

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

Владелец: Троян Павел Ефимович

Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы компьютерного проектирования РЭС

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Микроволновая техника и антенны**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности    | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|------------------------------|-----------|-------|---------|
| 1 | Лекции                       | 16        | 16    | часов   |
| 2 | Практические занятия         | 24        | 24    | часов   |
| 3 | Всего аудиторных занятий     | 40        | 40    | часов   |
| 4 | Из них в интерактивной форме | 9         | 9     | часов   |
| 5 | Самостоятельная работа       | 32        | 32    | часов   |
| 6 | Всего (без экзамена)         | 72        | 72    | часов   |
| 7 | Общая трудоемкость           | 72        | 72    | часов   |
|   |                              | 2.0       | 2.0   | З.Е     |

Зачет: 6 семестр

Томск 2017

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.01 Радиотехника, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол №\_\_\_\_\_.

Разработчики:

Старший преподаватель каф. РЗИ \_\_\_\_\_ Артищев С. А.

Заведующий обеспечивающей каф.  
РЗИ

\_\_\_\_\_ Задорин А. С.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РТФ \_\_\_\_\_ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф.  
СВЧиКР

\_\_\_\_\_ Шарангович С. Н.

Эксперты:

Старший преподаватель каф. РЗИ \_\_\_\_\_ Зеленецкая Ю. В.

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов багажа знаний и навыков, необходимых для проектирования различных радиоэлектронных средств (РЭС) с применением компьютерных систем автоматизированного проектирования (САПР), а также интегрированных систем моделирования и измерений (Hardware in the Loop).

### 1.2. Задачи дисциплины

- К основным задачам дисциплины относится изучение:
- основных разновидностей моделей элементов РЭС
- методов симуляции электрических цепей и структур
- методов синтеза и оптимизации электрических цепей и структур
- расчетно-экспериментальных методов проектирования
- основных разновидностей САПР и интегрированных систем моделирования и измерений

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы компьютерного проектирования РЭС» (Б1.Б.18) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математический анализ, Моделирование устройств радиоэлектронных систем.

Последующими дисциплинами являются: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Методы моделирования и оптимизации радиоэлектронных систем, Проектирование устройств приема и обработки сигналов.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-1 способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ;

В результате изучения дисциплины студент должен:

- **знать** стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.
- **уметь** применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и исследования радиотехнических устройств.
- **владеть** типовыми программными средствами для автоматизации проектирования и моделирования радиоэлектронных цепей, устройств и систем.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности                  | Всего часов | Семестры  |
|--------------------------------------------|-------------|-----------|
|                                            |             | 6 семестр |
| Аудиторные занятия (всего)                 | 40          | 40        |
| Лекции                                     | 16          | 16        |
| Практические занятия                       | 24          | 24        |
| Из них в интерактивной форме               | 9           | 9         |
| Самостоятельная работа (всего)             | 32          | 32        |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 6           | 6         |

|                                               |     |     |
|-----------------------------------------------|-----|-----|
| Проработка лекционного материала              | 10  | 10  |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 16  | 16  |
| Всего (без экзамена)                          | 72  | 72  |
| Общая трудоемкость ч                          | 72  | 72  |
| Зачетные Единицы Трудоемкости                 | 2.0 | 2.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины                                                                                       | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа | Всего часов<br>(без экзамена) | Формируемые компетенции |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                                                                                                   |        |                      |                        |                               |                         |
| 1 Этапы и аспекты проектирования РЭС, охватываемые современными САПР, и их интеграция в единый цикл проектирования | 4      | 4                    | 4                      | 12                            | ПК-1                    |
| 2 Основные разновидности моделей элементов РЭС                                                                     | 2      | 8                    | 8                      | 18                            | ПК-1                    |
| 3 Методы симуляции электрических цепей и структур                                                                  | 4      | 4                    | 8                      | 16                            | ПК-1                    |
| 4 Синтез и оптимизация электрических цепей и структур                                                              | 4      | 4                    | 6                      | 14                            | ПК-1                    |
| 5 Расчетно-экспериментальные методы проектирования. Интегрированные системы моделирования и измерений              | 2      | 4                    | 6                      | 12                            | ПК-1                    |
| Итого за семестр                                                                                                   | 16     | 24                   | 32                     | 72                            |                         |
| Итого                                                                                                              | 16     | 24                   | 32                     | 72                            |                         |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов                                                                                                  | Содержание разделов дисциплины по лекциям                                                                            | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| <b>6 семестр</b>                                                                                                   |                                                                                                                      |                 |                         |
| 1 Этапы и аспекты проектирования РЭС, охватываемые современными САПР, и их интеграция в единый цикл проектирования | 1.1 Проектирование на уровне структурных схем и основные САПР, обеспечивающие такое проектирование. Компонент Visual | 4               | ПК-1                    |

