**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Электроника и электронные приборы

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы передачи информации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2018 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 4 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 34 | 34 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 68 | 68 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 40 | 40 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е. |

Экзамен: 4 семестр

Томск 2018

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шелупанов А.А.
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.12.2017
Уникальный программный ключ:
c53e145e-8b20-45aa-9347-a5e4dbb90e8d

Согласована на портале № 39666

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 66 от «20» 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 11.08.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭП «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

| | | |
|---|---|---|
| профессор каф. ЭП | _____ | Л. Н. Орликов |
| Заведующий обеспечивающей каф. ЭП | _____ | С. М. Шандаров |

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

| | | |
|---|---|---|
| Декан РТФ | _____ | К. Ю. Попова |
| Заведующий выпускающей каф. РТС | _____ | С. В. Мелихов |

Эксперты:

| | | |
|---|---|---|
| доцент кафа ЭП | _____ | А. И. Аксенов |
| Старший преподаватель кафедры радиотехнических систем (РТС) | _____ | Д. О. Ноздреватых |

Согласована на портале № 39666

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

Подготовка специалистов в области радиотехники, способных к решению задач в области электроники и электронных приборов.

Изучение дисциплины обеспечивает базовую подготовку для освоения последующих схемотехнических курсов

### 1.2. Задачи дисциплины

– изучение физических эффектов и процессов, положенных в основу принципа действия полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, используемых в устройствах современных радиоэлектронных систем;

– изучение электрических и шумовых параметров и их взаимосвязи в различного вида электрических контактах, применяемых полупроводниковой электронике

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Электроника и электронные приборы» (Б1.Б.18) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Математика, Основы теории цепей, Физика, Электродинамика.

Последующими дисциплинами являются: Материалы и компоненты электронных средств, Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств, Радиоавтоматика.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-6 готовностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;

– ПК-3 способностью осуществлять проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** физические явления и эффекты, определяющие принцип действия основных полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов; особенности физических процессов, происходящих на границе раздела различных сред; физический смысл основных параметров и характеристик электрических контактов различного вида в полупроводниковой электронике; влияние температуры на физические процессы в структурах и их характеристики;

– **уметь** находить в справочной литературе значения электрофизических параметров полупроводниковых материалов (кремния, германия, арсенида галлия) для оценки их влияния на параметры структур, объяснять принцип действия и связь физических параметров со статическими характеристиками и параметрами изучаемых структур; экспериментально определять статические характеристики и параметры различных структур;

– **владеть** навыками составления эквивалентных схем основных структур; навыками работы с типовыми средствами измерений при экспериментальном определении основных параметров и статических характеристик изучаемых структур

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 4 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 68 | 68 |

Согласована на портале № 39666

| | | |
|---|---|---|
| Лекции | 34 | 34 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 40 | 40 |
| Оформление отчетов по лабораторным работам | 16 | 16 |
| Проработка лекционного материала | 14 | 14 |
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 10 | 10 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы | 4.0 | 4.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | | | |
| 1 Основы физики полупроводников. | 2 | 2 | 0 | 4 | 8 | ОПК-6, ПК-3 |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | 2 | 2 | 2 | 4 | 10 | ОПК-6, ПК-3 |
| 3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник. | 2 | 2 | 2 | 4 | 10 | ОПК-6, ПК-3 |
| 4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | 4 | 2 | 2 | 5 | 13 | ОПК-6, ПК-3 |
| 5 Физические основы электровакуумных приборов | 2 | 4 | 2 | 5 | 13 | ОПК-6, ПК-3 |
| 6 Классификация электронных приборов | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ОПК-6, ПК-3 |
| 7 Полупроводниковые диоды. | 4 | 2 | 2 | 5 | 13 | ОПК-6, ПК-3 |
| 8 Биполярные и полевые транзисторы | 4 | 2 | 2 | 3 | 11 | ОПК-6, ПК-3 |
| 9 Основные электровакуумные приборы | 6 | 0 | 2 | 4 | 12 | ОПК-6, ПК-3 |
| 10 Классификация интегральных схем и основы функциональной электроники | 6 | 2 | 2 | 5 | 15 | ОПК-6, ПК-3 |
| Итого за семестр | 34 | 18 | 16 | 40 | 108 | |
| Итого | 34 | 18 | 16 | 40 | 108 | |

