

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.04.2023 14:52:26  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Информационные технологии  
проектирования радиоэлектрон-  
ных устройств»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ СВЧ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

**11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»**

по профилю

**«Информационные технологии проектирования радиоэлектронных  
устройств»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

профессор, д.т.н., доцент Холодняк Д.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МИТ  
19.01.2022, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	МИТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	4
Семестр	7
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	111
Всего (академ. часов)	180
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	4

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ СВЧ»**

Изучение дисциплины призвано сформировать у студентов представление о компонентной базе гибридных интегральных схем (ГИС) СВЧ, пассивных и управляющих СВЧ-устройствах, реализуемых в интегральном исполнении с применением планарных линий передачи и элементов с сосредоточенными параметрами, принципах их проектирования и областях применений, а также позволяет студентам получить базовые практические навыки в области разработки ГИС СВЧ.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«DESIGN OF MICROWAVE INTEGRATED CIRCUITS»**

Studying the course is intended to familiarize students with components of hybrid microwave integrated circuits, passive and controlling microwave devices based on planar transmission lines and integrated lumped elements, their design principles and applications. Besides, it allows students to master basic practical skills in the design of hybrid microwave integrated circuits.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

1. Цели дисциплины – изучение компонентной базы гибридных интегральных схем (ГИС) СВЧ, принципов действия, методов расчета и проектирования пассивных и управляющих СВЧ-устройств в интегральном исполнении, формирование умений рассчитывать электрические и конструктивные параметров изучаемых СВЧ-устройств, навыков их разработки и моделирования частотных характеристик.
2. Задачи дисциплины включают:
  - получение базовых знаний в области пассивных и управляющих СВЧ-устройств;
  - формирование умения рассчитывать электрические и конструктивные параметров изучаемых СВЧ-устройств;
  - формирование навыков разработки топологии ГИС изучаемых СВЧ-устройств и моделирования их частотных характеристик;
  - формирование представления о современном состоянии и тенденциях развития ГИС СВЧ.
3. В процессе освоения дисциплины студенты приобретают знания принципов действия, инженерных методов расчета и проектирования пассивных и управляющих СВЧ-устройств в интегральном исполнении.
4. В результате освоения дисциплины студенты приобретают умения рассчитывать электрические и конструктивные параметры пассивных компонентов ГИС и устройств СВЧ в интегральном исполнении с учетом заданных требований.
5. В ходе изучения дисциплины студенты получают навыки разработки топологии ГИС СВЧ, моделирования частотных характеристик изучаемых СВЧ-устройств.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Электромагнитные поля и волны»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Микроэлектроника сверхвысоких частот»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-4	Способен проектировать устройства, приборы и системы электронной техники с учетом заданных требований, в том числе, с применением систем автоматизированного проектирования
<i>ПК-4.1</i>	<i>Знает принципы подготовки технических заданий на современные электронные устройства</i>
<i>ПК-4.2</i>	<i>Умеет разрабатывать приборы и системы электронной техники</i>
<i>ПК-4.3</i>	<i>Владеет навыками проектирования и моделирования электронных приборов и систем с учетом заданных требований</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	2	0	0		3
2	Основные уравнения и параметры длинных линий	2	0	0		8
3	Планарные линии передачи электромагнитных волн	4	8	4		12
4	Свойства длинной линии с нагрузкой. Реактивные шлейфы	4	2	6		12
5	Матричное описание СВЧ-устройств	2	2	0		12
6	СВЧ делители-сумматоры мощности и направленные ответвители	6	1	7		16
7	Управляющие СВЧ-устройства	6	2	0		16
8	Искусственные длинные линии	4	2	0		16
9	Заключение. Передовые технологии ГИС СВЧ	4	0	0	1	16
	Итого, ач	34	17	17	1	111
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет и задачи курса, связь с другими дисциплинами. Диапазон СВЧ. Технологии гибридных интегральных схем (ГИС) СВЧ. Применения ГИС СВЧ.
2	Основные уравнения и параметры длинных линий	Длинные линии, как элементы с распределенными параметрами. Волновые уравнения для напряжения и тока в длинной линии. Основные параметры длинной линии: волновое сопротивление, фазовая скорость, коэффициент затухания.