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |      |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|
|                                                       | <p>System Simulator (VSS) САПР AWR Design Environment (AWRDE).1.2 Проектирование на уровне принципиальных схем и основные САПР, обеспечивающие такое проектирование. Компонент Analog Office САПР AWRDE.1.3 Проектирование РЭС с учетом волновых эффектов и САПР, обеспечивающие такое проектирование. Компонент Microwave Office (MWO) САПР AWRDE.1.4 Интегрированные системы моделирования и измерений (Hardware in the Loop (HIL)). Программно-аппаратные комплексы с использованием системы прикладных программ AWRDE + LabVIEW и модульных измерительных платформ PXI.</p> |   |      |
|                                                       | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4 |      |
| 2 Основные разновидности моделей элементов РЭС        | <p>2.1 Краткий обзор основных видов моделей элементов РЭС.2.2 Аналитические модели.2.3 Модели в виде эквивалентных схем.2.4 Табличные модели.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 | ПК-1 |
|                                                       | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2 |      |
| 3 Методы симуляции электрических цепей и структур     | <p>3.1 Симуляция линейных цепей.3.2 Симуляция нелинейных цепей методом решения нелинейных дифференциальных уравнений во временной области (SPICE).3.3 Симуляция нелинейных цепей методом гармонического баланса.3.4 Симуляция волновых процессов в электрических цепях. Квази-Т волны. Ме-тод сеток. Метод моментов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                        | 4 | ПК-1 |
|                                                       | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4 |      |
| 4 Синтез и оптимизация электрических цепей и структур | <p>4.1 Параметрический и структурный синтез электрических цепей. САПР, обеспечивающие такие виды синтеза.4.2 Параметрический синтез (оптимизация): выбор варьируемых параметров, целевых функций и граничных условий.4.3 Основные оптимизационные алгоритмы; их преимущества и недостатки.4.3 Однокритериальная и многокритериальная оптимизации.4.4 Структурный синтез (автоматизированный синтез схем).</p>                                                                                                                                                                   | 4 | ПК-1 |

|                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
|                                                                                                       | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 4  |      |
| 5 Расчетно-экспериментальные методы проектирования. Интегрированные системы моделирования и измерений | 5.1 Общая идея и преимущества расчетно-экспериментального метода проектирования (Hardware in the Loop (HIL)).5.2 Аппаратное обеспечение расчетно-экспериментального метода проектирования. Гибкие измерительные платформы на базе интерфейса PXI и пакета программ LabVIEW.5.3 Интеграция измерительных систем (LabVIEW) с системами моделирования (AWRDE ).5.4 Новые возможности оптимизации проектируемых РЭС в HIL-системах. | 2  | ПК-1 |
|                                                                                                       | Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2  |      |
| Итого за семестр                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 16 |      |

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин                                                                               | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                      | 1                                                                                                       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Предшествующие дисциплины                                                                            |                                                                                                         |   |   |   |   |
| 1 Математический анализ                                                                              |                                                                                                         | + |   |   |   |
| 2 Моделирование устройств радиоэлектронных систем                                                    | +                                                                                                       | + |   |   |   |
| Последующие дисциплины                                                                               |                                                                                                         |   |   |   |   |
| 1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты |                                                                                                         |   |   | + | + |
| 2 Методы моделирования и оптимизации радиоэлектронных систем                                         | +                                                                                                       | + | + |   |   |
| 3 Проектирование устройств приема и обработки сигналов                                               | +                                                                                                       | + | + | + |   |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

|  |              |                |
|--|--------------|----------------|
|  | Виды занятий | Формы контроля |
|--|--------------|----------------|

|             |        |                      |                        |                                                                                                                                       |
|-------------|--------|----------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Компетенции | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа |                                                                                                                                       |
| ПК-1        | +      | +                    | +                      | Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Собеседование, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа |

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

| Методы                                             | Интерактивные практические занятия | Интерактивные лекции | Всего |
|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------|-------|
| 6 семестр                                          |                                    |                      |       |
| Исследовательский метод                            | 2                                  |                      | 2     |
| Презентации с использованием слайдов с обсуждением |                                    | 4                    | 4     |
| Мозговой штурм                                     | 3                                  |                      | 3     |
| Итого за семестр:                                  | 5                                  | 4                    | 9     |
| Итого                                              | 5                                  | 4                    | 9     |

### 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП

### 8. Практические занятия (семинары)

Тематика практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Тематика практических занятий (семинаров)

| Названия разделов                                                                                                  | Содержание практических занятий                                                                                                   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| 6 семестр                                                                                                          |                                                                                                                                   |                 |                         |
| 1 Этапы и аспекты проектирования РЭС, охватываемые современными САПР, и их интеграция в единый цикл проектирования | Знакомство с интерфейсом и основными возможностями систем проектирования AWRDE и LabVIEW. Задание – собрать простую схему в AWRDE | 4               | ПК-1                    |
|                                                                                                                    | Итого                                                                                                                             | 4               |                         |
| 2 Основные разновидности моделей элементов РЭС                                                                     | Аналитические модели. Задание – рассчитать в системе MathCAD                                                                      | 4               | ПК-1                    |

|                                                                                                       |                                                                                                                                                            |    |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|
|                                                                                                       | импульсные переходные и частотные характеристики простейшей цепи                                                                                           |    |      |
|                                                                                                       | Модели в виде эквивалентных схем. Задание – исследовать влияние различных параметров эквивалентной схемы на результаты моделирования                       | 2  |      |
|                                                                                                       | Табличные модели. Контрольная работа по первым двум разделам дисциплины                                                                                    | 2  |      |
|                                                                                                       | Итого                                                                                                                                                      | 8  |      |
| 3 Методы симуляции электрических цепей и структур                                                     | Симуляция линейных цепей с использованием простых аналитических моделей. Задание – исследовать зависимость качества моделирования от параметров симулятора | 2  | ПК-1 |
|                                                                                                       | Симуляция нелинейных цепей методом гармонического баланса. Контрольная работа по третьему разделу дисциплины                                               | 2  |      |
|                                                                                                       | Итого                                                                                                                                                      | 4  |      |
| 4 Синтез и оптимизация электрических цепей и структур                                                 | Одно- и многокритериальный синтез РЭС в САПР AWRDE                                                                                                         | 2  | ПК-1 |
|                                                                                                       | Структурный синтез схем в САПР AWRDE. Контрольная работа по четвертому разделу дисциплины                                                                  | 2  |      |
|                                                                                                       | Итого                                                                                                                                                      | 4  |      |
| 5 Расчетно-экспериментальные методы проектирования. Интегрированные системы моделирования и измерений | Применение автоматизированных измерительных систем для экстракции параметров моделей элементов                                                             | 4  | ПК-1 |
|                                                                                                       | Итого                                                                                                                                                      | 4  |      |
| Итого за семестр                                                                                      |                                                                                                                                                            | 24 |      |

### 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов                                                                              | Виды самостоятельной работы                   | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------------------|
| 6 семестр                                                                                      |                                               |                 |                         |                                        |
| 1 Этапы и аспекты проектирования РЭС, охватываемые современными САПР, и их интеграция в единый | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2               | ПК-1                    | Конспект самоподготовки, Собеседование |
|                                                                                                | Проработка лекционного материала              | 2               |                         |                                        |



|                                                                                                       |                                               |    |      |                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----|------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| цикл проектирования                                                                                   | Итого                                         | 4  |      |                                                                                          |
| 2 Основные разновидности моделей элементов РЭС                                                        | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  | ПК-1 | Контрольная работа, Расчетная работа, Собеседование                                      |
|                                                                                                       | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Проработка лекционного материала              | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Итого                                         | 8  |      |                                                                                          |
| 3 Методы симуляции электрических цепей и структур                                                     | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  | ПК-1 | Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Собеседование |
|                                                                                                       | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Проработка лекционного материала              | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Итого                                         | 8  |      |                                                                                          |
| 4 Синтез и оптимизация электрических цепей и структур                                                 | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  | ПК-1 | Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Собеседование                          |
|                                                                                                       | Проработка лекционного материала              | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Итого                                         | 6  |      |                                                                                          |
| 5 Расчетно-экспериментальные методы проектирования. Интегрированные системы моделирования и измерений | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2  | ПК-1 | Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Собеседование                   |
|                                                                                                       | Проработка лекционного материала              | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Оформление отчетов по лабораторным работам    | 2  |      |                                                                                          |
|                                                                                                       | Итого                                         | 6  |      |                                                                                          |
| Итого за семестр                                                                                      |                                               | 32 |      |                                                                                          |
| Итого                                                                                                 |                                               | 32 |      |                                                                                          |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | 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 |
|-------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------|
| 6 семестр                     |                                                |                                             |                                                           |                  |
| Компонент своевременности     |                                                |                                             | 4                                                         | 4                |
| Конспект самоподготовки       | 4                                              | 4                                           | 2                                                         | 10               |
| Контрольная работа            | 10                                             | 20                                          | 20                                                        | 50               |
| Отчет по лабораторной работе  | 6                                              | 4                                           | 2                                                         | 12               |
| Расчетная работа              | 6                                              | 4                                           | 2                                                         | 12               |
| Собеседование                 | 6                                              | 4                                           | 2                                                         | 12               |
| Итого максимум за период      | 32                                             | 36                                          | 32                                                        | 100              |
| Нарастающим итогом            | 32                                             | 68                                          | 100                                                       | 100              |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

