

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Владелец: Семенко Павел Васильевич

Действителен: с 17.09.2019 по 16.09.2024

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**

Направление подготовки / специальность: **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Направленность (профиль) / специализация: **Промышленная электроника**

Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**

Факультет: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**

Кафедра: **Кафедра промышленной электроники (ПрЭ)**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2020 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

| Виды учебной деятельности                             | 4 семестр | Всего | Единицы |
|---|-----------|-------|---------|
| Лабораторные занятия                                  | 8         | 8     | часов   |
| Самостоятельная работа                                | 113       | 113   | часов   |
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя | 10        | 10    | часов   |
| Контрольные работы                                    | 4         | 4     | часов   |
| Подготовка и сдача экзамена                           | 9         | 9     | часов   |
| Общая трудоемкость                                    | 144       | 144   | часов   |
| (включая промежуточную аттестацию)                    |           | 4     | з.е.    |

| Формы промежуточной аттестация | Семестр | Количество |
|--------------------------------|---------|------------|
| Экзамен                        | 4       |            |
| Контрольные работы             | 4       | 2          |

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения является приобретение знаний по физическим основам действия полупроводниковых приборов, их электрическим характеристикам для статического и динамического режимов работы, реакции приборов на внешние воздействия, представлению приборов в виде электрических моделей, методам экспериментального определения параметров моделей.

### 1.2. Задачи дисциплины

1. Задачей изучения дисциплины является приобретение навыков и умений в вопросах правильного выбора вида полупроводниковых приборов для построения электронных схем, исходя из функциональных задач, решаемых этими схемами, и обеспечение грамотной эксплуатации приборов, позволяющих максимально эффективно использовать заложенные в них возможности.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки.

Индекс дисциплины: Б1.О.03.05.

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   |
|--|--|---|
| <b>Универсальные компетенции</b>   |  |   |
| -  | -  | -   |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>  |  |   |
| ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности | ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики   | Знает фундаментальные законы естественных наук и математики   |
|  | ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области | Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области |
|  | ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач   | Владеет практическими навыками решения инженерных задач   |
| <b>Профессиональные компетенции</b>  |  |   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| ПКС-11. 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 | ПКС-11.1. Знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства их компьютерного моделирования                                     | Знает простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также стандартные программные средства их компьютерного моделирования                                     |
|  | ПКС-11.2. 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 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                |
|  | ПКС-11.3. 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 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 |

**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 4 зачетных единиц, 144 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 |
| <b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 22          | 22        |
| Лабораторные занятия  | 8           | 8         |

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| Самостоятельная работа под руководством преподавателя   | 10  | 10  |
| Контрольные работы  | 4   | 4   |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего</b> | 113 | 113 |
| Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины  | 52  | 52  |
| Подготовка к контрольной работе   | 45  | 45  |
| Подготовка к лабораторной работе  | 8   | 8   |
| Написание отчета по лабораторной работе   | 8   | 8   |
| <b>Подготовка и сдача экзамена</b>  | 9   | 9   |
| <b>Общая трудоемкость (в часах)</b>   | 144 | 144 |
| <b>Общая трудоемкость (в з.е.)</b>  | 4   | 4   |

## 5. Структура и содержание дисциплины

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

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

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

| Названия разделов (тем) дисциплины                                 | Лаб. раб. | Контр. раб. | СРП, ч. | Сам. раб., ч | Всего часов (без промежуточной аттестации) | Формируемые компетенции |
|--|-----------|-------------|---------|--------------|--|-------------------------|
| <b>4 семестр</b>   |           |             |         |              |  |                         |
| 1 Физические основы твердотельной электроники                      | 8         | 4           | 1       | 24           | 37   | ПКС-11                  |
| 2 Контактные явления   | -         |             | 1       | 12           | 13   | ПКС-11                  |
| 3 Полупроводниковые диоды  | -         |             | 1       | 16           | 17   | ПКС-11                  |
| 4 Биполярные транзисторы   | -         |             | 1       | 12           | 13   | ОПК-1, ПКС-11           |
| 5 Тиристоры  | -         |             | 1       | 12           | 13   | ОПК-1, ПКС-11           |
| 6 Полевые транзисторы  | -         |             | 1       | 14           | 15   | ОПК-1, ПКС-11           |
| 7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы                        | -         |             | 2       | 11           | 13   | ПКС-11                  |
| 8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы | -         |             | 2       | 12           | 14   | ПКС-11                  |
| Итого за семестр   | 8         | 4           | 10      | 113          | 135  |                         |
| Итого  | 8         | 4           | 10      | 113          | 135  |                         |

