

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет  
систем управления и радиоэлектроники

О.В. Килина  
К.В. Гончиков

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

Методические указания по проведению лабораторных работ  
для студентов всех форм обучения технических специальностей

Томск  
2022

**УДК 339.138**  
**ББК 65.291.3**  
К 392

**Рецензент:**

**Антипин М.Е.**, доцент кафедры управления инновациями ТУСУР, кан. физ.-мат. наук

К 392 **Килина, Ольга Владимировна, Гончиков, Константин Викторович,**  
Математическое моделирование и автоматизация проектирования  
радиоэлектронных средств / О.В. Килина, К.В. Гончиков – Томск : Томск. гос. ун-т  
систем упр. и радиоэлектроники, 2022. – 12 с.

Настоящие методические указания для студентов составлены с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО). Лабораторные работы дают возможность учащимся закрепить знания, полученные в теоретической части курса и связаны с математическим моделированием и автоматизацией проектирования радиоэлектронных средств.

Одобрено на заседании каф. управления инновациями,  
протокол № 7 от 31.01.2022

**УДК 339.138**  
**ББК 65.291.3**

© **Килина О.В.,**  
**Гончиков К.В., 2022**  
© **Томск. гос. ун-т систем упр.**  
**и радиоэлектроники, 2022**

## Оглавление

Введение .....	4
1. Общие требования.....	4
2. Материально-техническое обеспечение практических работ .....	5
3. Прием результатов выполнения лабораторных работ .....	6
4. Темы лабораторных работ .....	6
5. Перечень типовых заданий к лабораторным занятиям.....	7
6. Оформление отчетов по лабораторным работам .....	8
7. Список использованных источников.....	10
Приложение А .....	11

## **Введение**

Дисциплина «Математическое моделирование и автоматизация проектирования радиоэлектронных средств» играет важную роль в формировании профессиональных знаний по моделированию и проектированию радиоэлектронных устройств в области управления инновациями.

Цель дисциплины состоит в изучении методов компьютерного моделирования и проектирования радиоэлектронных средств с применением современных информационных технологий, а также формировании базовых профессиональных компетенций в области проектирования электронной техники (ЭТ) и разработки проектной документации с применением систем автоматизированного проектирования (САПР).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- знать современные тенденции и инновационные технологии развития информатики и вычислительной техники; основные принципы организации и построения вычислительных машин, систем и сетей, учитывать эти тенденции в своей профессиональной деятельности.

- уметь решать практические задачи, использовать стандартные пакеты прикладных программ для моделирования объектов и процессов, организовывать документальное сопровождение инновационного проекта, представлять технические решения с использованием средств компьютерной графики и геометрического моделирования, оценивать качество и результативность труда.

- владеть современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации; современными программно-аппаратными средствами автоматизации разработки конструкций и технологий производства электронных средств, основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, способностью управлять коммуникациями в инновационном проекте.

Лабораторные работы обеспечивают учащимся возможность получить профессиональные практические навыки, в том числе исследовательского характера и закрепить знания, полученные в лекционной части дисциплины «Математическое моделирование и автоматизация проектирования радиоэлектронных средств».

### **1. Общие требования**

Лабораторные работы выполняются студентами очной формы обучения индивидуально под контролем со стороны преподавателя. Все консультации осуществляются преподавателем. Число студентов, одновременно присутствующих на занятии не должно превышать 12 человек. Если в списочном составе группы студентов больше 12, то группа должна быть разделена на подгруппы численностью от 6 до 12 человек в каждой.

Для выполнения лабораторных работ целесообразно в учебном расписании выделять 4 академических часа подряд, без больших перерывов. Расписание также должно предусматривать раздельное проведение занятий у подгрупп, если группа была разделена.

Перед началом занятий студенты должны изучить инструкцию по охране труда, действующую в лаборатории, и в дальнейшем строго выполнять ее требования. Преподаватель должен убедиться в знании инструкции, задавая студенту вопросы по ее содержанию, после чего сделать соответствующую запись в журнале охраны труда.

