**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЧ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И СИСТЕМ НА КРИСТАЛЛЕ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Автоматизация проектирования микро- и наноэлектронных устройств для радиотехнических систем**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиотехнический факультет (РТФ)**
Кафедра: **Кафедра радиоэлектроники и систем связи (РСС)**
Курс: **1**
Семестр: **1, 2**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 1 семестр | 2 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 8 | 8 | 16 | часов |
| Практические занятия | 10 | 18 | 28 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 10 | 18 | 28 | часов |
| Лабораторные занятия | 18 | 18 | 36 | часов |
| в т.ч. в форме практической подготовки | 18 | 18 | 36 | часов |
| Самостоятельная работа | 72 | 100 | 172 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию) | 108 | 180 | 288 | часов |
| | 3 | 5 | 8 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр |
|---|---|
| Зачет | 1 |
| Экзамен | 2 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 64343

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Обучение основам автоматизированного проектирования СВЧ интегральных схем и систем на кристалле.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. – Освоить базовые понятия САПР для проектирования радиоэлектронных устройств; – Знать алгоритмы моделирования радиоэлектронных цепей и систем; – Знать алгоритмы электромагнитного моделирования радиоэлектронных устройств – Уметь осуществлять расчет и проектирование СВЧ интегральных схем, а также систем на кристалле на их основе.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.02.
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 |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 64343

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-2. Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач | ОПК-2.1. Знает современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы для решения профессиональных задач | Знает актуальные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы с целью реализации задач, обусловленных профессиональной деятельностью. |
| | ОПК-2.2. Умеет обосновывать выбор современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства для решения профессиональных задач | Умеет обоснованно выбрать актуальные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, а также разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства с целью реализации профессиональных задач |
| | ОПК-2.3. Владеет методами разработки оригинальных программных средств с использованием современных информационно-коммуникационных, в том числе и интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач | Владеет методами разработки оригинальных программных средств, используя современные информационно-коммуникационные. интеллектуальные технологии, чтобы решать профессиональные задачи |

Согласована на портале № 64343

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-6. Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования | ОПК-6.1. Знает аппаратные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий, виды, назначение, архитектуру, методы разработки и администрирования программно-аппаратных комплексов объекта профессиональной деятельности | Знает аппаратные средства и платформы инфраструктуры информационных технологий, виды, назначение, методы разработки и администрирования программно-аппаратных комплексов для проектирования СВЧ интегральных схем и систем на кристалле |
| | ОПК-6.2. Умеет анализировать техническое задание, разрабатывать и оптимизировать программный код для решения задач обработки информации и автоматизированного проектирования | Умеет проводить анализ технического задания, разрабатывать и оптимизировать программный код , чтобы обработать информацию и решить задачи автоматизированного проектирования СВЧ интегральных схем |
| | ОПК-6.3. Владеет методами составления технической документации по использованию и настройке компонентов программно-аппаратного комплекса | Владеет методами, необходимыми для формирования технической документации, относящейся к использованию и настройке компонентов программно-аппаратного комплекса САПР |
| ОПК-7. Способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий | ОПК-7.1. Знает функциональные требования к прикладному программному обеспечению для решения актуальных задач предприятий отрасли, национальные стандарты обработки информации и автоматизированного проектирования | Знает функциональные требования, выдвигаемые к прикладному программному обеспечению при решении современных задач предприятий отрасли, как и государственные стандарты, действующие в сфере информации и автоматизированного проектирования. |
| | ОПК-7.2. Умеет приводить зарубежные комплексы обработки информации в соответствие с национальными стандартами, интегрировать с отраслевыми информационными системами | Умеет включить в отраслевые информационные системы зарубежные комплексы обработки информации после того, как они приведены в соответствие с государственными стандартами. |
| | ОПК-7.3. Владеет методами настройки интерфейса, разработки пользовательских шаблонов, подключения библиотек, добавления новых функций | Владеет технологией настройки интерфейса САПР и разработки пользовательских шаблонов, методами подключения библиотек и добавления новых функций к ним |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 64343