Согласована на портале № 39666

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

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины (по лекциям) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 1 Основы физики полупроводников. | Физические основы процессов в полупроводниковых материалах. Зонная теория. Зонный спектр полупроводников | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Физические процессы при контакте материалов. Контактная разность потенциалов p-n переход. Контакт металл- полупроводник. Гетеропереход. | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник. | Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Взаимодействие света с носителями заряда в p-n переходе, фотодетекторный режим, фотоэдс. Понятие о прямом и обратном пьезоэлектрическом эффекте в полупроводниках. | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | Фотоэлектрические и пьезоэлектрические явления в полупроводниках . Фотопроводимость (внутренний фотоэффект). Взаимодействие света с носителями заряда в p-n переходе, фотодетектор-ный режим, фотоэдс. Вольтамперная характеристика и параметры. Понятие о прямом и обратном пьезоэлектрическом эффекте в полупроводниках | 4 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 5 Физические основы электровакуумных приборов | Недостатки полупроводниковых приборов. Электровакуумные приборы: достоинства, недостатки. Типы электровакуумных приборов. Особенности применения электровакуумных приборов | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Классификация электронных приборов | Проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ. Классификация электронных приборов. | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Полупроводниковые диоды. | Классификация, назначение, характеристики и параметры. Электрические модели некоторых диодов. Стабилитроны. Импульсные диоды. СВЧ-диоды. Диоды с барьером Шоттки (ДБШ). Вари- | 4 | ОПК-6, ПК-3 |

Согласована на портале № 39666

| | | | |
|---|---|---|---|
| | капы. P-i-n – диоды. Влияние конструктивно-технологических особенностей структуры на параметры диодов | | |
| | Итого | 4 | |
| 8 Биполярные и полевые транзисторы | Схемы включения биполярных транзисторов (БТ): с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК). Режимы работы БТ. Использование статических вольт-амперных характеристик для расчета рабочих точек. Система дифференциальных параметров БТ. Связь токов электродов и дифференциальных h-параметров в различных схемах включения. Частотные свойства БТ, характеристические частоты, эквивалентные схемы в режиме малого сигнала. Дрейфовый транзистор, роль встроенного внутреннего поля. Импульсные свойства БТ в схемах ОБ и ОЭ в ключевом режиме работы, его параметры и преимущества. Виды и источники шумов, способы их оценки в БТ.Полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением. Физический смысл отрицательного дифференциального сопротивления в приборах с ВАХ N- и S-типа. Принципы действия, ВАХ, основные параметры, и применение однопереходного транзистора, туннельного диода.Полевые транзисторы (ПТ) и их классификация. Статические характеристики и параметры ПТ с управляющим переходом. ПТ с изолированным затвором со встроенным и индуцированным каналом. Особенности ПТ на арсениде галлия с затвором на основе барьера Шоттки и ПТ на основе гетеропереходов. Частотные свойства ПТ, электрические модели и их параметры. Влияние параметров структуры и режимов работы на параметры ПТ. Виды и источники шумов в ПТ. Сравнение параметров ПТ и БТ. | 4 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 4 | |
| 9 Основные электровакуумные приборы | Основы эмиссионной электроники. Виды эмиссии: термо-электронная, вторичная электронная, электростатическая, фотоэлектронная. Движение электронов в электрическом и магнитном полях. Принцип электростатического управления плотностью электронного потока в электронных лампах. СВЧ-приборы и принцип их работы. Управление током электронного луча и положением луча в электронно-лучевых приборах. Газовый и дуговой разряд. Физические процессы в газоразрядных приборах. Тиратроны. Газоразрядные коммутаторы.Тригатроны, игнитроны. Магнетроны. Лампы бегущей волны. Клистроны. Особенности применения электровакуумных приборов. | 6 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 6 | |
| 10 Классификация интегральных схем и | Основные термины и определения. Критерии оценки сложности микросхемы. Классификация | 6 | ОПК-6, ПК-3 |