Во время проведения лабораторных занятий в аудитории (лаборатории) студентам запрещается передавать друг другу файлы и другие материалы, являющиеся результатом выполнения заданий.

Студент имеет право:

- Выходить из аудитории (лаборатории) не спрашивая разрешения у преподавателя.
- Самостоятельно распределять аудиторное время, определяя необходимость перерыва или непрерывной работы.
- Просить консультации у преподавателя, если он в текущий момент не распределяет задания, не принимает выполненные работы и не консультирует другого студента.

Преподаватель, давая консультацию студенту, указывает раздел технической документации или методической литературы, в которой имеется ответ на вопрос студента. Если необходимые сведения в документации и литературе отсутствуют, то преподаватель должен дать устные пояснения или продемонстрировать практические действия, приводящие к требуемому результату, с последующей отменой для повторения студентом.

Самостоятельная работа студентов над лабораторными заданиями, связанными с техническими измерениями, с использованием электронных устройств, приборов, другой техники, может осуществляться в той же аудитории (лаборатории), где проводятся лабораторные занятия. В случае компьютерных лабораторных работ разрешается домашняя самостоятельная работа по материалам, предоставленным преподавателем. Преподаватель должен согласовать со студентами расписание самостоятельной работы - не менее 2 академических часов в неделю. В указанное время по учебному расписанию студентов и в аудитории (лаборатории) не должны проводиться другие занятия. Преподаватель должен обеспечить доступ студентов в аудиторию (лабораторию) в указанные часы.

Консультации, выдача лабораторных заданий и прием результатов выполнения осуществляется только во время аудиторных занятий. Задания выполняются последовательно. Правильное выполнение некоторых заданий возможно только, если студент корректно выполнил предыдущие задания. Поэтому приступать к следующему заданию студент может, только сдав преподавателю результат выполнения предыдущего.

## **2. Материально-техническое обеспечение практических работ**

Лаборатория ГПО, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 126 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Celeron;
- Компьютер WS3 (5 шт.);
- Компьютер WS2 (2 шт.);
- Доска маркерная;
- Проектор LG RD-JT50;
- Экран проекторный;
- Экран на штативе Draper Diplomat;
- Осциллограф GDS-820S;
- Паяльная станция Ersa Dig2000a Micro (2 шт.);
- Паяльная станция Ersa Dig2000A-Power;
- Колонки Genius;
- Веб-камера Logitech;

- Роутер ASUS;
- Проигрыватель DVD Yamaha S661;
- Учебно-методическая литература;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Microsoft Windows 7 Pro;
- OpenOffice;
- OrCAD Capture CIS lite 2016;
- T-FLEX CAD.

Размещение и освещенность рабочих мест в учебной аудитории (лаборатории) должно удовлетворять действующим требованиям санитарных правил и норм (СанПиН).

### **3. Прием результатов выполнения лабораторных работ**

Результаты выполнения лабораторных работ представляются преподавателю в виде отчета, содержащего функциональную и структурную схему созданной системы управления, запрограммированные алгоритмы работы, результаты испытаний, графики полученных закономерностей и зависимостей физических величин, файлы проектов, выполненных по проектной методологии PMI/PMBOK, файлы моделирования бизнес-процессов и бизнес-моделей в письменном и/или электронном виде.

Во время приема выполненной работы преподаватель вправе:

- Требовать демонстрации работы созданной системы.
- Демонстрировать работу с лабораторной установкой, с созданной системой, с выполненным программным проектом
- Требовать у студента пояснений по алгоритмам работы и способам взаимодействия элементов, по взаимосвязям бизнес-процессов, по организации и назначению работ по проекту, по ресурсной модели и по результатам проекта с критическим анализом и выводами.

Задание считается выполненным и принимается преподавателем только в том случае, если реализованы все задачи, предусмотренные заданием. Если эти условия не выполняются, то результат выполнения подлежит доработке. Студент должен работать над заданием максимально самостоятельно, использовать все предусмотренные в лабораторной работе средства.