| Баллы на дату контрольной точки                       | Оценка |
|-------------------------------------------------------|--------|
| ≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ         | 5      |
| От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 4      |
| От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ | 3      |
| < 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ         | 2      |

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС)                    | 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) |
| 65 - 69                         |                                                          |                       |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 60 - 64                                                  | E (посредственно)     |

|                                      |                |                         |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |
|--------------------------------------|----------------|-------------------------|

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 1): Учебное пособие / Кологривов В. А. – 2012. 120 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1390>, дата обращения: 02.02.2017.
2. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 2): Учебное пособие / Кологривов В. А. – 2012. 132 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1391>, дата обращения: 02.02.2017.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office. Под ред. В.Д. Разевига. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 496 с. Экз-ры: всего: аунл(12), счз1(1), счз5(1) (наличие в библиотеке ТУСУР - 14 экз.)

### 12.3 Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: Учебно-методическое пособие / Красько А. С. – 2012. 64 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1030>, дата обращения: 02.02.2017.
2. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и организации самостоятельной работы по курсу / Тисленко В. И. – 2011. 22 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/2119>, дата обращения: 02.02.2017.
3. Основы проектирования электронных средств: Методические указания к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе / Чернышев А. А. - 2012. 71 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2814>, дата обращения: 02.02.2017.

#### 12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа 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.

### 12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Для выполнения заданий требуется программное обеспечение AWR Design Environment.
2. При выполнении заданий возможно использование следующих информационно-справочных систем:
3. 1. [http://www.eurointech.ru/education/selftraining/awr\\_mwo/](http://www.eurointech.ru/education/selftraining/awr_mwo/) (Уроки для начинающих / Евроинтех - решения для производства электроники)
4. 2. <http://www.awrcorp.com/ru> (Сайт компании AWR – предприятия по разработке программных продуктов, предназначенных для автоматизации проектирования высокочастотных электронных устройств).
5. 3. Библиотека ТУСУР

### 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

#### 13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

##### 13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Лекционный курс подготовлен в виде презентаций в электронной форме, поэтому в лекционной аудитории требуется компьютер с проектором.

##### 13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Практические занятия должны выполняться с использованием программного обеспечения AWR Design Environment и LabVIEW. Таким образом, в аудитории для проведения практических занятий требуются компьютеры с указанным программным обеспечением.

##### 13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 47, 1 этаж, ауд. 126. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц, - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

#### 13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов с нарушениями слуха предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов 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 удаленного просмотра.

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

### 14. Фонд оценочных средств

#### 14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

#### 14.2. Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

| Категории студентов | Виды дополнительных оценочных средств                                          | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка          |
| С нарушениями       | Собеседование по вопросам к зачету,                                            | Преимущественно устная проверка              |

| зрения                                        | опрос по терминам                                                                                     | (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, исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### **14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ П. Е. Троян  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**Основы компьютерного проектирования РЭС**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки (специальность): **11.03.01 Радиотехника**

Направленность (профиль): **Микроволновая техника и антенны**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**

Кафедра: **СВЧиКР, Кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники**

Курс: **3**

Семестр: **6**

Учебный план набора 2013 года

Разработчики:

– Старший преподаватель каф. РЗИ Артищев С. А.

