**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по УРиМД
_____Нариманова Г.Н.
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЦЕПЕЙ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Электроника, микроэлектроника и программирование цифровых устройств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | 4 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|
| Лекционные занятия | 28 | 28 | часов |
| Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 | часов |
| Самостоятельная работа | 10 | 10 | часов |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| (включая промежуточную аттестацию) | 3 | 3 | з.е. |

| Формы промежуточной аттестации | Семестр |
|---|---|
| Экзамен | 4 |

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Томск

Согласована на портале № 83201

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Приобретение знаний, умений и навыков исследования нелинейных электрических цепей и цепей с дискретными сигналами.
2. Приобретение знаний, умений и навыков теоретического исследования электронных цепей, содержащих активные многополюсные компоненты, на основе методологии математического моделирования.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение основных методов исследования стационарных и переходных процессов нелинейных электрических цепей и цепей с дискретными сигналами.
2. Формирование знаний общих положений математического моделирования, правил формирования операторных математических моделей электронных цепей, методов анализа электронных цепей, основанных на алгебраических и топологических моделях.
3. Формирование умений и навыков использования компьютерных технологий математических и инженерных вычислений для анализа, расчета и оптимизации электронных цепей.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills – SHS).

Индекс дисциплины: Б1.О.03.01.

Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

| Компетенция | Индикаторы достижения компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине |
|---|---|---|
| **Универсальные компетенции** | | |
| - | - | - |
| **Общепрофессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 83201

| | | |
|---|---|---|
| ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных | ОПК-2.1. Знает основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных | Знает общие вопросы методологии исследований, методики подготовки и проведения эксперимента, основные сведения об электрических измерениях, средства измерения, включая универсальные. |
| | ОПК-2.2. Умеет выбирать эффективную методику экспериментальных исследований | Умеет выбирать эффективную методику: методику прямого измерения параметров электронной цепи (тока, напряжения, мощности) с использованием осциллографов и мультиметров, имитационную методику с использованием матричных и топологических методов исследования электронных цепей в узловом, контурном и гибридном координатном базисах. |
| | ОПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных | Владеет навыками проведения экспериментальных исследований электронных цепей в частотной области, навыками обработки и представления полученных данных с использованием системы автоматизации, например, MathCad. |
| **Профессиональные компетенции** | | |

Согласована на портале № 83201

| | | |
|---|---|---|
| ПК-1. Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | ПК-1.1. Знает простейшие физические и математические модели электронных приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства для физического и математического моделирования электронных приборов и устройств различного функционального назначения | Знает схемы замещения и математические модели элементов электроники, например, биполярных и полевых транзисторов, выпрямительных и импульсных диодов, цифровых и аналоговых микросхем, магнитных элементов и других компонентов электронных схем. Знает математические модели многополюсных электронных компонентов. Знает средства имитационного моделирования электромагнитных процессов приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, например, Asimec, Ltspice, Matlab. |
| | ПК-1.2. Умеет строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования | Умеет строить физические модели отдельных элементов электроники: биполярного и полевого транзистора, диода, цифровых и аналоговых микросхем и других элементов и компонентов. Умеет строить физические модели сложных элементов электроники, например, выпрямителей, сглаживающих фильтров, автономных инверторов. Умеет строить математические модели (систему уравнений) отдельных и сложных элементов электроники. Умеет применять средства имитационного моделирования электромагнитных процессов для приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, например, Asimec, Ltspice, Matlab. |
| | ПК-1.3. Владеет навыками построения простейших физических и математических моделей приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использования стандартных программных средств их компьютерного моделирования | Владеет навыками построения физических моделей отдельных элементов электроники, например, биполярного и полевого транзистора, диода, цифровых и аналоговых микросхем. Владеет навыками построения математических моделей сложных элементов электроники, например, выпрямителей, сглаживающих фильтров, автономных инверторов. Владеет навыками построения математических моделей основных функциональных узлов энергетической электроники. Владеет навыками применять средства имитационного моделирования электромагнитных процессов для приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, например, Asimec, Ltspice, Matlab. |