| | | |
|---|---|---|
| ПКР-18. Способен осуществлять техническое руководство проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, вводе в действие и освоении проектных мощностей | ПКР-18.1. Знает способы осуществления технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов | Знает способы осуществления технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании сложных СВЧ интегральных схем и систем на кристалле |
| | ПКР-18.2. Умеет планировать проектно-изыскательские работы при проектировании объектов и вводе их в действие | Умеет планировать проектно-изыскательские работы при проектировании СВЧ интегральных схем и систем на кристалле, а также при проведении их испытаний |
| | ПКР-18.3. Владеет методами осуществления технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании объектов, вводе в действие и освоении проектных мощностей | Владеет методами осуществления технического руководства проектно-изыскательскими работами при проектировании СВЧ интегральных схем и систем на кристалле, вводе в эксплуатацию и освоении проектных мощностей серийного производства |
| ПКС-1. Способен выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию МИС СВЧ, осуществлять руководство их конструированием и испытанием | ПКС-1.1. Умеет выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию МИС СВЧ | Умеет проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, необходимые для создания МИС СВЧ |
| | ПКС-1.2. Владеет навыками руководства конструированием МИС СВЧ | Владеет навыками руководства коллективом разработчиков МИС СВЧ |
| | ПКС-1.3. Владеет методами испытания МИС СВЧ | Владеет методами для проведения испытания МИС СВЧ и систем на кристалле |
| ПКС-2. Способен выполнять разработку, физическую верификацию и моделирование топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков | ПКС-2.1. Умеет выполнять физическую верификацию и моделирование топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков | Умеет выполнять физическую верификацию топологических представлений отдельных аналоговых блоков, СФ-блоков, а также их моделирование. |
| | ПКС-2.2. Владеет методами разработки аналоговых блоков и СФ-блоков | Владеет методами разработки аналоговых блоков и СФ-блоков при проектировании СВЧ интегральных схем и систем на кристалле |
| | ПКС-2.3. Владеет навыками моделирования топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков | Владеет технологией моделирования топологических представлений отдельных аналоговых блоков и СФ-блоков, в том числе и в СВЧ диапазоне. |

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

Согласована на портале № 64343

**и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 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 | |
|---|---|---|---|
| | | 1 семестр | 2 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 80 | 36 | 44 |
| Лекционные занятия | 16 | 8 | 8 |
| Практические занятия | 28 | 10 | 18 |
| Лабораторные занятия | 36 | 18 | 18 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 172 | 72 | 100 |
| Подготовка к зачету | 24 | 24 | |
| Подготовка к тестированию | 74 | 24 | 50 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 74 | 24 | 50 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 288 | 108 | 180 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 8 | 3 | 5 |

## 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 | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | | | |
| 1 Автоматизированное проектирование и моделирование СВЧ цепей. | 8 | 10 | 18 | 72 | 108 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| Итого за семестр | 8 | 10 | 18 | 72 | 108 | |
| **2 семестр** | | | | | | |
| 2 Автоматизированное проектирование и моделирование нелинейных СВЧ устройств. | 8 | 18 | 18 | 100 | 144 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| Итого за семестр | 8 | 18 | 18 | 100 | 144 | |
| Итого | 16 | 28 | 36 | 172 | 252 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |

Согласована на портале № 64343

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Автоматизированное проектирование и моделирование СВЧ цепей. | Классификация САПР. Задачи автоматизированного проектирования. Типы объектов моделирования. Линейные и нелинейные устройства, активные и пассивные устройства. Моделирование линейных цепей. Классификация алгоритмов моделирование линейных цепей. Методы узловых потенциалов и контурных токов. Моделирование на основе четырехполюсных матриц. Примеры расчета. Какскадирование шумящих четырехполюсников. Моделирование нелинейных цепей. Классификация алгоритмов, моделирование нелинейных цепей. Временные (spice, shooting method) и частотные (harmonic balance) методы. Ряды Вольтерра. | 8 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| **2 семестр** | | | |

