий) для расчетных / расчетно-графических работ**

1. Рассчитайте согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки 120 Ом.
2. Рассчитайте Г-образную согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением  $25+j40$  Ом, а нагрузки 50 Ом.
3. Рассчитайте П-образную согласующую цепь на элементах со сосредоточенными параметрами для генератора сопротивлением  $50-j50$  Ом и нагрузки 120 Ом. Центральная частота 3 ГГц, полоса согласования 100 МГц.
4. Рассчитайте согласующую цепь на короткозамкнутом шлейфе для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки 25 Ом.
5. Рассчитайте согласующую цепь на шлейфе, нагруженном на холостой ход, для генератора сопротивлением 50 Ом, а нагрузки  $60+j15$  Ом

## **9.2. Методические рекомендации**

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

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

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

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

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

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

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

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

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

в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает

работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

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

научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

- чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для

индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

- если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;
- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров.

Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

### **9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### **9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах,

адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ  
протокол № 10 от « 7 » 12 2024 г.

### СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4- 9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4- 9a8a-4ff4e15b36fe
Начальник учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972- a7c6-ab6ee1f21e73

### ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4- 9a8a-4ff4e15b36fe
Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	Ю.В. Шульгина	Согласовано, ea49db22-c3de-481e- 88a5-479145e4aa44

### РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. РСС	А.А. Трубачев	Разработано, 489cea5c-57ea-4da2- 8c9a-b5b34721ecef
------------------	---------------	--