Согласована на портале № 39666

| | | | |
|---|---|---|---|
| основы функциональной электроники | микросхем по функциональному назначению – цифровые и аналоговые. Конструктивно-технологические типы интегральных микросхем – полупроводниковые и гибридные. Основные тенденции развития полупроводниковых микросхем.Технология гибридных микросхем. Формирование пассивных элементов тонкоплёночных гибридных микросхем. Особенности структур биполярных транзисторов интегральных микросхем. Методы изоляции отдельных элементов интегральных схем. Многоэмиттерные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Диодное включение транзисторов. Модель инте-грального биполярного транзистора.МДП-транзисторы с каналами n-типа и самосовмещёнными затворами. Комплементарные структуры. Полевые транзисторы с управляющим переходом. Простейшая структура МЕП-транзистора. Полупроводниковые резисторы. Недостатки полупроводниковых резисторов и ограничения на величину сопротивления. Плёночные резисторы. Конденсаторы и индуктивные элементы.Логические элементы. Понятия о логических функциях И, НЕ, ИЛИ. Основные статические и динамические параметры и характеристики логических элементов | | |
| | Итого | 6 | |
| Итого за семестр | | 34 | |

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | | |
| 1 Математика | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 Основы теории цепей | | | | + | | | + | + | + | + |
| 3 Физика | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 4 Электродинамика | + | + | + | + | | + | + | + | | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | | |
| 1 Материалы и компоненты электронных средств | + | + | + | + | + | | + | + | + | + |
| 2 Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 3 Радиоавтоматика | + | + | + | + | | + | + | + | | + |

Согласована на портале № 39666

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

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

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ОПК-6 | + | + | + | + | Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |
| ПК-3 | + | + | + | + | Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест |

## 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

## 7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Исследование статических характеристик биполярных транзисторов | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник. | Исследование характеристик полевых транзисторов | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | Исследование фотоэлементов | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Физические основы электровакуумных приборов | Исследование тиратрона | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Полупроводниковые диоды. | Исследование статических вольтамперных характеристик диодов | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Биполярные и | Исследование электронного ключа на БТ | 2 | ОПК-6, |

Согласована на портале № 39666

| | | | |
|---|---|---|---|
| полевые транзисторы | Итого | 2 | ПК-3 |
| 9 Основные электровакуумные приборы | Исследование электронно-лучевой трубки с электростатическим отклонением луча | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 10 Классификация интегральных схем и основы функциональной электроники | Исследование и измерение параметров базового элемента ТТЛ | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | |
| 1 Основы физики полупроводников. | Определение режимов работы полупроводниковых приборов (диоды, транзисторы) | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Расчет величины контактной разности потенциалов при изменении концентрации примеси в одной из областей перехода | 2 | ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник. | Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения. Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода.Расчет вольтамперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре . | 2 | ОПК-6 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | Решение задач на фотоэлектрические явления в фотоэлектронных приборах | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Физические основы электровакуумных приборов | Решение задач на движение заряженных частиц в вакууме, в электрическом и магнитном поле | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Решение задач на расчет электрофизических параметров электровакуумных приборов | 2 | |
| | Итого | 4 | |
| 7 Полупроводниковые диоды. | Проектирование конструкций электронных средств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ. Классификация элек- | 2 | ОПК-6, ПК-3 |

Согласована на портале № 39666

| | | | |
|---|---|---|---|
| | тронных приборов | | |
| | Итого | 2 | |
| 8 Биполярные и полевые транзисторы | Схемы включения биполярных транзисторов (БТ): с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК). Режимы работы БТ. Использование статических вольт-амперных характеристик для расчета рабочих точек. Система дифференциальных параметров БТ | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| 10 Классификация интегральных схем и основы функциональной электроники | Критерии оценки сложности микросхемы. Классификация микросхем по функциональному назначению – цифровые и аналоговые. Конструктивно-технологические типы интегральных микросхем – полупроводниковые и гибридные. | 2 | ОПК-6, ПК-3 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | |
| 1 Основы физики полупроводников. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 2 Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход). | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного | 1 | | |

Согласована на портале № 39666

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | материала | | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 4 Фотоэлектрические явления в полупроводниках. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 5 Физические основы электровакуумных приборов | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 6 Классификация электронных приборов | Проработка лекционного материала | 1 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Тест, Экзамен |
| | Итого | 1 | | |
| 7 Полупроводниковые диоды. | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 5 | | |
| 8 Биполярные и полевые транзисторы | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Тест, Экзамен |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 9 Основные электровакуумные приборы | Проработка лекционного материала | 2 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 10 Классификация интегральных схем и основы функциональной | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 1 | ОПК-6, ПК-3 | Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен |

Согласована на портале № 39666

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| электроники | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 2 | | |
| | Итого | 5 | | |
| Итого за семестр | | 40 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 76 | | |

## 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 4 семестр | | | | |
| Опрос на занятиях | 6 | 6 | 6 | 18 |
| Отчет по лабораторной работе | 12 | 12 | 13 | 37 |
| Тест | 5 | 5 | 5 | 15 |
| Итого максимум за период | 23 | 23 | 24 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 23 | 46 | 70 | 100 |

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

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

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

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

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

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |

Согласована на портале № 39666

| | | |
|---|---|---|
| 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) |

## 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 12.1. Основная литература

1. Электроника : Учебное пособие для вузов / В. М. Ицкович ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Издательство Томского университета, 2006. - 358[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 356. - ISBN 5-94621-191-9 (наличие в библиотеке ТУСУР - 113 экз.)

2. Электроника [Текст] : учебное пособие для вузов / В. Ф. Коновалов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : В-Спектр, 2011. - 276 с. : ил. - Библиогр.: с. 275. - ISBN 978-5-91191-234-1 (наличие в библиотеке ТУСУР - 72 экз.)

3. Основы микроэлектроники : учебное пособие для вузов / И. П. Степаненко. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Лаборатория Базовых Знаний, 2004. - 488 с. : ил. - (Технический университет). - Библиогр.: с. 419. -Предм. указ.: с. 488. - ISBN 5-93208-045- (наличие в библиотеке ТУСУР - 224 экз.)

### 12.2. Дополнительная литература

1. Электроника и микропроцессорная техника : Учебник для вузов / В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. - 4-е изд., доп. - М. : Высшая школа, 2006. - 797[3] с. : ил., табл. - (Для высших учебных заведений. Электронная техника). - Библиогр.: с. 786-787. - ISBN 5-06-005680-5 (наличие в библиотеке ТУСУР - 78 экз.)

2. Основы микроэлектроники : / Н. А Аваев, Ю. Е. Наумов, В. Т. Фролкин. - М. : Радио и связь, 1991. - 288 с. : ил. - Библиогр.: с. 283-284. - Предм. указ.: с. 285-286. - ISBN 5-256-00692-4 : 02.00 (наличие в библиотеке ТУСУР - 87 экз.)

3. Технология материалов электронной техники : Учебное пособие / А. А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 151[1] с (наличие в библиотеке ТУСУР - 98 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Задачник по электровакуумным и полупроводниковым приборам : учебное пособие для втузов / В. А. Терехов. - М. : Энергия, 1971. – 126 [2] с. : ил. - Библиогр.: с. 126-127 (к практическим занятиям) (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.)

2. Задачник по электронным приборам : Учебное пособие для вузов / Владимир Анатольевич Терехов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Энергоатомиздат, 1983. - 276, [4] с. : ил. - Библиогр.: с. 276-277 (к практическим занятиям) (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

3. Электроника 1. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н., Давыдов В. Н. - 2014. 91 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4161 (дата обращения: 18.07.2018).

4. Электроника 1. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: Методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / Орликов Л. Н. - 2014. 15 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4162 (дата обращения: 18.07.2018).

5. Электроника 2. Электронные приборы [Электронный ресурс]: Методические указания по самостоятельной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы

Согласована на портале № 39666

и комплексы" / Орликов Л. Н. - 2014. 16 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4157 (дата обращения: 18.07.2018).

6. Исследование статических характеристик транзистора [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / С. И. Арестов, А. С. Шангин - 2014. 21 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4159 (дата обращения: 18.07.2018).

7. Исследование статических характеристик полевого транзистора [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / С. И. Арестов, А. С. Шангин - 2014. 17 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4160 (дата обращения: 18.07.2018).

8. Исследование фотоэлектронных приборов [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе / А. И. Аксенов - 2013. 17 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3547 (дата обращения: 18.07.2018).

9. Исследование тиратронов тлеющего разряда [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе / А. И. Аксенов - 2013. 16 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/3549 (дата обращения: 18.07.2018).

10. Исследование полупроводниковых диодов [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов специальности 210601.65 - "Радиоэлектронные системы и комплексы" / С. И. Арестов, А. С. Шангин - 2014. 17 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4158 (дата обращения: 18.07.2018).