Согласована на портале № 83201

| | | |
|---|---|---|
| ПК-2. Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | ПК-2.1. Знает эффективные методики экспериментального исследования параметров и характеристик электронных приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | Знает методику прямого измерения параметров электронных цепей, методики имитационного моделирования, направленную на формирование математических моделей электронных цепей для исследования в частотной области. |
| | ПК-2.2. Умеет аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик электронной компонентной базы, приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | Умеет аргументированно выбирать методику экспериментального исследования параметров, входных, передаточных и выходных характеристик электронных цепей различного функционального назначения. |
| | ПК-2.3. Владеет навыками выбора и реализации на практике эффективной методики экспериментального исследования параметров и характеристик электронных приборов, схем устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения | Владеет навыками выбора и реализации на практике методики экспериментального исследования линейных электронных цепей для реализации основных аналоговых функций (усиление, частотная фильтрация). |
| ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования | ПК-3.1. Знает принципы конструирования отдельных аналоговых блоков электронных приборов | Знает современные электронные компоненты, их принцип действия, основные характеристики и параметры. Знает принципы совместимости электронных компонентов при составлении электронных схем. Знает принципы 3D-моделирования блоков электронных приборов. |
| | ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов | Умеет проводить оценочные расчеты характеристик транзисторов, диодов, резисторов и магнитных элементов электронных устройств. |
| | ПК-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем | Владеет навыками составления схем электрических структурных, функциональных и принципиальных. Владеет навыками составления монтажных схем, на которых указывается геометрическое расположение отдельных узлов электронной техники и связь между ними. |

Согласована на портале № 83201

| | | |
|---|---|---|
| ПК-5. Способен к выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники | ПК-5.1. Знает методологию проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники | Знает комплекс методов и подходов, направленных на эффективное планирование, выполнение и оценку результатов исследований и разработок в области производства активных электронных компонентов и интегральных микросхем. |
| | ПК-5.2. Умеет составлять техническое задание на проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники | Умеет составлять техническое задание на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства биполярных и полевых транзисторов, цифровых и аналоговых интегральных микросхем. |
| | ПК-5.3. Владеет навыками составления рабочего плана проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области производства изделий микроэлектроники и твердотельной электроники | Владеет навыками разработки технического задания, необходимого для реализации проекта НИОКР, навыками разработки этапов НИОКР, определения ресурсов, необходимых для реализации проекта НИОКР. |

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 4 семестр |
| **Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 62 | 62 |
| Лекционные занятия | 28 | 28 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 16 | 16 |
| **Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего** | 10 | 10 |
| Подготовка к тестированию | 7 | 7 |
| Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | 1 |
| Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 2 | 2 |
| **Подготовка и сдача экзамена** | 36 | 36 |
| **Общая трудоемкость (в часах)** | 108 | 108 |
| **Общая трудоемкость (в з.е.)** | 3 | 3 |

## 5. Структура и содержание дисциплины

### 5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 83201

| Названия разделов (тем) дисциплины | Лек. зан., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб. | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | | | |
| 1 Общие положения математического моделирования и исследования электронных цепей. | 2 | - | - | 1 | 3 | ПК-1 |
| 2 Топологические модели электронных цепей. | 2 | 2 | - | 1 | 5 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 |
| 3 Математические модели компонентов электронных цепей. | 2 | - | - | 1 | 3 | ПК-1 |
| 4 Уравнения электронных цепей. | 6 | 6 | - | 1 | 13 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| 5 Схемные функции и их анализ. | 2 | - | - | 1 | 3 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 |
| 6 Анализ электронных цепей операторными методами. | 10 | 8 | 16 | 4 | 38 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| 7 Исследование электронных цепей во временной области. | 4 | 2 | - | 1 | 7 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| Итого за семестр | 28 | 18 | 16 | 10 | 72 | |
| Итого | 28 | 18 | 16 | 10 | 72 | |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) | Трудоемкость (лекционные занятия), ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |
| 1 Общие положения математического моделирования и исследования электронных цепей. | Параметры электронных цепей. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Топологические модели электронных цепей. | Схемы замещения электронных цепей. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Математические модели компонентов электронных цепей. | Полюсные графы электронных цепей. | 2 | ПК-1 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 83201