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Планарные линии передачи электромагнитных волн	Типы планарных линий передачи электромагнитных волн. Эффективная диэлектрическая проницаемость линий передачи со слоистым диэлектрическим заполнением. Микрополосковая линия (МПЛ): структура, распределение электромагнитного поля для основной волны, параметры, частотная дисперсия параметров. Копланарный волновод: структура, распределение поля для основной волны, параметры. Симметричные связанные МПЛ: распределение электромагнитного поля в связанных МПЛ и основные параметры для четной и нечетной мод, коэффициент связи.
4	Свойства длинной линии с нагрузкой. Реактивные шлейфы	Длинная линия с нагрузкой, трансформация сопротивления нагрузки в длинной линии, входное сопротивление отрезка линии с нагрузкой. Входное сопротивление четвертьволновых и полуволновых отрезков длинных линий. Входное сопротивление короткозамкнутых и разомкнутых на конце отрезков длинных линий. Реактивные шлейфы: свойства параллельных шлейфов, реализация в микрополосковом и копланарном исполнениях, применения.
5	Матричное описание СВЧ-устройств	Классический и волновой подходы к матричному описанию линейных многополюсников СВЧ. Классические матрицы параметров многополюсника: матрица сопротивления, матрица проводимостей, классическая матрица передачи, их свойства и применения. Волновая матрица рассеяния многополюсника: основное матричное уравнение, физический смысл элементов матрицы. Свойства матрицы рассеяния взаимных, симметричных и недиссипативных многополюсников.
6	СВЧ делители-сумматоры мощности и направленные ответвители	СВЧ делители-сумматоры мощности: определение и свойства, основные характеристики, классификация и применения. Шестиполюсные делители-сумматоры мощности. Основные характеристики и классификация направленных ответвителей (НО). НО как двухканальный делитель-сумматор мощности. Шлейфные НО. Кольцевой НО с периметром в полторы длины волны. НО на связанных линиях передачи.
7	Управляющие СВЧ-устройства	Управляющие элементы: основные типы и характеристики. Коммутационное качество управляющего элемента. СВЧ-выключатели и переключатели. СВЧ-фазовращатели (ФВ): классификация и характеристики. Отражательные ФВ. Проходные ФВ: типа нагруженной длинной линии, на гибридных устройствах, на переключаемых каналах.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
8	Искусственные длинные линии	Понятие искусственной длинной линии (ИДЛ). Эквивалентное представление отрезка длинной линии в виде схемы на элементах с сосредоточенными параметрами. Частотные характеристики ИДЛ с различным числом элементарных ячеек. Реализация ИДЛ с использованием дискретных и интегральных элементов с сосредоточенными параметрами. Примеры реализации СВЧ-устройств на ИДЛ.
9	Заключение. Передовые технологии ГИС СВЧ	Интегрированные в подложку волноводы (ИПВ): структура, распределение электромагнитного поля, критерии выбора основных размеров. Примеры реализации СВЧ-устройств на ИПВ. Технология низкотемпературной совместно-обжигаемой керамики (ЛТСС): материалы диэлектрических и проводящих слоев, элементная база и технологический процесс изготовления многослойных ГИС СВЧ на основе ЛТСС. Примеры реализации СВЧ-устройств в виде многослойных ГИС СВЧ на ЛТСС.

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

Наименование лабораторной работы	Количество ауд. часов
1. Исследование планарных линий передачи	4
2. Исследование реактивных шлейфов	6
3. Исследование направленных ответвителей	7
Итого	17

#### 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Реализация индуктивных и емкостных элементов в интегральном исполнении	4
2. Свойства реактивных шлейфов	2
3. Анализ симметричных многополюсников методом синфазно-противофазного возбуждения	2
4. Расчет параметров отражательных СВЧ-фазовращателей	2
5. Расчет параметров проходных СВЧ-фазовращателей	4
6. Расчет параметров искусственных длинных линий	3
Итого	17