11. Электронно-лучевая трубка с электростатическим управлением [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторной работе для студентов направления 210100.62 "Электроника и наноэлектроника", профиль "Квантовая и оптическая электроника"; Электронные приборы и устройства / А. Ф. Злобина, А. И. Аксенов - 2014. 14 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/4053 (дата обращения: 18.07.2018).

#### 12.3.2. 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.

### 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется использовать базы данных, информационно-справочные и поисковые системы, к которым у ТУСУРа есть доступ https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

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

#### 13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические ил-

Согласована на портале № 39666

люстрации по лекционным разделам дисциплины.

**13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 313 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (16 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 313 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные стенды (16 шт.);
- Измерительные приборы;
- Доска магнитно-маркерная;
- Помещение для хранения учебного оборудования;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение не требуется.

**13.1.4. 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, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

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

Согласована на портале № 39666

### 13.2. 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 зрениями** 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.

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

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

1. Какие типы полупроводниковых материалов используются при создании p-n переходов:
а) «n» полупроводниковые материалы.
б) «p» полупроводниковые материалы.
в) «i» полупроводниковые материалы.
г) «p-n».
2. Какой полупроводниковый материал диода обеспечивает наибольшую рабочую частоту:
а) Ge.
б) Si.
в) GaAs.
Г) Se
3. При каком включении диода на p-n переходе выделяется наибольшая мощность:
а) при обратном включении.
б) при прямом включении.
в) в области пробоя.
Г) при выключении
4. Для чего одну из областей p-n перехода выполняют относительно, высокоомной:
а) для увеличения быстродействия.
б) для увеличения максимального тока.
в) для увеличения напряжения пробоя
г) для обеспечения эффекта лавинного пробоя в зоне перехода
5. В области пробоя сопротивление p-n перехода:
а) $R_{пер} \to \infty$.
б) $R_{пер}=0$.
в) $R_{пер}$ неизменно.
г) $R_{пер} \to 0$

6. Для увеличения быстродействия полупроводникового прибора материал p-n перехода:
а) слабо легируют.
б) сильно легируют.
в) выполняют из i полупроводника.

Согласована на портале № 39666

г) облучают рентгеном

7. При прямом включении p-n перехода сопротивление перехода:

а) Rпер→∞.

б) Rпер=0.

в) Rпер неизменно.

г) Rпер→0

8. При каком включении диода на p-n переходе выделяется наименьшая мощность:

а) обратном.

б) прямом.

в) в области пробоя.

г) при включении со свободной базой

9. В каких режимах могут работать фотодиоды:

а) преобразовывать свет-сигнал.

б) фотогенераторы.

в) преобразовывать переменное напряжение в постоянное .

г) преобразователь постоянного напряжения в переменное

10. Из какого полупроводникового материала следует изготовить полевые транзисторы, обладающие максимальным быстродействием:

а) Ge

б) Si

в) nGaAs

г) InN (Нитрид индия)

11.Укажите электронные приборы не попадающие под классификацию по способу обработки информации

а) электропреобразовательные;

б) пневмоавтоматические;

в) акустоэлектрические;

г) термоэлектрические.

12. Укажите наиболее общий классификационный признак электронного прибора

а) рабочая среда;

б) режим работы;

в) габариты;

г) материал изготовления.

13. Основное достоинство системы h-параметров состоит в том, что …

а) у этих параметров разные размерности, что упрощает расчеты эквивалентной схемы транзистора;

б) они определяются в режимах короткого замыкания на выходе и холостого хода на входе транзисторного четырехполюсника;

в) их можно получить экспериментально: прямым измерением на основе ВАХ;

г) их можно рассчитать теоретически без затрат на проведение натурного эксперимента.

14. Электрод, служащий для регулирования поперечного сечения канала полевого транзистора

а) затвор;

б) исток;

в) сток;

г) коллектор.

15. Вид самостоятельного разряда, используемый в газоразрядных индикаторах

а) тлеющий разряд;

б) дуговой разряд;

в) коронный разряд;

г) искровой разряд.

