

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор обеспечивающей Школы  
неразрушающего контроля и  
безопасности

Д.А. Седнев  
«30» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2017 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

Методы анализа и расчета электронных схем			
Направление подготовки/ специальность	11.03.04 Электроника и наноэлектроника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Электроника и наноэлектроника		
Специализация	Промышленная электроника		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	4		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	24	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	24	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч		80	
ИТОГО, ч		144	

Вид промежуточной  
аттестации

зачет

Обеспечивающее  
подразделение

Отделение  
Электронной  
инженерии

Зав.кафедрой-руководитель  
отделения на правах  
кафедры

Руководитель ООП  
Преподаватель

П.Ф. Баранов

В.С. Иванова

Д.Н. Огородников

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПК(У)-1	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Р2	ПК(У)-1.В4	Владеет опытом решения задач по анализу характеристик моделей электронных схем во временной и частотной областях на ЭВМ.
			ПК(У)-1.У3	Умеет осуществлять оценку чувствительности электронных схем к вариации величин их параметров.
			ПК(У)-1.34	Знает принципы и методы моделирования, анализа, синтеза и оптимизации электронных систем

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Применять знания по математическому моделированию для получения моделей базовых электронных устройств общего назначения.	ПК(У)-1
РД-2	Решать задачи по анализу характеристик моделей электронных схем во временной и частотной областях на ЭВМ.	ПК(У)-1
РД-3	Осуществлять оценку чувствительности электронных схем к вариации величин их параметров	ПК(У)-1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

## 4. Структура и содержание дисциплины

### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Схемное моделирование	РД-1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	6

<b>Раздел 2. Метод узловых потенциалов</b>	РД-1 РД-2	Лекции	<b>4</b>
		Практические занятия	<b>4</b>
		Лабораторные занятия	<b>8</b>
		Самостоятельная работа	<b>20</b>
<b>Раздел 3. Направленные графы</b>	РД-1 РД-2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>2</b>
		Лабораторные занятия	<b>—</b>
		Самостоятельная работа	<b>8</b>
<b>Раздел 4. Сигнальные графы</b>	РД-1 РД-2	Лекции	<b>6</b>
		Практические занятия	<b>6</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>14</b>
<b>Раздел 5. Метод переменных состояния</b>	РД-1 РД-2	Лекции	<b>4</b>
		Практические занятия	<b>2</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>16</b>
<b>Раздел 6. Частотный метод анализа</b>	РД-1 РД-2	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>—</b>
		Лабораторные занятия	<b>2</b>
		Самостоятельная работа	<b>4</b>
<b>Раздел 7. Чувствительность электронных схем</b>	РД-1 РД-3	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>—</b>
		Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>6</b>
<b>Раздел 8. Основы теории оптимизации</b>	РД-1	Лекции	<b>2</b>
		Практические занятия	<b>—</b>
		Лабораторные занятия	<b>4</b>
		Самостоятельная работа	<b>6</b>

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Схемное моделирование**

Минимальный базовый набор (МБН) элементов, имеющих точное математическое описание, понятное для ЭВМ. Классификация схемных моделей по частотному принципу и диапазону изменения токов и напряжений. Оценка соответствия схемной модели объекту моделирования. Принципы получения, глобальной, локальной и модели линейного приращения.

#### **Темы лекций:**

1. Минимальный базовый набор элементов. Классификация схемных моделей.

#### **Темы практических занятий:**

1. Входной контроль.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Вводное занятие по пакету MathCAD.

### **Раздел 2. Метод узловых потенциалов**

Система уравнений в алгебраическом и матричном виде в базисе узловых потенциалов. Алгоритм записи матрицы проводимостей для пассивных схем. Обобщенный метод узловых потенциалов. Декомпозиция, неавтономные многополюсники. Определение элементов полной матрицы проводимостей электронных компонентов. Алгоритм получения матрицы проводимостей активной схемы с управляемыми источниками. Представление схемы четырехполюсником и получение расчетных формул для схемных функций.

**Темы лекций:**

1. Метод узловых потенциалов для пассивных цепей.
2. Обобщенный метод узловых потенциалов.

**Темы практических занятий:**

1. Анализ пассивных цепей методом узловых потенциалов.
2. Обобщенный метод узловых потенциалов. Неавтономные многополюсники.

**Названия лабораторных работ:**

1. Метод узловых потенциалов. Пассивные цепи.
2. Исследование влияния отрицательной обратной связи на схемные функции усилителя с комплементарным транзистором.
3. Исследование схемы универсального фильтра в частотной области.

<b>Раздел 3. Направленные графы</b>
-------------------------------------

Топологическое моделирование. Основные понятия и определения графов. Законы Кирхгофа в топологической форме. Матрица инцидентий графа цепи. Первый закон Кирхгофа. Матрица главных контуров. Второй закон Кирхгофа. Матрица главных сечений, первый закон Кирхгофа в обобщенной форме. Теоремы о связях топологических матриц между собой. Расчет переменных ветвей графа. Узловой анализ по направленному графу цепи.

**Темы лекций:**

1. Направленные графы. Матрица инцидентий.
2. Направленные графы. Матрица главных контуров. Матрица главных сечений.

**Темы практических занятий:**

1. Составление матрицы инцидентий графа цепи.
2. Составление матрицы главных контуров и матрицы главных сечений.