Зачет: 6 семестр

Томск 2017

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код  | Формулировка компетенции                                                                                                                                            | Этапы формирования компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 | способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ | Должен знать стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники.;<br>Должен уметь применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и исследования радиотехнических устройств.;<br>Должен владеть типовыми программными средствами для автоматизации проектирования и моделирования радиоэлектронных цепей, устройств и систем.; |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии                 | Знать                                                                                                         | Уметь                                                                                                       | Владеть                                                                                                                      |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отлично (высокий уровень)             | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы                                                         |
| Хорошо (базовый уровень)              | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области                                   | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования  | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями                                                                             | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач                                        | Работает при прямом наблюдении                                                                                               |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования

компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав                           | Знать                                                                                                                                                                                                                         | Уметь                                                                                                                                                                                                                         | Владеть                                                                                                                          |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Содержание этапов                | стандартные пакеты прикладных программ, ориентированных на решение научных и проектных задач радиоэлектроники                                                                                                                 | применять компьютерные системы и пакеты прикладных программ для проектирования и исследования радиотехнических устройств                                                                                                      | типовыми программными средствами для автоматизации проектирования и моделирования радиоэлектронных цепей, устройств и систем     |
| Виды занятий                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Интерактивные лекции;</li> <li>• Практические занятия;</li> <li>• Лекции;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Интерактивные практические занятия;</li> <li>• Самостоятельная работа;</li> </ul>       |
| Используемые средства оценивания | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Расчетная работа;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Зачет;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Контрольная работа;</li> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Расчетная работа;</li> <li>• Конспект самоподготовки;</li> <li>• Собеседование;</li> <li>• Зачет;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Отчет по лабораторной работе;</li> <li>• Расчетная работа;</li> <li>• Зачет;</li> </ul> |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав                    | Знать                                                                                                                                                              | Уметь                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Владеть                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Отлично (высокий уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализировать техническое задание;</li> <li>• проводить соответствующие расчеты для синтеза схемы устройства;</li> <li>• реализовывать устройство в САПР;</li> <li>• корректировать модели для достижения требуемых характеристик;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы в САПР для проектирования РЭС;</li> <li>• информацией о принципах симуляции работы устройств в САПР;</li> <li>• методикой расчета параметров устройств;</li> </ul> |
| Хорошо (базовый уровень)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой</li> </ul>                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• собрать заданную схему/топологию устройства в САПР;</li> <li>• провести</li> </ul>                                                                                                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками работы в САПР для проектирования РЭС;</li> </ul>                                                                                                                          |



|                                        |                                                                                        |                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                    |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | области;                                                                               | соответствующие расчеты для обеспечения требуемых характеристик;                                                                                                |                                                                                                                                    |
| Удовлетворительный (пороговый уровень) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обладает базовыми общими знаниями;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• следовать инструкции по созданию модели устройства в САПР;</li> <li>• отображать полученные характеристики;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• информацией о последовательности действий при проектировании устройств в САПР;</li> </ul> |

### 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

#### 3.1 Вопросы на самоподготовку

- Симуляция линейных цепей с использованием простых аналитических моделей.
- Симуляция нелинейных цепей методом гармонического баланса.
- Структурный синтез схем в САПР AWRDE
- Программирование гибких средств измерения с применением LabVIEW.

#### 3.2 Вопросы на собеседование

– Особенности симуляции РЭС на уровне структурных схем. Полные модели четырехполюсных элементов. Возможности по анализу распределенных структур в AWR DE. Классификация симуляторов. Симуляция переходных процессов в нелинейных цепях. Нелинейные симуляторы и их применение. Метод многосигнального гармонического баланса.

#### 3.3 Темы контрольных работ

– Контрольная работа №1 Вопрос 1 1. Особенности симуляции РЭС на уровне структурных схем. 2. Возможности по анализу распределенных структур в AWR DE. Вопрос 2 3. Двухполюсные линейные элементы и их модели. 4. Модели четырехполюсных элементов для использования на уровне моделирования структурных схем. Вопрос 3 5. Полные модели четырехполюсных элементов. 6. Безынерционная нелинейная модель диода. Вопрос 4 7. Нелинейные модели реактивных элементов. 8. Нелинейно-инерционная модель диода. Вопрос 5 9. Простейшая безынерционная нелинейная модель транзистора. 10. Нелинейно-инерционная модель транзистора Эберса-Мола. Вопрос 6 11. Модель биполярного транзистора Гуммеля-Пуна. 12. Нелинейно-инерционная модель транзистора JFET.