Согласована на портале № 64343

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Автоматизированное проектирование и моделирование нелинейных СВЧ устройств. | Линейные и нелинейные модели СВЧ компонентов. Примеры линейных моделей пассивных и активных элементов. Примеры компактных нелинейных моделей СВЧ полевых транзисторов, основные источники нелинейностей. Способы описания нелинейных зависимостей в моделях – аналитические, табличные. Способ экстракции параметров моделей. САПР для экстракции линейных и нелинейных моделей. Автоматизированное проектирование нелинейных СВЧ усилителей, типы и разновидности. Моделирование loadpull для мощных СВЧ транзисторов. Стабилизация и проектирование усилителей мощности. Схемы сложения мощности. Интермодуляция сигналов на нелинейном элементе. Основные характеристики смесителей, активные и пассивные схемы. Принципы моделирования смесителей. Балансный и двойной балансный смеситель, примеры. Автоматизированное проектирование смесителей. | 8 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| | Итого | 8 | |
| Итого за семестр | | 8 | |
| Итого | | 16 | |

### 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 |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |

Согласована на портале № 64343

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Автоматизированное проектирование и моделирование СВЧ цепей. | Расчет характеристик длинной линии. Расчет холостоходного и короткозамкнутого шлейфа, сравнение с результатами моделирования в САПР. Реализация алгоритма расчета каскадно соединенных цепей. Сравнение с результатами моделирования в САПР. Аналитический расчет двух- и трехэлементной СЦ для резистистивной и для комплексной нагрузки. Сравнение с результатами моделирования в САПР. | 10 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| | Итого | 10 | |
| Итого за семестр | | 10 | |
| **2 семестр** | | | |
| 2 Автоматизированное проектирование и моделирование нелинейных СВЧ устройств. | Аналитический расчет рабочей точки транзисторного усилителя (для разных классов работы транзистора). Аналитический расчет транзисторного усилителя на максимум коэффициента усиления. Расчет выходной мощности в зависимости от класса работы усилителя. | 18 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| | Итого | 18 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 28 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | |

Согласована на портале № 64343

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 Автоматизированное проектирование и моделирование СВЧ цепей. | Четырехполюсные параметры СВЧ схем и цепей в САПР, моделирование четерыхполюсных парамет-ров различных схем. Моделирование согласующих цепей (СЦ) в САПР. Расчет СЦ на одной частоте. Расчет СЦ для комплексных нагрузок. Согласование на транзисторного каскада на одной частоте на максимум коэффициента усиления в САПР. | 18 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| | Итого | 18 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| **2 семестр** | | | |
| 2 Автоматизированное проектирование и моделирование нелинейных СВЧ устройств. | Широкополосное согласование в САПР транзисторных усилителей. Load pull моделирование на максимум выходной мощности, расчет усилителя мощности в САПР. Расчет и моделирование в САПР широкополосного балансного смесителя. | 18 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 |
| | Итого | 18 | |
| Итого за семестр | | 18 | |
| Итого | | 36 | |

### 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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 64343

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 Автоматизированное проектирование и моделирование СВЧ цепей. | Подготовка к зачету | 24 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 | Зачёт |
| | Подготовка к тестированию | 24 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 24 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 72 | | |
| Итого за семестр | | 72 | | |
| **2 семестр** | | | | |
| 2 Автоматизированное проектирование и моделирование нелинейных СВЧ устройств. | Подготовка к тестированию | 50 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 | Тестирование |
| | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 50 | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 | Лабораторная работа |
| | Итого | 100 | | |
| Итого за семестр | | 100 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 208 | | |

### 5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-2 | + | + | + | + | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ОПК-6 | + | + | + | + | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ОПК-7 | + | + | + | + | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКР-18 | + | + | + | + | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКС-1 | + | + | + | + | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПКС-2 | + | + | + | + | Зачёт, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Согласована на портале № 64343

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 |
|---|---|---|---|---|
| **1 семестр** | | | | |
| Зачёт | 0 | 0 | 30 | 30 |
| Лабораторная работа | 20 | 20 | 20 | 60 |
| Тестирование | 0 | 0 | 10 | 10 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 60 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 100 | 100 |
| **2 семестр** | | | | |
| Лабораторная работа | 20 | 20 | 20 | 60 |
| Тестирование | 0 | 0 | 10 | 10 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | 20 | 20 | 30 | 100 |
| Нарастающим итогом | 20 | 40 | 70 | 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

Согласована на портале № 64343

1. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 1): Учебное пособие / В. А. Кологривов - 2012. 120 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1390.

2. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 2): Учебное пособие / В. А. Кологривов - 2012. 132 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1391.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Машинное проектирование СВЧ устройств: Пер. с англ. / К. Гупта, Р. Гардж, Р. Чадха ; пер. С. Д. Бродецкая, ред. пер. В. Г. Шейнкман. - М. Радио и связь, 1987. - 428[4] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 23 экз.).

2. Лекции по аналоговым электронным устройствам: Учебное пособие / Л. И. Шарыгина - 2017. 149 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6933.

### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Коколов А.А., Сальников А.С. Автоматизация проектирования СВЧ интегральных схем и систем на кристалле при помощи САПР ADS [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие по выполнению практических, лабораторных и самостоятельных работ. – Томск: 2015. – 86 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=249.

#### 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

1. 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

Лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 323 ауд.

Согласована на портале № 64343

Описание имеющегося оборудования:
- ПТК на базе IBM PC/AT - 4 шт.;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Mathcad 13, 14;
- Microsoft EXCEL Viewer;
- Microsoft PowerPoint Viewer;
- Microsoft Visual Studio 2013 Professional;

### 8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория информационных технологий: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для самостоятельной работы; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 323 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- ПТК на базе IBM PC/AT - 4 шт.;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Keysight (ADS);
- Keysight System Vue;

### 8.4. 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, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 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.

### 8.5. 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

Согласована на портале № 64343

лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного 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 Автоматизированное проектирование и моделирование СВЧ цепей. | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 | Зачёт | Перечень вопросов для зачета |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| 2 Автоматизированное проектирование и моделирование нелинейных СВЧ устройств. | ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7, ПКР-18, ПКС-1, ПКС-2 | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

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 |

Согласована на портале № 64343

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 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<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, 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 **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** 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 **системном** 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. Что такое САПР:
   1) Программа для проведения расчетов;
   2) Система, предназначенная для автоматизации научных экспериментов, а также для осуществления моделирования исследуемых объектов, явлений и процессов, изучение которых традиционными средствами затруднено или невозможно;
   3) Совокупность алгоритмов и программ, необходимых для управления системой и решения с ее помощью задач обработки информации вычислительной техникой;
   4) Программное обеспечения для разработки конструкторской документации.
2. Если аналоговый сигнал x(t) имеет ограниченный спектр до fc, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим дискретным отсчетам взятым:
   1) частотой ≥ 2fc;
   2) частотой ≥ 2fc;
   3) амплитудой ≥ 2fc;
   4) амплитудой ≤ 2fc .
3. Цель использования САПР:

Согласована на портале № 64343

1) Повышение качества и технического уровня проектируемой и выпускаемой продукции, увеличение затрат на их создание и эксплуатацию, уменьшения трудоемкости проектирования и повышения качества проектируемой документации, повышения эффективности объектов проектирования;
2) Уменьшение затрат, сокращение сроков выполнения, увеличение трудоемкости, повышение технического уровня проектируемой и выпускаемой продукции;
3) Уменьшение затрат, увеличение сроков выполнения, увеличение трудоемкости, повышение технического уровня проектируемой и выпускаемой продукции;
4) Уменьшение затрат, увеличение сроков выполнения, увеличение трудоемкости, повышение технического уровня проектируемой и выпускаемой продукции.