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Уравнения электронных цепей. | Виды уравнений электронных цепей. Понятие и виды координатного базиса. Координатные уравнения для координат в сокращенном координатном базисе. Координатные уравнения для координат в узловом и контурном координатных базисах. Методы формирования матрично-векторных параметров узловых и контурных уравнений. | 6 | ПК-1, ПК-2, ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 5 Схемные функции и их анализ. | Понятие и виды схемных функций электронных цепей. Алгебраические формы представления схемных функций. Графические формы представления схемных функций. Частотные и временные характеристики и параметры. | 2 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Анализ электронных цепей операторными методами. | Определение схемных функций по матрично-векторным параметрам электронных цепей. Понятие и виды сигнальных графов. Сигнальные графы Мэзона. Эквивалентные преобразования сигнальных графов. Мэзона. Определение передач сигнальных графов Мэзона путем применения формулы Мэзона. Обобщенные сигнальные графы. Определение передач обобщенных сигнальных графов. | 10 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 10 | |
| 7 Исследование электронных цепей во временной области. | Математическое описание электронных цепей в базисе переменных состояния. Уравнения переменных состояния линейных электронных цепей. Расчет временных и частотных характеристик линейных электронных цепей. | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 4 | |
| | Итого за семестр | 28 | |
| | Итого | 28 | |

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |

Согласована на портале № 83201

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 Топологические модели электронных цепей. | Схемы замещения электронных цепей. Полюсные графы. Топологические матрицы и уравнения. | 2 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Уравнения электронных цепей. | Координатные уравнения для координат в сокращенном гибридном координатном базисе. | 2 | ПК-1, ПК-2, ПК-3 |
| | Метод формирования матрично-векторных параметров узловых уравнений. | 2 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Метод формирования матрично-векторных параметров контурных уравнений. | 2 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 6 | |
| 6 Анализ электронных цепей операторными методами. | Определение схемных функций по матрично-векторным параметрам электронных цепей. | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Определение передач сигнальных графов Мэзона. | 2 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Определение передач обобщенных сигнальных графов. | 2 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 8 | |
| 7 Исследование электронных цепей во временной области. | Математическое описание электронных цепей в базисе переменных состояния. | 2 | ПК-1, ПК-2 |
| | Итого | 2 | |
| | Итого за семестр | 18 | |
| | Итого | 18 | |

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов (тем) дисциплины | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | |

Согласована на портале № 83201

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 Анализ электронных цепей операторными методами. | Исследование электронной цепи на основе операторной матричной модели в узловом координатном базисе. | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Исследование электронной цепи на основе операторной матричной модели в контурном координатном базисе. | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Исследование электронной цепи на основе операторной матричной модели в сокращенном гибридном координатном базисе. | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Исследование электронной цепи с использованием сигнального графа. | 4 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 |
| | Итого | 16 | |
| Итого за семестр | | 16 | |
| Итого | | 16 | |

### 5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

### 5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов (тем) дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | |
| 1 Общие положения математического моделирования и исследования электронных цепей. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 2 Топологические модели электронных цепей. | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 3 Математические модели компонентов электронных цепей. | Подготовка к тестированию | 1 | ПК-1 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 4 Уравнения электронных цепей. | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| 5 Схемные функции и их анализ. | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |

Согласована на портале № 83201

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6 Анализ электронных цепей операторными методами. | Подготовка к лабораторной работе, написание отчета | 1 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Лабораторная работа |
| | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Тестирование |
| | Подготовка к защите отчета по лабораторной работе | 2 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Защита отчета по лабораторной работе |
| | Итого | 4 | | |
| 7 Исследование электронных цепей во временной области. | Подготовка к тестированию | 1 | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Тестирование |
| | Итого | 1 | | |
| Итого за семестр | | 10 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 46 | | |

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. зан. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-2 | + | + | + | + | Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПК-1 | + | + | + | + | Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПК-2 | + | + | + | + | Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПК-3 | + | + | + | + | Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |
| ПК-5 | + | + | + | + | Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен |

## 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

| Формы контроля | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| **4 семестр** | | | | |

Согласована на портале № 83201

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Защита отчета по лабораторной работе | 0 | 20 | 20 | 40 |
| Лабораторная работа | 0 | 5 | 15 | 20 |
| Тестирование | 0 | 5 | 5 | 10 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Итого максимум за период | | 30 | 40 | 100 |
| Нарастающим итогом | | 30 | 70 | 100 |

### 6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

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

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

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 – 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 – 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 – 84 | C (хорошо) |
| | 70 – 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 – 69 | |
| | 60 – 64 | E (посредственно) |
| 2 (неудовлетворительно) (не зачтено) | Ниже 60 баллов | F (неудовлетворительно) |

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Теоретические основы электротехники. Часть 2. Переходные и статические режимы в линейных и нелинейных цепях. Электромагнитное поле: Учебное пособие / Е. Б. Шандарова, А. В. Шутенков, В. М. Дмитриев, Т. В. Ганджа - 2015. 237 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5377.

### 7.2. Дополнительная литература

1. Лаппи, Ф. Э. Специальные разделы курса теоретических основ электротехники. Применение матриц и теории графов для формирования уравнений по методу узловых потенциалов: учебное пособие / Ф. Э. Лаппи, Ю. Б. Ефимова. — Новосибирск: НГТУ, 2016. — 48 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/118125.

2. Теоретические основы электротехники. Часть 1. Установившиеся режимы в линейных электрических цепях: Учебное пособие / Е. Б. Шандарова, А. В. Шутенков, В. М. Дмитриев, В. И. Хатников, Т. В. Ганджа - 2015. 187 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/5376.

### 7.3. Учебно-методические пособия

### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Моделирование переходных процессов в линейных и нелинейных электрических цепях: учебно-методическое пособие / Е. А. Карпов, В. Н. Тимофеев, Ю. С. Перфильев [и др.]. — Красноярск: СФУ, 2019. — 190 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/157730 .
2. Методы анализа и расчета электронных схем : учебно-методическое пособие для вузов / Н. С. Легостаев, К. В. Четвергов, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра промышленной электроники. - Томск : ТУСУР, 2005. - 120 с. : ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 71 экз.).

### 7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

### 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

### 8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Вычислительная лаборатория / Компьютерный класс: 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); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 301б ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (16 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT (1 шт.);
- Мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LTspice 4;

Согласована на портале № 83201

- Mathworks Matlab;
- Microsoft Visio 2010;
- Mozilla Firefox;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP Pro;

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

Вычислительная лаборатория / Компьютерный класс: 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); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 301б ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (16 шт.);
- Интерактивная доска – «Smart-board» DViT (1 шт.);
- Мультимедийный проектор NEC (1 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- Far Manager;
- Google Chrome;
- LTspice 4;
- Microsoft Visio 2010;
- Mozilla Firefox;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP Pro;

### 8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:
- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### 8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в

Согласована на портале № 83201

которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

## 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

| Названия разделов (тем) дисциплины | Формируемые компетенции | Формы контроля | Оценочные материалы (ОМ) |
|---|---|---|---|
| 1 Общие положения математического моделирования и исследования электронных цепей. | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 2 Топологические модели электронных цепей. | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 3 Математические модели компонентов электронных цепей. | ПК-1 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 4 Уравнения электронных цепей. | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 5 Схемные функции и их анализ. | ОПК-2, ПК-1, ПК-2 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |
| 6 Анализ электронных цепей операторными методами. | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Защита отчета по лабораторной работе | Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ |
| | | Лабораторная работа | Темы лабораторных работ |
| | | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Согласована на портале № 83201

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 Исследование электронных цепей во временной области. | ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5 | Тестирование | Примерный перечень тестовых заданий |
| | | Экзамен | Перечень экзаменационных вопросов |

