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
(Проректор по учебной работе)
_____ П.Е. Троян
«__» _____ 2016 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
# УСТРОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

**Уровень основной образовательной программы** Бакалавриат
**Направление подготовки:** 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств»
**Профиль**: «Конструирование и технология наноэлектронных средств»

**Форма обучения**: Очная
**Факультет:** Радиоконструкторский (РКФ)
**Кафедра:** Конструирования узлов и деталей РЭА (КУДР)

**Курс:** третий **Семестр:** шестой

**Учебный план набора 2014 года и последующих лет**

| № | Виды учебной работы | Семестр 6 | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 34 | 34 | часа |
| 2 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 3 | Практические занятия | 34 | 34 | часа |
| 4 | Курсовой проект (КРС) (аудиторная) | - | - | |
| 5 | Всего аудиторных занятий (сумма 1 - 4) | 84 | 84 | часа |
| 6 | Из них в интерактивной форме | 48 | 48 | часов |
| 7 | Самостоятельная работа студентов (СРС) | 96 | 96 | часов |
| 8 | Всего (без экзамена) (Сумма 5, 7) | 180 | 180 | часов |
| 9 | Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена | 36 | 36 | часов |
| 10 | Общая трудоемкость (Сумма 8, 9) | 216 | 216 | часов |
| | (в зачетных единицах) | 6 | 6 | ЗЕТ |

**Экзамен 6 (шестой) семестр**

**Томск 2016**

Согласована на портале № 6503

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 185 от «29» 5 2016 г.

## Лист согласований

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 12 октября 2015 года № 1333, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры КУДР "29" мая 2016 года, протокол № 185

Разработчики:

Доцент кафедры КУДР _____ А. В. Убайчин

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств».

Декан РКФ _____ Д.В. Озеркин

Зав. профилирующей кафедрой КУДР _____ А.Г. Лощилов

Зав. выпускающей кафедрой КУДР _____ А.Г. Лощилов

Эксперт:

Профессор каф. КУДР _____ С.Г. Еханин



Согласована на портале № 6503

**1. Цели и задачи дисциплины, её место в учебном процессе:**

**1.1 Цели изучения дисциплины**

Целью изучения дисциплины «Устройств функциональной электроники» (УФЭ) является обеспечение необходимого уровня компетенций студентов-бакалавров специальности 11.03.03 - «Конструирование и технология электронных средств» в разделах:

-физических основы функционирования устройств функциональной электроники;

-принципов реализации функциональных устройств РЭС на основе приборов с зарядовой связью,

-основ создания устройств на поверхностных акустических волнах,

-разработки и эксплуатации оптоэлектронных и других устройств функциональной электроники.

**1.2 Задачи изучения дисциплины**

- изучение физических процессов, используемых в функциональной электронике;
- изучение принципов функционирования УФЭ на основе приборов с зарядовой связью, акустоэлектронных радиокомпонентов, оптоэлектронных функциональных устройств;
- изучение основных свойств, областей применения и конструктивных исполнений устройств функциональной электроники, используемых в радиоэлектронных средствах.
- знакомство с инженерными методиками расчета и исследования параметров устройств функциональной электроники.

**2. Место дисциплины в структуре ООП**:

Дисциплина «Устройств функциональной электроники» (Б1.В.ДВ.4.1) относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин по выбору.

Полученные знания и навыки используются при изучении смежных профессиональных дисциплин, при выполнении выпускной квалификационной работы.

**3. Требования к результатам освоения дисциплины:** процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования (ПК-1);

**В результате изучения дисциплины студент должен:**

**Знать:**

- возможные способы реализации и принципы работы УФЭ на основе приборов с зарядовой связью, акустоэлектронных радиокомпонентов, оптоэлектронных функциональных устройств;
- основные свойства и области применения изучаемых УФЭ;
- основы расчета и методы экспериментальных исследований параметров и характеристик устройств функциональной электроники.
- основы работы с автоматизированными системами проектирования УФЭ.

**Уметь**:

- оценивать свойства и правильно выбирать типовые УФЭ с учетом конкретных условий эксплуатации и требований к надежности, конструктивной и электромагнитной совместимости в процессе проектирования РЭС;
- рассчитывать аналитически параметры и характеристики ФУ по типовым методикам в то числе с применением систем автоматизированного проектирования;
- исследовать экспериментально свойства УФЭ – измерять параметры и характеристики с помощью радиоизмерительной аппаратуры, проводить анализ полученных результатов, делать выводы о качестве исследуемых устройств.

**Владеть**:

- методами расчета электрических и конструктивных параметров УФЭ, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования на ЭВМ;
- методами экспериментальных исследований электрических свойств УФЭ.