16. Эмиттер вторичных электронов в вакуумном фотоэлектронном умножителе

а) динод;

Согласована на портале № 39666

б) анод;
в) катод;
г) коллектор.
17. Фотоэлектронный вакуумный прибор, с помощью которого можно измерять очень слабые световые потоки
а) фотоэлектронный умножитель;
б) амперметр;
в) вольтметр;
г) омметр.
18. Индикаторные приборы, принцип действия которых основан на преобразовании энергии электронов в видимое излучение люминофорного покрытия анодов-сегментов
а) вакуумно-люминесцентные индикаторы;
б) знаковые газоразрядные индикаторы;
в) линейные газоразрядные индикаторы;
г) индикаторные тиратроны.
19. Логическое сложение, операция «ИЛИ»
а) дизъюкция;
б) конъюкция;
в) инверсия;
г) инжекция.
20. Логическое отрицание, операция «НЕ»
а) инверсия;
б) дизъюкция;
в) конъюкция;
г) инжекция.

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

P-n переход.
Гетеропереход.
Зонная теория.
Зонный спектр полупроводников.
Контакт металл- полупроводник.
Контактная разность потенциалов.
Недостатки полупроводниковых приборов.
Обосновать изменение параметров схемы при работе в различных погодных условиях или в условиях агрессивных излучений.
Обосновать принцип разработанной в индивидуальном задании схемы на основе полупроводниковых, фотоэлектронных или электровакуумных приборов приборов.
Обосновать расчеты основных параметров полупроводниковых приборов и выбрать их марки.
Расчет h -параметров транзисторов.
Расчет барьерной и диффузионной емкостей перехода.
Расчет вольтамперных характеристик идеализированных переходов при различной температуре.
Расчет ширины перехода в зависимости от модуля и полярности приложенного напряжения.
Типы электровакуумных приборов.
Физические основы процессов в полупроводниковых материалах.
Физические процессы в структуре металл- диэлектрик- полупроводник.
Физические процессы при контакте материалов
Фотопроводимость (внутренний фотоэффект).
Взаимодействие света с носителями заряда в p-n переходе, фотодетекторный режим, фотоэдс.
Понятие о прямом и обратном пьезоэлектрическом эффекте в полупроводниках.
Электровакуумные приборы: достоинства, недостатки.
Эмиссионные эффекты в полупроводниках.

Согласована на портале № 39666

Особенности применения электровакуумных приборов.

Электрические модели некоторых диодов.

Схемы включения БТ с общей базой (ОБ), общим эмиттером (ОЭ) и общим коллектором (ОК).

Виды и источники шумов, способы их оценки в БТ.

Базовый логический элемент ТТЛ с повышенной нагрузочной способностью

Электровакуумные фотоэлементы и фотоумножители.

Полевые транзисторы.

Особенности ПТ на арсениде галлия с затвором на основе барьера Шоттки и ПТ на основе гетеропереходов.

Методы и схемные решения позволяющие уменьшить время переходного процесса в насыщенном ключе на биполярном транзисторе.

Особенности структур биполярных транзисторов интегральных микросхем.

Комплементарные структуры.

Полевые транзисторы с управляющим переходом.

Полупроводниковые резисторы.

Недостатки полупроводниковых резисторов и ограничения на величину сопротивления.

Плёночные резисторы.

Конденсаторы и индуктивные элементы.

Классификация электронных приборов.

Классификация, назначение, характеристики и параметры полупроводниковых диодов.

Сравнение параметров ПТ и БТ.

Основы эмиссионной электроники.

Критерии оценки сложности микросхемы.

Основные тенденции развития полупроводниковых микросхем.

### 14.1.3. Темы опросов на занятиях

Основы физики полупроводников.

Физические процессы при контакте разнородных материалов (p-n переход, контакт металл-полупроводник, гетеропереход).

Физические процессы в структуре металл-диэлектрик-полупроводник

Фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Физические основы электровакуумных приборов

Полупроводниковые диоды

Биполярные и полевые транзисторы

Основные электровакуумные приборы

Классификация интегральных схем и основы функциональной электроники

### 14.1.4. Темы лабораторных работ

Исследование статических характеристик биполярных транзисторов

Исследование статических характеристик полевых транзисторов

Исследование фотоэлементов

Исследование тиратрона

Исследование статических вольтамперных характеристик диодов

Исследование электронного ключа на БТ

Исследование электронно-лучевой трубки с электростатическим отклонением луча

Исследование и измерение параметров базового элемента ТТЛ

## 14.2. 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 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

| Категории обучающихся | Виды дополнительных оценочных материалов | Формы контроля и оценки результатов обучения |
|---|---|---|

Согласована на портале № 39666

| | | |
|---|---|---|
| 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3. 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 № 39666