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

| Оценка | Баллы за ОМ | Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения | | |
|---|---|---|---|---|
| | | знать | уметь | владеть |
| 2 (неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов | отсутствие знаний или фрагментарные знания | отсутствие умений или частично освоенное умение | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков |
| 3 (удовлетворительно) | от 60% до 69% от максимальной суммы баллов | общие, но не структурированные знания | в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение | в целом успешное, но не систематическое применение навыков |
| 4 (хорошо) | от 70% до 89% от максимальной суммы баллов | сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение | в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков |
| 5 (отлично) | ≥ 90% от максимальной суммы баллов | сформированные систематические знания | сформированное умение | успешное и систематическое применение навыков |

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

| Оценка | Формулировка требований к степени компетенции |
|---|---|
| 2 (неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале<br>или<br>Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения. |
| 3 (удовлетворительно) | Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях. |

Согласована на портале № 83201

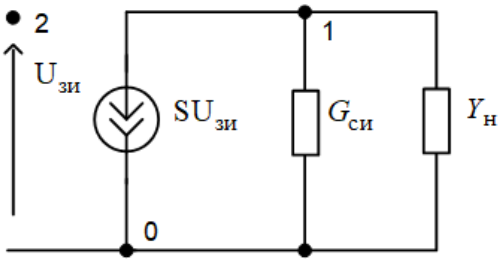
| | |
|---|---|
| 4 (хорошо) | Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения. |
| 5 (отлично) | Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины. |

### 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какие сечения полюсного графа являются вырожденными?
   а) сечения, которым инцидентны только y-ребра;
   б) сечения, которым инцидентны только z-ребра;
   в) сечения, которым инцидентны только одно ребро дерева;
   г) сечения, которым инцидентны только одна хорда.
2. Какое положение отвечает первому закону коммутации?
   а) напряжение на емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
   б) ток в индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
   в) ток емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
   г) напряжение индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией.
3. Какое положение отвечает второму закону коммутации?
   а) напряжение на емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
   б) ток в индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
   в) ток емкости в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией;
   г) напряжение индуктивности в момент коммутации сохраняет такое же значение, как и непосредственно перед коммутацией.
4. Какой переходный процесс следует ожидать в линейной неразветвленной цепи типа R-L-C, если корни характеристического уравнения комплексно сопряженные?
   а) апериодический переходный процесс;
   б) колебательный переходный процесс;
   в) затухающий и не колебательный переходный процесс;
   г) критический (граничный) переходный процесс.
5. Какое определение соответствует коэффициенту искажения синусоидальности тока?
   а) величина, равная отношению действующего значения первой гармоники тока произвольной формы к действующему значению тока;
   б) величина, равная отношению среднеквадратичного значения всех высших гармоник периодического тока к среднеквадратичному значению тока основной частоты;
   в) величина, равная отношению действующего значения переменной составляющей пульсирующего тока к постоянной составляющей пульсирующего тока;
   г) величина, равная отношению амплитуды гармонической составляющей пульсирующего тока первого порядка к среднему значению пульсирующего тока.

Согласована на портале № 83201

6. Сформировать укороченную матрицу проводимостей схемы.

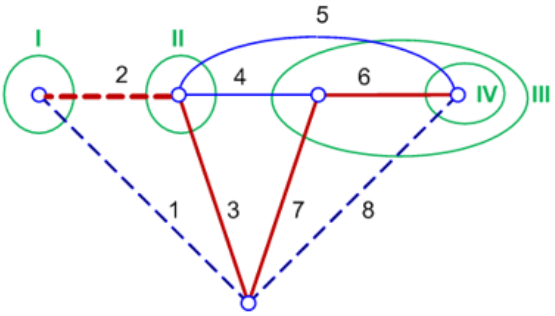



а) $Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -S & G_{си} \end{bmatrix}$; б) $Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{си} \end{bmatrix}$; в) $Y^* = \begin{bmatrix} G_{си} & S \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$; г) $Y^* = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ S & G_{си} + Y_н \end{bmatrix}$.

7. Используя формулу $k_U = \dfrac{\Delta_{ab}}{\Delta_{aa} + Y_н \Delta_{aa,bb}}$, по укороченной матрице проводимостей вида $Y^* = \begin{bmatrix} G_{си} & S \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ определить коэффициент передачи напряжения. Входное напряжение действует между узлом 2 и общей точкой схемы, ветвь нагрузки подключена к узлу 1 относительно общей точки схемы.