Согласована на портале № 6503

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр |
|---|---|---|
| | | 6 |
| **Аудиторные занятия (всего)** | 84 | 84 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 34 | 34 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 16 | 16 |
| Практические занятия (ПЗ) | 34 | 34 |
| **Самостоятельная работа (всего)** | 96 | 96 |
| В том числе: | | |
| Проработка теоретического материала | 30 | 30 |
| Подготовка к лабораторным работам и составление отчётов | 42 | 42 |
| Подготовка к практическим занятиям, выполнение заданий | 24 | 24 |
| Вид промежуточной аттестации (**Экзамен**) | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, час | 216 | 216 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 6 | 6 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Лекции | Лабораторные работы | Практические занятия. | СРС | Всего час. (без экз) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Вводная часть | 1 | | 4 | 12 | 17 | ПК-1 |
| 2. | Физические основы функционирования приборов с зарядовой связью (ПЗС) | 5 | 4 | 4 | 12 | 25 | ПК-1 |
| 3. | Функциональные устройства (ФУ) на ПЗС | 6 | 4 | 4 | 12 | 26 | ПК-1 |
| 4. | Основы функционирования устройств на поверхностных акустических волнах | 6 | | 4 | 12 | 22 | ПК-1 |
| 5. | Функциональные устройства на поверхностных акустических волнах | 6 | | 4 | 12 | 22 | ПК-1 |
| 6. | Физические основы функционирования оптоэлектронных ФУ | 6 | | 6 | 12 | 22 | ПК-1 |
| 7. | Функциональные устройства на оптронах | 3 | 4 | 4 | 12 | 23 | ПК-1 |
| 8. | Волоконно-оптические линии связи | 3 | 4 | 4 | 12 | 23 | ПК-1 |
| | Итого: | 34 | 16 | 34 | 96 | 180 | |



Согласована на портале № 6503

**5.2. Содержание разделов лекционного курса**

| Номер и наименование разделов | Содержание разделов (лекций) | Трудоемкость (час.) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 1. Вводная часть | Предмет изучения дисциплины. Цели и задачи преподавания дисциплины. Место и назначение УФЭ. Перспективы развития УФЭ. | 1 | ПК- 1 |
| 2. Физические основы функционирования приборов с зарядовой связью (ПЗС) | Общие сведения о ПЗС. Физические основы функционирования МДП-конденсаторов. Физические основы работы ПЗС. Параметры ПЗС. Разновидности ПЗС, их структура и принцип функционирования. | 5 | |
| 3. Функциональные устройства (ФУ) на ПЗС | Запоминающие устройства. Устройства преобразования изображения в электрические сигналы. Аналоговые линии задержки на ПЗС. Дискретные фильтры на ПЗС. Проблемы и перспективы развития функциональных устройств на ПЗС. | 6 | |
| 4. Основы функционирования устройств на поверхностных акустических волнах | Физические основы функционирования и принципы реализации акустоэлектронных радиокомпонентов. | 6 | |
| 5. Функциональные устройства на поверхностных акустических волнах | Линии задержки на ПАВ. Фильтры, резонаторы и генераторы на ПАВ. | 6 | |
| 6. Физические основы функционирования оптоэлектронных ФУ | Физические основы функционирования ОЭФУ. | 6 | |
| 7. Функциональные устройства на оптронах | Излучатели, Фотоприемники. Функциональные устройства на оптронах. | 3 | |
| 8. Волоконно-оптические линии связи | Волоконно-оптические линии связи. | 3 | |
| | Итого: | 34 | |



Согласована на портале № 6503

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

| № п/п | Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | Номера разделов данной дисциплины из табл.5.2, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| **Предшествующие дисциплины** | | | | | | | |
| 1. | Математика | + | + | + | + | + | + |
| 2. | Физика | | + | + | + | + | + |
| 3. | Материалы и компоненты электронных средств | | + | + | + | + | + |
| 4. | Теоретические основы электротехники | | + | + | + | + | + |
| 5. | Физические основы элементной базы | + | + | + | + | + | + |
| **Последующие дисциплины** | | | | | | | |
| 1. | Конструирование и технология электронных средств | + | + | + | + | + | + |

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

| Перечень компетенций | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Л | Лаб | Пр. | СРС | |
| ПК-1 | + | + | + | + | Тестовый опрос, опрос на практических и лабораторных занятиях. |
| | + | + | + | + | Тестовый опрос, опрос на практических и лабораторных занятиях. |
| | | + | | | В процессе выполнения и защиты лабораторных работ. |
| | | | + | + | При решении практических задач и выполнении лабораторных работ. |
| | | + | | | В процессе выполнения лабораторных работ и на защите отчетов. |

Условные обозначения: Л – лекции, Лаб – лабораторные работы, СРС – самостоятельная работа студента.



Согласована на портале № 6503

**6. Методы и формы организации обучения. Технологии интерактивного обучения**

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе и с учётом требований к объёму занятий в интерактивной форме.