### 5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

| Названия разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплины | СРП, ч | Формируемые компетенции |
|------------------------------------|--------------------------------------|--------|-------------------------|
| <b>4 семестр</b>                   |                                      |        |                         |

|   |   |   |        |
|---|---|---|--------|
| 1 Физические основы твердотельной электроники | Зонная структура полупроводников. Распределение носителей заряда в полупроводниках. Процессы переноса заряда в полупроводниках. Поверхностные явления в полупроводниках. Диэлектрическая релаксация   | 1 | ПКС-11 |
|   | Итого   | 1 |        |
| 2 Контактные явления                          | Электрические переходы. Электронно-дырочные переходы. Электронно-дырочный переход в равновесном состоянии. Электронно-дырочный переход в неравновесном состоянии. Вольт-амперная характеристика идеализированного электроннодырочного перехода. Статическая вольт-амперная характеристика реального электронно-дырочного перехода. Пробой электронно-дырочного перехода. Динамические параметры электронно-дырочного перехода. Переходные процессы в электроннодырочном переходе. Контакты металл-полупроводник. Выпрямляющие контакты металл-полупроводник. Омические контакты. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры). Гетеропереходы. | 1 | ПКС-11 |
|   | Итого   | 1 |        |
| 3 Полупроводниковые диоды                     | Общие сведения. Выпрямительные диоды. Импульсные диоды. Диоды Шоттки. Стабилитроны и стабисторы. Варикапы. Туннельные диоды и обращенные диоды  | 1 | ПКС-11 |
|   | Итого   | 1 |        |

|   |   |   |               |
|---|---|---|---------------|
| 4 Биполярные транзисторы                    | Структуры и основные режимы работы. Распределение стационарных потоков носителей заряда. Собственные статические параметры транзистора. Модель Эберса-Молла биполярного транзистора. Модуляция толщины базы. Пробой биполярных транзисторов. Статические характеристики. Динамические параметры транзистора. Линейные модели биполярного транзистора. Усилительные свойства транзистора. Работа биполярного транзистора в импульсном режиме. Зависимость параметров от режима работы.   | 1 | ОПК-1, ПКС-11 |
|   | Итого   | 1 |               |
| 5 Тиристоры                                 | Диодные тиристоры. Триодные тиристоры. Симметричные тиристоры. Способы управления тиристорами   | 1 | ОПК-1, ПКС-11 |
|   | Итого   | 1 |               |
| 6 Полевые транзисторы                       | Полевые транзисторы с управляющим переходом. Статические характеристики полевых транзисторов с управляющим р-n-переходом. Малосигнальные параметры полевых транзисторов с управляющим переходом. Эквивалентные схемы полевых транзисторов с управляющим переходом. Инерционные свойства полевых транзисторов с управляющим переходом. Полевые транзисторы с изолированным затвором. МДП-транзисторы с индуцированным каналом. Статические характеристики МДП-транзисторов с индуцированным каналом. МДП-транзисторы со встроенным каналом. Статические характеристики МДП-транзисторов. Эквивалентные схемы МДП-транзисторов. Инерционные свойства МДП-транзисторов. Усилительные свойства полевых транзисторов. Работа полевых транзисторов в импульсном режиме. | 1 | ОПК-1, ПКС-11 |
|   | Итого   | 1 |               |
| 7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы | Классификация оптоэлектронных приборов. Фототранзисторы. Оптоэлектронные пары.  | 2 | ПКС-11        |
|   | Итого   | 2 |               |

|   |   |    |        |
|---|---|----|--------|
| 8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномангнитные приборы | Терморезисторы. Полупроводниковые термоэлектрические устройства.<br>Полупроводниковые гальваномангнитные приборы. | 2  | ПКС-11 |
|   | Итого   | 2  |        |
| Итого за семестр  |   | 10 |        |
| Итого   |   | 10 |        |