<b>Раздел 4. Сигнальные графы</b>
-----------------------------------

Основные понятия и определения. Правила построения сигнальных графов электронной схемы. Графы электронных компонентов. Косвенные и прямые методы построения графа электронной цепи. Связь алгоритма построения сигнального графа цепи прямым методом с алгоритмом записи математической модели цепи обобщенным методом узловых потенциалов. Решение графа. Основные операции на графах. Получение передаточных функций цепи по формуле Мэсона. Исследование обратных связей в электронных цепях топологическими методами.

**Темы лекций:**

1. Сигнальные графы (СГ). Нормализованный СГ.
2. Ненормализованный СГ. Решения СГ.
3. Методы построения СГ электронной цепи

**Темы практических занятий:**

1. Правила построения СГ электронной схемы.
2. Косвенные и прямые методы построения СГ электронной цепи.
3. Подготовка к КР.

**Названия лабораторных работ:**

1. Моделирование операционных усилителей неавтономным многополюсником.

## **Раздел 5. Метод переменных состояния**

Основные понятия и определения. Запись системы дифференциальных уравнений в нормальной форме. Выходные уравнения. Методы получения математической модели цепи системой уравнений переменных состояния, в том числе с помощью направленного графа цепи. Методы интегрирования уравнений переменных состояния. Явный и неявный методы Эйлера, использование дискретных резистивных моделей для конденсаторов и индуктивностей.

### **Темы лекций:**

1. Метод переменных состояния.
2. Решение уравнений переменных состояний.

### **Темы практических занятий:**

1. Составление математической модели электрической цепи системой уравнений переменных состояния.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Пакет прикладных программ автоматизированного анализа электронных схем. Вводное занятие.

## **Раздел 6. Частотный метод анализа**

Передаточные функции. Вынужденные и свободные колебания. Реакция устойчивой цепи на тестовые воздействия. Импульсная и переходная характеристики цепи. Расчет реакции цепи на периодические и непериодические воздействия. Связь временных и частотных характеристик цепи.

### **Темы лекций:**

1. Анализ в частотной области. Передаточные функции электрических цепей. Частотные характеристики схемы. Решение уравнений переменных состояния в частотной области.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование частотных и временных характеристик  $RC$ -цепи

## **Раздел 7. Чувствительность электронных схем**

Основные определения и понятия. Многопараметрическая чувствительность. Многопараметрическая чувствительность наихудшего случая. Чувствительность к паразитным параметрам. Методы расчета чувствительности на ЭВМ. Расчет чувствительности в частотной области.

### **Темы лекций:**

1. Определение чувствительности. Чувствительность схемных функций. Многопараметрическая чувствительность. Методы расчета чувствительности на ЭВМ.

### **Названия лабораторных работ:**

1. Исследование выпрямителя.
2. Усилитель на биполярном транзисторе.

## **Раздел 8. Основы теории оптимизации**

Основные определения и понятия. Градиент. Алгоритмы оптимизации. Основной

итерационный алгоритм минимизации. Определение оптимального шага. Выбор направления поиска. Условная оптимизация.

#### **Темы лекций:**

1. Оптимизация: основные определения и понятия. Алгоритмы оптимизации.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Работа с библиотекой моделей.
2. Моделирование ключей.

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Выполнение домашних заданий, оформление отчетов по лабораторным работам;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим занятиям;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

#### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

##### **Основная литература**

1. Глотов, Анатолий Филиппович. Математическое моделирование электронных схем: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Ф. Глотов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ — 1 компьютерный файл (pdf, 4.2 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m040.pdf>
2. Легостаев, Н. С. Методы анализа и расчета электронных схем : учебное пособие / Н. С. Легостаев. — Москва : ТУСУР, 2014. — 237 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110344> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Миловзоров, Олег Владимирович. Электроника : учебник для бакалавров [Электронный ресурс] / О. В. Миловзоров, И. Г. Панков. — 5-е изд.. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Юрайт, 2013 — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/FN/fn-37.pdf>

##### **Дополнительная литература**

1. Глотов, Анатолий Филиппович. Методы анализа и расчета электронных схем : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Ф. Глотов; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf, 1.6 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2008. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m90.pdf>

- Остапенко А.Г. Анализ и синтез линейных радиоэлектронных цепей с помощью графов. М. Радио и связь 1985, 346с.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
- <http://ecircuitcenter.com/circuits.htm>
- <http://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/>
- <http://www.scienceresearch.com>
- <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb> - информационно-справочные системы и профессиональные базы данных НТБ.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

- PTC Mathcad 15 Academic Floating;( на сетевом ресурсе)
- NI Multisim 14 Education ( на сетевом ресурсе)
- Adobe Acrobat Reader DC;
- Cisco Webex Meetings;
- Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic
- Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
- Mozilla Firefox ESR
- Zoom Zoom
- Document Foundation LibreOffice;
- Google Chrome
- Tracker Software PDF-XChange Viewer

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее оборудование:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 210	Комплект учебной мебели на 52 посадочных мест; Компьютер - 20 шт.; Проектор - 1 шт.;
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)  634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 206	Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов,	Комплект учебной мебели на 15 посадочных мест Проектор - 1 шт.;

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
	курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 105	Компьютер - 18 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, специализации «Промышленная электроника» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Д.Н. Огородников

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры промышленной и медицинской электроники (протокол от «07» июня 2017 г. № 07.17).

Зав. кафедрой – руководитель отделения  
на правах кафедры,  
к.т.н.

П.Ф. Баранов

подпись



**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭИ ИШНКБ (протокол)
2018/2019 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС 5. Изменена система оценивания	От 29.08.2018 г. № 8
2019/2020 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 28.06.2019 г. № 19
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	От 01.09.2020 г. № 37