#### 4.4 Курсовое проектирование

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым

образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники), выполненными в печатном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регулярных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	46
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	18
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	12
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>111</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Вендик, Ирина Борисовна. Линии передачи и линейные многополюсники СВЧ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Б. Вендик, Д. В. Холодняк, 2015. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
2	Холодняк, Дмитрий Викторович. Проектирование интегральных схем СВЧ [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / Д. В. Холодняк, Б. С. Буянтуев, 2019. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Картажов, Вадим Борисович. Проектирование СВЧ интегральных схем [Электронный ресурс] : конспект лекций по дисциплине "Проектирование СВЧ интегральных схем" для бакалавров по направлению 210200.62 "Проектирование и технология электронных средств" / В. Б. Картажов, 2013. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
Дополнительная литература		
1	Многослойные интегральные СВЧ -устройства на основе ЛТСС [Текст] : [монография] / [И. Б. Вендик [и др.] ; под ред. И. Б. Вендик, Д. В. Холодняка], 2013. -206 с.	10
2	Пименов, Юрий Вадимович. Техническая электродинамика [Текст] : Учеб. пособие для вузов по специальностям "Сети связи и системы коммутации", "Многоканал. телекоммуникац. системы", "Радиосвязь, радиовещание и телевидение", "Средства связи с подвижными объектами", "Аудиовизуал. техника", "Физика и техника оптич. связи и направлению", "Телекоммуникации" / Ю.В.Пименов, В.И.Вольман, А.Д.Муравцов, 2000. -536 с.	152
3	Фуско, Винсент. СВЧ цепи [Текст] : анализ и автоматизированное проектирование / В. Фуско ; пер. с англ. А.А .Вольман, А.Д. Муравцова ; под ред. В.И. Вольмана, 1990. -287 с.	9
4	Сазонов, Дмитрий Михайлович. Устройства СВЧ [Текст] : [учеб. пособие для вузов по специальности "Радиотехника"] / Д. М. Сазонов, А. Н. Гридин, Б. А. Мишустин, 1981. -295 с.	78

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Microwaves101.com <a href="http://www.microwaves101.com">http://www.microwaves101.com</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=11311>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Проектирование интегральных схем СВЧ» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

## Особенности допуска

Допуск к экзамену базируется на результатах текущего контроля. Для получения допуска к экзамену студент должен посетить не менее не менее 80% лекций и практических занятий, выполнить все лабораторные работы и защитить отчеты по лабораторным работам на коллоквиумах. Экзамен проходит по билетам. Билет содержит два вопроса из разных тем курса. В ходе экзамена с каждым студентом проводится собеседование как по вопросам билета, так и, при необходимости, по темам курса в целом. В процессе экзамена студенту могут быть предложены дополнительные вопросы.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Волновые уравнения для напряжения и тока в длинной линии. Основные параметры длинной линии: волновое сопротивление, фазовая скорость, коэффициент затухания.
2	Эффективная диэлектрическая проницаемость линий передачи со слоистым диэлектрическим заполнением.
3	Микрополосковая линия: структура, распределение электромагнитного поля для основной волны, параметры, частотная дисперсия параметров.
4	Копланарный волновод: структура, распределение поля для основной волны, параметры. Сравнительные характеристики копланарного волновода и микрополосковой линии.
5	Длинная линия с нагрузкой, трансформация сопротивления нагрузки в длинной линии, входное сопротивление отрезка линии с нагрузкой.
6	Входное сопротивление четвертьволновых и полуволновых отрезков длинных линий. Входное сопротивление короткозамкнутых и разомкнутых на конце отрезков длинных линий.
7	Реактивные шлейфы: определение, типы шлейфов, свойства параллельных шлейфов, реализация в микрополосковом и копланарном исполнениях, применения.
8	Классические матрицы параметров многополюсников: матрица сопротивления, матрица проводимостей, классическая матрица передачи, их свойства и применения. Преобразование матриц параметров четырехполюсника.
9	Волновая матрица рассеяния многополюсника: основное матричное уравнение, физический смысл элементов матрицы. Свойства матрицы рассеяния взаимных, симметричных и недиссипативных многополюсников. Фундаментальные свойства симметричных многополюсников.