### 5.3. Контрольные работы

Виды контрольных работ и часы на контрольные работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Контрольные работы

| № п.п.           | Виды контрольных работ                            | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|------------------|---|-----------------|-------------------------|
| <b>4 семестр</b> |   |                 |                         |
| 1                | Контрольная работа с автоматизированной проверкой | 2               | ПКС-11                  |
| 2                | Контрольная работа                                | 2               | ПКС-11                  |
| Итого за семестр |   | 4               |                         |
| Итого            |   | 4               |                         |

### 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 |
|---|--|-----------------|-------------------------|
| <b>4 семестр</b>                              |  |                 |                         |
| 1 Физические основы твердотельной электроники | Исследование статических параметров биполярного транзистора.   | 4               | ПКС-11                  |
|   | Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-переходом. | 4               | ПКС-11                  |
|   | Итого  | 8               |                         |
| Итого за семестр                              |  | 8               |                         |
| Итого   |  | 8               |                         |

### 5.5. Контроль самостоятельной работы (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 |
|------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|----------------|
| <b>4 семестр</b>                   |                             |                 |                         |                |

|   |  |    |               |                              |
|---|--|----|---------------|------------------------------|
| 1 Физические основы твердотельной электроники | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 4  | ПКС-11        | Тестирование, Экзамен        |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 4  | ПКС-11        | Контрольная работа           |
|   | Подготовка к лабораторной работе                                       | 8  | ПКС-11        | Лабораторная работа          |
|   | Написание отчета по лабораторной работе                                | 8  | ПКС-11        | Отчет по лабораторной работе |
|   | Итого  | 24 |               |                              |
| 2 Контактные явления                          | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 8  | ПКС-11        | Тестирование, Экзамен        |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 4  | ПКС-11        | Контрольная работа           |
|   | Итого  | 12 |               |                              |
| 3 Полупроводниковые диоды                     | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 8  | ПКС-11        | Тестирование, Экзамен        |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 8  | ПКС-11        | Контрольная работа           |
|   | Итого  | 16 |               |                              |
| 4 Биполярные транзисторы                      | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 8  | ОПК-1, ПКС-11 | Тестирование, Экзамен        |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 4  | ПКС-11        | Контрольная работа           |
|   | Итого  | 12 |               |                              |
| 5 Тиристоры                                   | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 4  | ОПК-1, ПКС-11 | Тестирование, Экзамен        |
|   | Подготовка к контрольной работе  | 8  | ПКС-11        | Контрольная работа           |
|   | Итого  | 12 |               |                              |



|  |  |     |               |                       |
|--|--|-----|---------------|-----------------------|
| 6 Полевые транзисторы  | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 6   | ОПК-1, ПКС-11 | Тестирование, Экзамен |
|  | Подготовка к контрольной работе  | 8   | ПКС-11        | Контрольная работа    |
|  | Итого  | 14  |               |                       |
| 7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы                        | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 6   | ПКС-11        | Тестирование, Экзамен |
|  | Подготовка к контрольной работе  | 5   | ПКС-11        | Контрольная работа    |
|  | Итого  | 11  |               |                       |
| 8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы | Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины | 8   | ПКС-11        | Тестирование, Экзамен |
|  | Подготовка к контрольной работе  | 4   | ПКС-11        | Контрольная работа    |
|  | Итого  | 12  |               |                       |
| Итого за семестр   |  | 113 |               |                       |
|  | Подготовка и сдача экзамена  | 9   |               | Экзамен               |
| Итого  |  | 122 |               |                       |