До конца семестра студент должен сдать результаты выполнения всех лабораторных работ, предусмотренных настоящими указаниями. В противном случае студент к сдаче экзамена не допускается.

### **4. Темы лабораторных работ**

#### *1. Системы автоматизированного проектирования (САПР). Виды обеспечения САПР.*

*Цель занятия:* Познакомить студентов с системами инструментальной поддержки этапов жизненного цикла проектируемого объекта: управления проектными и инженерными данными (PDM), проектирования программного продукта (CASE), автоматизированного проектирования (CAD), автоматизированной технологической подготовки производства (CAM), инженерного анализа (CAE). Научить студентов работе в системах твердотельного 3D проектирования.

#### *2. Математические модели радиоэлектронных объектов и методы автоматизированного формирования уравнений модели.*

*Цель занятия:* Обучение студентов работе в радиоэлектронных САПР (OrCAD) для расчета и проектирования электрических схем. Работа с библиотеками компонентов и

источниками сигналов. Моделирование прохождения импульсных сигналов через линейные цепи.

### 3. Математическое моделирование цифровых устройств.

*Цель занятия:* Проектирование в радиоэлектронной САПР (OrCAD) цифрового устройства. Создание иерархических блоков и символов компонента. Создание печатной платы цифрового устройства в системе EasyEDA.

## 5. Перечень типовых заданий к лабораторным занятиям

1. В системе автоматизированного проектирования создать модель схемы аналогового устройства.

*Трудоемкость* – 6 часов.

*Цель работы:* Знакомство студентов с системами проектирования электроники.

*Исходные данные:* схема аналогового устройства, входные и выходные параметры указываются индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* создать модель схемы аналогового устройства и проверить правильность определения номиналов компонент для заданных входных и выходных параметров (напряжение, сила тока, форма сигнала и т.д.).

*Отчет о работе* представляет собой рабочую модель схемы и графики входных и выходных параметров.

2. В системе автоматизированного проектирования создать модель цифрового устройства.

*Трудоемкость* – 4 часа.

*Цель работы:* Знакомство студентов с системами проектирования электроники.

*Исходные данные:* схема устройства указывается индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* создать модель цифрового устройства и проанализировать его работу.

*Отчет о работе* представляет собой рабочую модель устройства и графики входных и выходных сигналов.

3. В системе автоматизированного проектирования создать иерархический блок на основе цифрового устройства.

*Трудоемкость* – 4 часа.

*Цель работы:* Знакомство студентов с системами проектирования электроники.

*Исходные данные:* схема устройства указывается индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* создать иерархический блок на основе цифрового устройства, поместить его в библиотеку и проанализировать работу.

*Отчет о работе* представляет собой рабочую модель устройства и графики входных и выходных сигналов.

4. В системе автоматизированного проектирования создать символ компонента (микросхема) и сохранить его в библиотеке.

*Трудоемкость* – 4 часа.

*Цель работы:* Знакомство студентов с системами проектирования электроники.

*Исходные данные:* документация по компоненте указывается индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* ознакомиться с методами создания компонентов, на основе документации создать символ компонента и поместить его в новую библиотеку.

*Отчет о работе* представляет собой файл библиотеки с символом компонента.

5. В системе автоматизированного проектирования создать проект печатной платы цифрового устройства.

*Трудоемкость* – 4 часа.

*Цель работы:* Знакомство студентов с системами проектирования электроники.

*Исходные данные:* документация по проекту указывается индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* ознакомиться с методами создания печатных плат, на основе схемы создать печатную плату устройства.

*Отчет о работе* представляет собой файл в формате Gerber.

6. В системе твердотельного проектирования построить эскизный чертеж конструктивного элемента.

*Трудоемкость* – 2 часа.

*Цель работы:* знакомство студентов с САД системами твердотельного проектирования.

*Исходные данные:* конструктивный элемент и его размеры указываются индивидуально для каждого студента

*Задачи:* создать проект в виде эскизного чертежа с указанием видов и размеров.