а) $k_U = -\dfrac{S}{G_{си} + Y_н}$; б) $k_U = \dfrac{S}{G_{си} + Y_н}$; в) $k_U = -\dfrac{S}{G_{си} - Y_н}$; г) $k_U = -\dfrac{S + Y_н}{G_{си} + Y_н}$.

8. Для приведенного варианта выбора главного дерева графа укажите номер неправильно выбранного главного сечения.




а) сечение I; б) сечение II; в) сечение III; г) сечение IV.

9. Какое сечение является главным?
   а) сечение, которому инцидентно только одно дерево графа;
   б) сечение, которому инцидентна только одна хорда;
   в) сечение, которому инцидентны одно ребро дерева графа и одна хорда;
   г) сечение, которому инцидентны только у-ребра.
10. Укажите особенность неопределенной матрицы проводимостей.
   а) сумма всех элементов в каждой строке тождественно равна нулю;
   б) сумма всех элементов в каждом столбце тождественно равна нулю;
   в) сумма всех элементов в каждой строке и в каждом столбце тождественно равна нулю;
   г) сумма всех диагональных элементов тождественно равна нулю.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Какие требования предъявляются к схеме замещения электронной цепи по переменному току при формировании матрично-векторных параметров узловых уравнений методом эквивалентных схем в матричной форме?
2. Какие требования предъявляются к схеме замещения электронной цепи по переменному току при формировании матрично-векторных параметров контурных уравнений методом эквивалентных схем в матричной форме?
3. Как рассчитать мощность искажения?

Согласована на портале № 83201

4. Назовите условие, при котором в последовательном колебательном RLC-контуре возникает резонанс.
5. Сколько уравнений по первому и второму законам Кирхгофа нужно составить для схемы, имеющей n узлов и m ветвей?

### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Сформулируйте правила формирования матриц главных сечений и главных контуров.
2. Сформулируйте правила формирования матрицы проводимостей y-ветвей системы координатных уравнений для координат в сокращенном гибридном координатном базисе.
3. Какие требования предъявляются к схеме замещения электронной цепи по переменному току при формировании матрично-векторных параметров узловых уравнений методом эквивалентных схем?
4. Какие компоненты электронной цепи в полюсном графе следует представлять y-ребрами?
5. Сформулируйте правила формирования матрицы независимых сечений.

### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование электронной цепи на основе операторной матричной модели в узловом координатном базисе.
2. Исследование электронной цепи на основе операторной матричной модели в контурном координатном базисе.
3. Исследование электронной цепи на основе операторной матричной модели в сокращенном гибридном координатном базисе.
4. Исследование электронной цепи с использованием сигнального графа.

## 9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

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

Согласована на портале № 83201

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|
| С нарушениями слуха | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы | Преимущественно письменная проверка |
| С нарушениями зрения | Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам | Преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушениями опорно-двигательного аппарата | Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету | Преимущественно дистанционными методами |
| С ограничениями по общемедицинским показаниям | Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы | Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;
– в печатной форме с увеличенным шрифтом;
– в форме электронного документа;
– методом чтения ассистентом задания вслух;
– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 83201

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПрЭ
протокол № 1 от «25» 2 2025 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

| Должность | Инициалы, фамилия | Подпись |
|---|---|---|
| Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Заведующий обеспечивающей каф. ПрЭ | С.Г. Михальченко | Согласовано, 706957f1-d2eb-4f94-b533-6139893cfd5a |
| Начальник учебного управления | И.А. Лариошина | Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73 |

**ЭКСПЕРТЫ:**

| | | |
|---|---|---|
| Директор, каф. ИРЭТ | А.М. Заболоцкий | Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52 |
| Доцент, каф. ПрЭ | Д.О. Пахмурин | Согласовано, ce9e048a-2a49-44a0-b2ab-bc9421935400 |

**РАЗРАБОТАНО:**

| | | |
|---|---|---|
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Разработано, 6332ca5f-c16e-4579-bbc4-ee49773dfd8d |

Согласована на портале № 83201