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

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

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

| Формируемые компетенции | Виды учебной деятельности |            |     |           | Формы контроля   |
|-------------------------|---------------------------|------------|-----|-----------|--|
|                         | Лаб. раб.                 | Конт. Раб. | СРП | Сам. раб. |  |
| ОПК-1                   |                           |            | +   | +         | Тестирование, Экзамен  |
| ПКС-11                  | +                         | +          | +   | +         | Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен |

### 6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 7.1. Основная литература

1. Легостаев Н. С. Твердотельная электроника: Учебное пособие / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. - Томск: Эль Контент, 2011. - 244 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

## **7.2. Дополнительная литература**

1. Юшков Ю.Г. Физические основы твердотельной электроники: Учебно-методическое пособие Томск Издательство ТУСУРа 2019 [Электронный ресурс] / Ю. Г. Юшков [и др.]. — Томск: ТУСУР: 2019. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/9026>.

## **7.3. Учебно-методические пособия**

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

1. Легостаев Н. С. Твердотельная электроника: Методические указания / Легостаев Н. С., Четвергов К. В. - Томск: Эль Контент, 2012. - 52 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

2. Легостаев Н. С. Твердотельная электроника : методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / Н. С. Легостаев, С.Г. Михальченко. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018. – 17с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://study.tusur.ru/study/library>.

### **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. Иное учебно-методическое обеспечение**

1. Легостаев Н.С., Четвергов К.В. Твердотельная электроника [Электронный ресурс]: электронный курс / Н.С. Легостаев, К.В. Четвергов. - Томск: ФДО, ТУСУР, 2012. (доступ из личного кабинета студента) .

## **7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

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

## **8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, для самостоятельной работы студентов

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Веб-камера - 6 шт.;
- Наушники с микрофоном - 6 шт.;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;
- Kaspersky Endpoint Security для Windows;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows;

## **8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

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

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

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

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

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в 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 Физические основы твердотельной электроники | ПКС-11                  | Контрольная работа           | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|   |                         | Лабораторная работа          | Темы лабораторных работ   |
|   |                         | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                             |
|   |                         | Экзамен                      | Перечень экзаменационных вопросов                               |
|   |                         | Отчет по лабораторной работе | Темы лабораторных работ   |
| 2 Контактные явления                          | ПКС-11                  | Контрольная работа           | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|   |                         | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                             |
|   |                         | Экзамен                      | Перечень экзаменационных вопросов                               |
| 3 Полупроводниковые диоды                     | ПКС-11                  | Контрольная работа           | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|   |                         | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                             |
|   |                         | Экзамен                      | Перечень экзаменационных вопросов                               |
| 4 Биполярные транзисторы                      | ОПК-1, ПКС-11           | Контрольная работа           | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|   |                         | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                             |
|   |                         | Экзамен                      | Перечень экзаменационных вопросов                               |
| 5 Тиристоры                                   | ОПК-1, ПКС-11           | Контрольная работа           | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|   |                         | Тестирование                 | Примерный перечень тестовых заданий                             |
|   |                         | Экзамен                      | Перечень экзаменационных вопросов                               |