*Отчет о работе* представляет собой правильно оформленный чертеж конструктивного элемента.

7. В системе твердотельного параметрического проектирования построить параметрический чертеж конструктивного элемента.

*Трудоемкость* – 4 часа.

*Цель работы:* Знакомство студентов с САД системами твердотельного проектирования.

*Исходные данные:* конструктивный элемент и его размеры указываются индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* создать проект в виде чертежа конструктивного элемента с указанием видов и размеров, размеры необходимо задать в виде переменных параметров.

*Отчет о работе* представляет собой правильно оформленные чертежи конструктивного элемента для нескольких наборов параметров.

8. В системе твердотельного параметрического проектирования построить параметрическую 3D модель конструктивного элемента на основе параметрического чертежа.

*Трудоемкость* – 4 часов.

*Цель работы:* Знакомство студентов с САД системами твердотельного проектирования.

*Исходные данные:* конструктивный элемент и его размеры указываются индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* создать параметрическую 3D модель на основе параметрического чертежа конструктивного элемента.

*Отчет о работе* представляет собой правильно оформленные чертежи конструктивного элемента и соответствующую 3D модель.

9. В системе твердотельного параметрического проектирования построить параметрическую 3D модель конструктивного элемента и на ее основе сформировать параметрический чертеж. Создать на основе построенной модели и чертежа библиотечный элемент. Параметры модели представить, как базу данных. Для задания параметров создать диалог ввода параметров.

*Трудоемкость* – 4 часа.

*Цель работы:* Знакомство студентов с САД системами твердотельного проектирования.

*Исходные данные:* конструктивный элемент и его размеры указываются индивидуально для каждого студента.

*Задачи:* создать параметрический библиотечный элемент.

*Отчет о работе* представляет собой библиотечный элемент с базой данных параметров и диалогом ввода параметров.

## **6. Оформление отчетов по лабораторным работам**

Отчет по лабораторной работе должен включать:

1. Титульный лист, оформленный в соответствии с приложением А.
2. Введение, в котором указывается цель работы, схема лабораторной установки и описываются полученные исходные данные.

3. Ход работы, в которой описывается выполнение каждой задачи.

4. Заключение.

В целях завершения лабораторной работы в аудитории по решению преподавателя допускается сдача аккуратно оформленного рукописного отчета, включая титульный лист, со вставкой и вклейкой скриншотов, прочих рисунков и изображений графиков.

## 7. Список использованных источников

1. Кологривов, В. А. Основы автоматизированного проектирования радиоэлектронных устройств (часть 1): Учебное пособие / В. А. Кологривов. — Томск: ТУСУР, 2012. — 120 с. — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/1390> (дата обращения: 05.12.2022).
2. Проектирование радиоэлектронных средств на основе современных информационных технологий: Учебное пособие для вузов / М. В. Головицына. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 504 с.. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
3. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / М. П. Трухин ; под научной редакцией В. Э. Иванова. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 134 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09441-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492242> (дата обращения: 05.12.2022).
4. Автоматизация проектирования технологической документации : учебник и практикум для вузов / И. Е. Колошкина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 371 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14010-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/496617> (дата обращения: 05.12.2022).
5. Управление проектами: учебник и практикум для вузов / А. И. Балашов, Е. М. Рогова, М. В. Тихонова, Е. А. Ткаченко ; под общей редакцией Е. М. Роговой. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 383 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00436-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468486> (дата обращения: 05.12.2022).
6. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений: учебник и практикум для вузов / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 356 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02714-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468584> (дата обращения: 05.12.2022).

**Образец титульного листа отчета по лабораторным работам**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Факультет Инновационных технологий

Кафедра управления инновациями

ОТЧЁТ

по лабораторной работе по дисциплине

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Тема лабораторной работы

Студент гр. 0XX

\_\_\_\_\_ И.О. Фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_г.

Преподаватель

Должность, ученая степень (если  
есть)

\_\_\_\_\_ И. О. Фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_г.

\_\_\_\_\_ оценка

Томск 2022