– Контрольная работа №2 Вопрос 1 1. Классификация симуляторов. 2. Нелинейные симуляторы и их применение. Вопрос 2 1. Симуляция линейных цепей по постоянному току. 2. Симуляция линейных цепей с учетом реактивности. Вопрос 3 1. Классификация нелинейных симуляторов. 2. Симуляция нелинейных цепей по постоянному току. Вопрос 4 1. Симуляция переходных процессов в нелинейных цепях. 2. Сходимость алгоритмов нелинейной симуляции. Вопрос 5 1. Метод гармонического баланса. 2. Метод многосигнального гармонического баланса.

– Контрольная работа №3 Вопрос 1 1. Разновидности синтеза цепей. 2. Что необходимо задать, чтобы определить задачу автоматизированного параметрического синтеза? 3. Как можно сформировать цели оптимизации? 4. Особенности задания варьируемых параметров. Вопрос 2 5. Что такое граничные условия оптимизации и каковы особенности их выбора? 6. Основные оптимизационные алгоритмы и их особенности. 7. Автоматизированный структурный синтез каких цепей на настоящий момент реализован в AWRDE? 8. Основные разновидности фильтров, доступные для автоматизированного структурного синтеза в AWRDE. Вопрос 3 9. Алгоритм автоматизированного структурного синтеза фильтров. 10. Преобразование частоты при синтезе фильтров: что выполняется на этом этапе? 11. На какой элементной базе может быть синтезирован

фильтр в AWRDE? 12. Особенности синтеза фильтров на распределенных элементах. Вопрос 4 13. Основные исходные параметры для расчета фильтра. 14. Общие подходы к синтезу согласующих цепей. 15. Что нужно задать, чтобы определить задачу автоматизированного синтеза согласующей цепи?

### **3.4 Темы расчетных работ**

- Собрать простую схему в AWRDE.
- Рассчитать в системе MathCAD импульсные переходные и частотные характеристики простейшей цепи.
- Исследовать зависимость качества моделирования от параметров симулятора.
- Параметрически синтезировать схему по заданному критерию.

### **3.5 Темы лабораторных работ**

- Симуляция нелинейных цепей методом решения дифференциальных уравнений во временной области. Задание – исследовать зависимость качества моделирования от параметров симулятора; выявить особенности схемы, делающие расчет неправильным или невозможным.
- Однокритериальный параметрический синтез РЭС в САПР AWRDE. Задание – параметрически синтезировать схему по заданному критерию.
- Программирование гибких средств измерения с применением LabVIEW и платформы PXI для систем проектирования Hardware in the Loop.
- Использование интегрированных систем моделирования (AWRDE) и измерения (LabVIEW) для расчетно-экспериментального проектирования РЭС.

### **3.6 Зачёт**

- Условием получения зачета является семестровый рейтинг студента не менее 60 баллов.

## **4 Методические материалы**

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### **4.1. Основная литература**

1. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 1): Учебное пособие / Кологривов В. А. – 2012. 120 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1390>, свободный.
2. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 2): Учебное пособие / Кологривов В. А. – 2012. 132 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1391>, свободный.

### **4.2. Дополнительная литература**

1. Разевиг В.Д., Потапов Ю.В., Курушин А.А. Проектирование СВЧ-устройств с помощью Microwave Office. Под ред. В.Д. Разевига. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 496 с. Экз-ры: всего: аунл(12), счз1(1), счз5(1) (наличие в библиотеке ТУСУР - 14 экз.)

### **4.3. Обязательные учебно-методические пособия**

1. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: Учебно-методическое пособие / Красько А. С. – 2012. 64 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/1030>, свободный.
2. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и организации самостоятельной работы по курсу / Тисленко В. И. – 2011. 22 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/training/publications/2119>, свободный.
3. Основы проектирования электронных средств: Методические указания к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе / Чернышев А. А. - 2012. 71 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2814>, свободный.

#### **4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы**

1. Для выполнения заданий требуется программное обеспечение AWR Design Environment.
2. При выполнении заданий возможно использование следующих информационно-справочных систем:
  3. 1. [http://www.eurointech.ru/education/selftraining/awr\\_mwo/](http://www.eurointech.ru/education/selftraining/awr_mwo/) (Уроки для начинающих / Евроинтех - решения для производства электроники)
  4. 2. <http://www.awrcorp.com/ru> (Сайт компании AWR – предприятия по разработке программных продуктов, предназначенных для автоматизации проектирования высокочастотных электронных устройств).
  5. 3. Библиотека ТУСУР