|  |               |                    |   |
|--|---------------|--------------------|---|
| 6 Полевые транзисторы  | ОПК-1, ПКС-11 | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|  |               | Тестирование       | Примерный перечень тестовых заданий                             |
|  |               | Экзамен            | Перечень экзаменационных вопросов                               |
| 7 Оптоэлектронные полупроводниковые приборы                        | ПКС-11        | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|  |               | Тестирование       | Примерный перечень тестовых заданий                             |
|  |               | Экзамен            | Перечень экзаменационных вопросов                               |
| 8 Полупроводниковые термоэлектрические и гальваномагнитные приборы | ПКС-11        | Контрольная работа | Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы |
|  |               | 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<br>(неудовлетворительно) | < 60% от максимальной суммы баллов         | отсутствие знаний или фрагментарные знания  | отсутствие умений или частично освоенное умение             | отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков              |
| 3<br>(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<br>(неудовлетворительно) | Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или<br>Знать на уровне <b>ориентирования</b> , 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<br>(удовлетворительно)   | Знать и уметь на <b>репродуктивном</b> уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.   |
| 4 (хорошо)                 | Знать, уметь, владеть на <b>аналитическом</b> 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 <b>системном</b> 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. Направленное движение носителей заряда из-за неравномерного распределения концентрации носителей заряда в объеме полупроводника в отсутствие градиента температуры называют: а) дрейфом; б) диффузией; в) подвижностью носителей заряда; в) свободным пробегом.
2. Длина свободного пробега носителей заряда - это: а) расстояние, на котором при одномерной диффузии в полупроводнике без электрического поля в нем избыточная концентрация носителей заряда уменьшается вследствие рекомбинации в 2,72 раза; б) расстояние, на которое носители заряда диффундируют за время жизни; в) среднее расстояние, проходимое носителями заряда между двумя последовательными актами рассеяния; г) величина, связанная с временем жизни неравновесных носителей заряда соотношением  $L=Dt$ .
3. Электронно-дырочный переход смещен в обратном направлении, если к нему приложено внешнее напряжение: а) создающее напряженность электрического поля, которая противоположна по направлению напряженности диффузионного электрического поля; б) “плюсом” к р-области, а “минусом” к n-области; в) “минусом” к р-области, а “плюсом” к n-области; г) уменьшающее суммарную напряженность электрического поля в переходе.
4. Какой характер носит изменение напряженности диффузионного электрического поля в области пространственного заряда ступенчатого р-n-перехода: а) линейный; б) кусочно-линейный; в) квадратичный; г) экспоненциальный.
5. Какой характер носит изменение потенциала диффузионного электрического поля в области пространственного заряда ступенчатого р-n-перехода: а) линейный; б) кусочно-линейный; в) квадратичный; г) экспоненциальный.
6. Как изменяется высота потенциального барьера р-n-перехода с изменением температуры и концентрации примесей в прилегающих к переходу областях: а) возрастает при увеличении концентрации примесей в соответствующих областях; б) уменьшается при увеличении концентрации примесей в соответствующих областях; в) уменьшается с увеличением температуры; г) возрастает с увеличением температуры.
7. Базой полупроводникового прибора называют: а) область, в которую происходит