10	СВЧ делители-сумматоры мощности: определения и свойства, основные характеристики, классификация, применения.
11	Шестиполусные делители мощности. Согласованный шестиполусный делитель-сумматор мощности конструкции Уилкинсона: структура, характеристики и свойства, работа в режиме делителя и сумматора, варианты конструктивного исполнения.
12	Направленные ответвители: определение, характеристики, параметры. Направленный ответвитель как двухканальный делитель-сумматор мощности.
13	Двухшлейфный направленный ответвитель: структура, характеристики и свойства, работа в режиме делителя и сумматора.
14	Кольцевой направленный ответвитель с периметром в полторы длины волны: структура, характеристики и свойства, работа в режиме делителя и сумматора, варианты конструктивного исполнения.
15	Симметричные связанные микрополосковые линии: распределение электромагнитного поля в связанных МПЛ и основные параметры для четной и нечетной мод, коэффициент связи.
16	Направленный ответвитель на связанных линиях передачи: структура, характеристики и свойства, работа в режиме делителя и сумматора, особенности конструктивного исполнения.
17	Управляющие элементы: типы, характеристики и свойства. Коммутационное качество управляющего элемента. СВЧ-выключатели и переключатели.
18	СВЧ-фазовращатели: определение, классификация, свойства. Отражательные фазовращатели.
19	Проходные фазовращатели: типа нагруженной длинной линии, на гибридных устройствах, на переключаемых каналах. Параметр качества фазовращателя.
20	Понятие искусственной длинной линии (ИДЛ). Эквивалентное представление отрезка длинной линии в виде схемы на элементах с сосредоточенными параметрами. Частотные характеристики ИДЛ, их зависимость от количества элементарных ячеек в составе ИДЛ. Реализация ИДЛ с использованием дискретных и интегральных элементов с сосредоточенными параметрами. Примеры реализации СВЧ-устройств на ИДЛ.
21	Интегрированные в подложку волноводы (ИПВ): структура, критерии выбора основных размеров, распределение электромагнитного поля. Сравнительные характеристики традиционных прямоугольных волноводов, планарных линий передачи и ИПВ. Примеры реализации СВЧ-устройств на ИПВ.
22	Технология ЛТСС: материалы диэлектрических и проводящих слоев, элементная база и технологический процесс изготовления многослойных ИС СВЧ на основе ЛТСС. Возможности и преимущества технологии ЛТСС. Примеры реализации СВЧ-устройств в виде многослойных ИС СВЧ на ЛТСС.

## Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГАОУ  
ВО «СанктПетербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

## ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина **Проектирование интегральных схем СВЧ** ФРТ

1. Волновые уравнения для напряжения и тока в длинной линии. Основные параметры длинной линии: волновое сопротивление, фазовая скорость, коэффициент затухания.

2. Направленные ответвители: определение, характеристики, параметры. Направленный ответвитель как двухканальный делитель-сумматор мощности.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.А. Тупик

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
7	Планарные линии передачи электромагнитных волн	Коллоквиум
11	Свойства длинной линии с нагрузкой. Реактивные шлейфы	Коллоквиум
17	СВЧ делители-сумматоры мощности и направленные ответветители	Коллоквиум

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения по дисциплине «Проектирование интегральных схем СВЧ» студент обязан выполнить 3 лабораторных работы. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждой лабораторной работы предусматривается проведение коллоквиума на 7, 11, 17 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется в бригадах до 2 человек. Оформление отчета студентами осуществляется в количестве одного отчета на бригаду в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения исследований и представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите. Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по теоретической части, или по процедуре проведения исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется вре-

мя для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной. На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы. Примеры контрольных вопросов приведены в критериях оценивания. Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

#### **на практических (семинарских) занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий) и оценивание активности работы студента на практических занятиях, по результатам которого студент получает допуск на экзамен. Коллоквиумы проводятся в виде устной беседы со студентом по материалам лекционных и практических занятий по соответствующим темам.

#### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, IBM совместимые персональные компьютеры (Pentium или выше), экран, проектор, маркерная или меловая доска.	1) Windows 7 или выше; 2) Microsoft Office 2007 или выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, IBM совместимые персональные компьютеры (Pentium или выше), экран, проектор, маркерная или меловая доска.	1) Windows 7 или выше; 2) Microsoft Office 2007 или выше; 3) AWR Microwave Design Environment (v12 или выше)
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, IBM совместимые персональные компьютеры (Pentium или выше), экран, проектор, маркерная или меловая доска.	1) Windows 7 или выше; 2) Microsoft Office 2007 или выше; 3) AWR Microwave Design Environment (v12 или выше)
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows 7 или выше; 2) Microsoft Office 2007 или выше; 3) AWR Microwave Design Environment (v12 или выше)

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>