4. Для проектирования СВЧ аналоговых устройств используются следующие САПР (отметьте все правильные ответы):
   1) Advanced Design System;
   2) AWR Microwave Office;
   3) Cadence Virtuoso;
   4) AutoCAD.
5. На вход 12-битного АЦП поступает сигналом с максимальной амплитудой от -1В до 1 В. Определите разрешение АЦП по амплитуде:
   1) 0,48мВ;
   2) 0,24 мВ;
   3) 83,3 мВ;
   4) 166,6 мВ.
6. Расположите уровни моделирования в правильном порядке:
   1) Технологические, схемотехнические, электромагнитные, системные;
   2) Технологические, электромагнитные, схемотехнические, системные;
   3) Системные, схемотехнические, электромагнитные, технологические;
   4) Электромагнитные, схемотехнические, Технологические, системные.
7. Шумовые параметры это:
   1) NFmin, Gopt, Rn;
   2) NF, Gt, Pout;
   3) NFmin, Gopt, Pout;
   4) NFmin, Gt, Rn.
8. При моделировании методом АС нелинейный элемент заменяется:
   1) Резистором;
   2) Управляемым источником тока;
   3) Линеаризованной моделью;
   4) Емкостью.
9. При определении рабочей точки схемы в методе моделирования Spice:
   1) выполняется анализ резистивной цепи, в которой исключены индуктивные и емкостные элементы;
   2) рабочая точка определяется разработчиком;
   3) выполняется анализ резистивной цепи, в которой включены индуктивные и емкостные элементы.
10. Выходная мощность по уровню 1 дБ :
    1) Выходная мощность, при которой коэффициент усиления снижается на 1 дБ;
    2) Выходная мощность, при которой коэффициент усиления повышается на 1 дБ;
    3) Входная мощность, при которой коэффициент усиления снижается на 1 дБ;
    4) Входная мощность, при которой коэффициент усиления повышается на 1 дБ.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Классификация САПР. Задачи автоматизированного проектирования. Типы объектов моделирования.
2. Линейные и нелинейные устройства, активные и пассивные устройства.
3. Моделирование линейных цепей. Классификация алгоритмов моделирование линейных цепей.
4. Моделирование нелинейных цепей. Классификация алгоритмов, временные методы.

Согласована на портале № 64343

5. Моделирование нелинейных цепей. Классификация алгоритмов, частотные методы.

### 9.1.3. Перечень вопросов для зачета

1. Линейные модели СВЧ компонентов. Примеры.
2. Нелинейные модели СВЧ компонентов. Аналитческие модели, примеры.
3. Нелинейные модели СВЧ компонентов. Поведенческие модели, примеры.
4. Нелинейные модели СВЧ компонентов. Табличные модели, примеры.
5. Измерение и моделирование load pull для мощных СВЧ транзисторов.
6. Интермодуляция сигналов на нелинейном элементе, способы моделирования.
7. Основные характеристики смесителей, активные и пассивные схемы. Принципы моделирования смесителей.
8. Основные методы ЭМ моделирования, их достоинства и недостатки. Классификация методов, планарные методы, трехмерные.
9. Метод конечных элементов, основные принципы работы, примеры САПР.
10. Метод конечных разностей, основные принципы работы, примеры САПР.
11. Применение ЭМ моделирования при проектировании СВЧ ИС. Разработка топологии СВЧ ИС, основные принципы, примеры.

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Четырехполюсные параметры СВЧ схем и цепей в САПР, моделирование четерыхполюсных парамет- ров различных схем. Моделирование согласующих цепей (СЦ) в САПР. Расчет СЦ на одной частоте. Расчет СЦ для комплексных нагрузок. Согласование на транзисторного каскада на одной частоте на максимум коэффициента усиления в САПР.
2. Широкополосное согласование в САПР транзисторных усилителей. Load pull моделирование на максимум выходной мощности, расчет усилителя мощности в САПР. Расчет и моделирование в САПР широкополосного балансного смесителя.

## 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.

## 9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями

Согласована на портале № 64343

**здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – 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.

Согласована на портале № 64343

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КСУП
протокол № 2 от «29» 10 2020 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. РСС | А.В. Фатеев | Согласовано, 595be322-a579-4ae5-8d93-e5f4ee9ceb7d |
| Заведующий обеспечивающей каф. КСУП | Ю.А. Шурыгин | Согласовано, 86bee96a-108e-4833-aead-5229de651610 |
| Начальник учебного управления | Е.В. Саврук | Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Старший преподаватель, каф. РСС | Ю.В. Зеленецкая | Согласовано, 1f099a64-e28d-4307-a5f6-d9d92630e045 |
| Доцент, каф. КСУП | Т.Е. Григорьева | Согласовано, d848614c-1d2f-4e32-b86c-1029abc0b2d5 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. КСУП | Л.И. Бабак | Разработано, 64cace1c-326d-4873-860b-d8d724546b6f |
| Доцент, каф. КСУП | Ф.И. Шеерман | Разработано, 194c9122-f2f7-40c5-ab09-cc03ca77894b |

Согласована на портале № 64343