- инжекция неосновных для этой области носителей заряда; б) область, в которую происходит экстракция основных для этой области носителей заряда; в) область, из которой происходит инжекция основных для этой области носителей заряда; г) область, из которой происходит экстракция неосновных для этой области носителей заряда.
8. Эмиттером полупроводникового прибора называют: а) область, в которую происходит инжекция неосновных для этой области носителей заряда; б) область, в которую происходит экстракция основных для этой области носителей заряда; в) область, из которой происходит инжекция основных для этой области носителей заряда; г) область, из которой происходит экстракция неосновных для этой области носителей заряда.
  9. Электронно-дырочный переход смещен в прямом направлении, если к нему приложено внешнее напряжение: а) полярность которого совпадает с полярностью контактной разности потенциалов; б) создающее напряженность электрического поля, которая противоположна по направлению напряженности диффузионного электрического поля; в) “плюсом” к р-области, а “минусом” к п-области; г) “минусом” к р-области, а “плюсом” к п-области.
  10. Диффузионная емкость р-п-перехода: а) определяется изменением неподвижных зарядов в обедненном слое р-п-перехода под действием приложенного напряжения; б) определяется изменением заряда носителей, инжектированных в базу; в) проявляется при прямом напряжении; г) проявляется при обратном напряжении.
  11. Контакт металл-полупроводник обладает выпрямительными свойствами: а) в режиме обеднения; б) в режиме обогащения; в) в режиме слабой инверсии; г) в режиме сильной инверсии.
  12. Диоды Шоттки по сравнению с кремниевыми полупроводниковыми диодами на основе р-п-перехода характеризуются: а) более высоким быстродействием; б) большими прямыми падениями напряжения; в) более высокими пробивными напряжениями; г) большими обратными токами.
  13. Определите режим работы биполярного р-п-р-транзистора, если напряжение база-эмиттер  $U_{бэ} = -0,4$  В, а напряжение коллектор эмиттер  $U_{кэ} = -5,0$  В. а) насыщения; б) отсечки; в) нормальный активный; г) инверсный активный.
  14. Определите режим работы биполярного транзистора, если эмиттерный переход смещен в прямом направлении, а коллекторный - в обратном. а) инверсный активный; б) нормальный активный; в) насыщения; г) отсечки.
  15. Определите режим работы биполярного транзистора, если оба рп-перехода смещены в обратном направлении. а) инверсный активный; б) нормальный активный; в) насыщения; г) отсечки.
  16. Характер передаточных характеристик полевого транзистора с управляющим рп-переходом определяется уменьшением тока стока а) при уменьшении обратного напряжения на управляющем переходе; б) при увеличении обратного напряжения на управляющем переходе; в) при уменьшении прямого напряжения на управляющем переходе; г) при увеличении прямого напряжения на управляющем переходе;
  17. МДП-транзистор с индуцированным каналом работает а) только в режиме обеднения; б) только в режиме обогащения; в) и в режиме обеднения и в режиме обогащения; г) в меньшей степени в режиме обогащения и в большей степени в режиме обеднения.
  18. Начальный ток стока полевого транзистора с управляющим р-п-переходом 3 мА. Напряжение отсечки равно 3 В. Определите максимальную (начальную) крутизну транзистора. а) 1 мА/В; б) 1,5 мА/В; в) 2 мА/В; г) 3 мА/В.
  19. Определите крутизну МДП-транзистора с индуцированным каналом п-типа, если удельная крутизна равна  $0,3$  мА/В<sup>2</sup>, пороговое напряжение равно 2 В, а напряжение затвор-исток равно 4 В. а) 0,3 мА/В; б) 0,6 мА/В; в) 0,9 мА/В; г) 1,2 мА/В.
  20. МДП-транзистор работает в ключевом режиме. Определите сопротивление транзистора во включенном состоянии, если удельная крутизна равна  $0,5$  мА/В<sup>2</sup>, пороговое напряжение 1 В, а напряжение затвор-исток равно 5 В. а) 50 Ом; б) 100 Ом; в) 500 Ом; г) 750 Ом.

### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Кристалл кремния содержит  $10^{17}$  атомов бора в  $1\text{см}^3$ . Определить “расстояние” между уровнем Ферми и серединой запрещенной зоны при температуре  $T = 300\text{К}$ . а) 0,223 Эв; б)

- 0,308 Эв; в) 0,416 Эв; г) 0,609 Эв.
2. Определить концентрацию электронов при  $T = 300\text{K}$  в собственном кремниевом полупроводнике. а)  $10^7\text{ см}^{-3}$ ; б)  $10^8\text{ см}^{-3}$ ; в)  $10^{10}\text{ см}^{-3}$ ; г)  $10^{12}\text{ см}^{-3}$ .
  3. Определить концентрацию электронов при  $T = 300\text{K}$  в кристалле кремния, содержащем  $5 \times 10^{17}$  атомов сурьмы в  $1\text{ см}^{-3}$ . а)  $3 \times 10^{15}\text{ см}^{-3}$ ; б)  $4 \times 10^{15}\text{ см}^{-3}$ ; в)  $5 \times 10^{17}\text{ см}^{-3}$ ; г)  $5 \times 10^{19}\text{ см}^{-3}$ .
  4. Определить отношение электронного дрейфового тока к дырочному дрейфовому току при  $T = 300\text{K}$  для кремния n-типа с удельным сопротивлением  $5\text{ Ом} \times \text{см}$ . а)  $1,14 \times 10^9$ ; б)  $1,97 \times 10^9$ ; в)  $2,23 \times 10^9$ ; г)  $3,16 \times 10^9$ .
  5. Определить подвижность электронов в кремнии при  $T = 300\text{K}$ , если коэффициент диффузии электронов равен  $31\text{ см}^2/\text{с}$ . а)  $700\text{ см}^2/(\text{Вс})$ ; б)  $900\text{ см}^2/(\text{Вс})$ ; в)  $1200\text{ см}^2/(\text{Вс})$ ; г)  $1400\text{ см}^2/(\text{Вс})$ .
  6. Определить удельное сопротивление собственного кремния при температуре  $T = 300\text{K}$ . а)  $1,29 \times 10^5\text{ Ом} \times \text{см}$ ; б)  $2,29 \times 10^5\text{ Ом} \times \text{см}$ ; в)  $3,29 \times 10^5\text{ Ом} \times \text{см}$ ; г)  $4,29 \times 10^5\text{ Ом} \times \text{см}$ .
  7. Дрейфовый ток плотностью  $10\text{ мА}/\text{см}^2$  протекает через кристалл кремния p-типа с удельным сопротивлением  $5\text{ Ом} \times \text{см}$ . Определить среднюю скорость дрейфа дырок. а)  $20\text{ см}/\text{с}$ ; б)  $30\text{ см}/\text{с}$ ; в)  $40\text{ см}/\text{с}$ ; г)  $50\text{ см}/\text{с}$ .
  8. На сколько процентов увеличится коэффициент диффузии невырожденного полупроводника, если при увеличении температуры на  $10\%$  подвижность носителей изменилась на  $1\%$ . а) на  $5,9\%$ ; б) на  $7,9\%$ ; в) на  $8,9\%$ ; г) на  $9,9\%$ .
  9. Обратный ток насыщения электронно-дырочного перехода равен  $10\text{ мкА}$ . К переходу приложено прямое напряжение, равное  $0,5\text{ В}$ . Найти отношение прямого тока к обратному при  $T = 300\text{K}$ . а)  $12,6 \times 10^7$ ; б)  $16,2 \times 10^7$ ; в)  $21,8 \times 10^7$ ; г)  $26,3 \times 10^7$ .
  10. Определить контактную разность потенциалов кремниевого p-n-перехода при  $T = 300\text{K}$ ,  $14\text{ 42178}$  если концентрация акцепторных примесей равна  $2 \times 10^{13}\text{ см}^{-3}$ , а концентрация донорных примесей  $5 \times 10^{12}\text{ см}^{-3}$ . а)  $216\text{ мВ}$ ; б)  $359\text{ мВ}$ ; в)  $432\text{ мВ}$ ; г)  $618\text{ мВ}$ .

### 9.1.3. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Твердотельная электроника.

Расчет полевого транзистора с управляющим p-n-переходом.

Расчет полевого транзистора с изолированным затвором и индуцированным каналом.

1. Определить концентрацию электронов в кремнии n-типа при  $T = 300\text{K}$ , если его удельная проводимость составляет  $0,1\text{ См}/\text{см}$ . а)  $2,15 \times 10^{14}\text{ см}^{-3}$ ; б)  $3,02 \times 10^{14}\text{ см}^{-3}$ ; в)  $4,47 \times 10^{14}\text{ см}^{-3}$ ; г)  $6,14 \times 10^{14}\text{ см}^{-3}$ .
2. Подвижность дырок в монокристалле кремния при температуре  $T = 300\text{K}$  равна  $500\text{ см}^2/(\text{Вс})$ . Определить коэффициент диффузии дырок в  $\text{см}^2/\text{с}$ . а)  $8,2$ ; б)  $12,9$ ; в)  $14,3$ ; г)  $16,9$ .
3. Определить удельную проводимость образца кремния (в  $\text{мкСм}/\text{см}$ ) при температуре  $T = 300\text{K}$ , если концентрация акцепторов в полупроводнике  $2,3 \times 10^{13}\text{ см}^{-3}$  и концентрация доноров  $2,2 \times 10^{13}\text{ см}^{-3}$ . Подвижность электронов и дырок в кремнии  $1500\text{ см}^2/(\text{Вс})$  и соответственно  $600\text{ см}^2/(\text{Вс})$ . а)  $43$ ; б)  $78$ ; в)  $96$ ; г)  $112$ .
4. Электронно-дырочный переход, имеющий обратный ток насыщения  $25\text{ мкА}$ , работает при прямом напряжении, равном  $0,1\text{ В}$ , и температуре  $T = 300\text{K}$ . Определить сопротивление перехода постоянному току. Ответ дать в Ом. а)  $60$ ; б)  $70$ ; в)  $85$ ; г)  $95$ .
5. У биполярного транзистора типа n-p-n напряжение база-эмиттер  $U_{бэ} = -0,6\text{ В}$ , а напряжение коллектор-эмиттер  $U_{кэ} = -0,9\text{ В}$ . В каком режиме работает транзистор: а) отсечки; б) насыщения; в) нормальном активном; г) инверсном активном.
6. Определить коэффициент передачи по току усилительного каскада с общей базой, если амплитуда переменной составляющей тока коллектора равна  $3,9\text{ мА}$ , а амплитуда переменной составляющей тока эмиттера равна  $4\text{ мА}$ . а)  $0,54$ ; б)  $0,62$ ; в)  $0,76$ ; г)  $0,98$ .
7. Наиболее легированной областью биполярного транзистора является: а) область эмиттера; б) область коллектора; в) область базы; г) области эмиттера и базы легированы одинаково.
8. Статическая выходная характеристика биполярного транзистора в схеме с общей базой представляет собой зависимость: а) тока коллектора от напряжения коллектор-база при



- фиксированном токе эмиттера; б) тока коллектора от напряжения коллектор-база при фиксированном токе базы; в) тока коллектора от напряжения коллектор-база при фиксированном напряжении базаэмиттер; г) тока коллектора от напряжения эмиттер-база при фиксированном токе эмиттера
9. Полевой транзистор с управляющим р-п-переходом и каналом р-типа имеет начальный ток стока, равный 2 мА и напряжение отсечки, равное 5 В. Определить крутизну транзистора при напряжении  $U_{зи} = 2,5$  В. а) 0,4 мА/В; б) 0,8 мА/В; в) 1,2 мА/В; г) 1,6 мА/В.
10. Определить минимальную длину световой волны (в нм), для которой арсенид галлия, имеющий ширину запрещенной зоны 1,43 эВ при температуре  $T = 300$ К, является оптически прозрачным. а) 412; б) 618; в) 869; г) 980.

#### 9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование статических параметров биполярного транзистора.
2. Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-переходом.

#### 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 по дисциплине.

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

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.

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ  
протокол № 103 от «31» 10 2019 г.

### СОГЛАСОВАНО:

| Должность                         | Инициалы, фамилия | Подпись  |
|-----------------------------------|-------------------|--|
| Заведующий выпускающей каф. ПрЭ   | С.Г. Михальченко  | Согласовано,<br>706957f1-d2eb-4f94-<br>b533-6139893cfd5a |
| Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ | П.Е. Троян        | Согласовано,<br>1c6cfa0a-52a6-4f49-<br>aef0-5584d3fd4820 |
| Декан ФДО                         | И.П. Черкашина    | Согласовано,<br>4580bdea-d7a1-4d22-<br>bda1-21376d739cfc |

### ЭКСПЕРТЫ:

|                                 |                |  |
|---------------------------------|----------------|--|
| Старший преподаватель, каф. ТЭО | А.В. Гураков   | Согласовано,<br>4bfa5749-993c-4879-<br>adcf-c25c69321c91 |
| Доцент, каф. ФЭ                 | В.В. Каранский | Согласовано,<br>c2e55ae8-0332-4ed9-<br>a65a-afbb92539ee8 |

### РАЗРАБОТАНО:

|                     |                |  |
|---------------------|----------------|--|
| Профессор, каф. ПрЭ | Н.С. Легостаев | Разработано,<br>6332ca5f-c16e-4579-<br>bbc4-ee49773dfd8d |
| Ассистент, каф. ТЭО | Ю.Л. Замятина  | Разработано,<br>1663c03a-62e7-4092-<br>902a-95591a9d4047 |