**Технологии интерактивного обучения при различных формах занятий**

| Методы | Формы | | |
|---|---|---|---|
| | Лекции (час) | Лабораторные занятия (час) | Всего |
| Минилекция | 32 | | 32 |
| Работа в команде | | 8 | 8 |
| Поисковый метод | | 8 | 8 |
| Итого интерактивных занятий | 32 | 16 | 48 |

**Примечания:**

1.Минилекция с обсуждением проводится на лекциях № 2 - 7 (см. таблицу 5.2).
2.Работа в команде проводится на лабораторных работ № 3,4 (см. табл. 7).
3.Метод поиска используется при выполнении лабораторных работ № 2,4 (см. табл. 7).

**7. Лабораторный практикум**

| № п/п | Номер раздела дисциплины из табл. 5.1 | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость (час.) | Компетенции |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 2-4 | Изучение конструкций приборов с зарядовой связью. | 4 | ПК- 1 |
| 2. | 5 | Изучение конструкций и исследование параметров и характеристик светодиодов | 4 | |
| 3. | 6 | Изучение конструкций и исследование свойств фотодиодов | 4 | |
| 4. | 6 | Изучение конструкций и исследование параметров и характеристик элементарных оптронов. | 4 | |
| | | Итого: | 16 | |

**8. Практические занятия**

| № п/п | Номер раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика практических занятий | Трудо-емкость (час.) | Компетенции |
|---|---|---|---|---|
| 1. | 2 | Физические основы функционирования ПЗС | 4 | ПК- 1 |
| 2. | 3 | ПЗС-регистры | 4 | |
| 3. | 3 | Линии задержки на ПЗС | 4 | |
| 4. | 4 | Фильтры на ПЗС | 4 | |
| 5. | 5 | Линии задержки на ПАВ | 4 | |
| 6. | 5 | Полосовые ПАВ-фильтры на преобразовательных структурах | 6 | |
| 7 | 5 | Узкополосные фильтры на ПАВ-резонаторах | 4 | |
| 8 | 6 | Оптоэлектронные функциональные устройства | 4 | |
| | | Итого: | 34 | |



Согласована на портале № 6503

**9. Самостоятельная работа**

| № п/п | № раздела дисциплины из табл. 5.1 | Тематика самостоятельной работы, литература (УМП) | Трудоемкость (час.) | Компетенции | Контроль выполнения работы |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2-6 | Проработка теоретического материала | 30 | ПК-1 | Опрос тестовый и письменный, решение задач |
| 2 | 2-6 | Подготовка к лабораторным работам и составление отчётов | 42 | ПК-1 | Опрос, заготовка отчета, защита лаб. работ |
| 3 | 2-6 | Подготовка к практическим занятиям, выполнение заданий | 24 | ПК-1 | Опрос |

**10. Примерная тематика курсовых проектов (работ)**

**НЕ ПРЕДУСМОТРЕНЫ УЧЕБНЫМ ПЛАНОМ**



Согласована на портале № 6503

## 11. Балльно-рейтинговая система

Осуществляется в соответствии с **Положением о порядке использования рейтинговой системы для оценки успеваемости студентов** (приказ ректора 25.02.2010 № 1902) и основана на балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости, которая включает **текущий** контроль выполнения элементов объема дисциплины по элементам контроля с подведением текущего рейтинга.

**Правила формирования пятибалльных оценок** за каждую контрольную точку (КТ1, КТ2) осуществляется путем округления величины, рассчитанной по формуле:

$$КТх\big|_{x=1,2} = \frac{(Сумма_баллов,_набранная_к_КТх)*5}{Требуемая_сумма_баллов_по_балльной_раскладке}$$

**Итоговый контроль освоения** дисциплины осуществляется на экзамене по традиционной пятибалльной шкале. Обязательным условием перед сдачей экзамена является выполнение студентом необходимых по рабочей программе видов занятий: выполнение и защита результатов лабораторных работ, выполнение заданий по практическим занятиям.

Экзаменационный билет содержит два вопроса. Максимальная оценка за каждый вопрос составляет 15 баллов. Максимальная экзаменационная оценка составляет 30 баллов. Экзаменационная составляющая менее 10 баллов – экзамен не сдан, требует повторной пересдачи в установленном порядке.

**Формирование итоговой суммы баллов** осуществляется путём суммирования семестровой (до 70 баллов) и экзаменационной составляющих (до 30 баллов).

**Таблица 11.1 Распределения баллов в семестре**

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| Посещение занятий | 8 | 8 | 4 | **20** |
| Выполнение расчётных заданий по темам практических занятий | 6 | 6 | 6 | **18** |
| Выполнение и защита лабораторных работ | 0 | 8 | 4 | **12** |
| Компонент активности и своевременности выполнения заданий | 8 | 6 | 6 | **20** |
| **Итого максимум за период:** | **22** | **28** | **20** | **70** |
| Сдача экзамена (максимум) | | | | **30** |
| **Нарастающим итогом** | **22** | **50** | **70** | **100** |

**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 |



Согласована на портале № 6503

**12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а) основная литература:**

1. Кузебных Н.И. Физика функциональных устройств: Учебное пособие для студентов специальности 210201 – «Проектирование и технология РЭС». – Томск: ТУСУР, 2007. – 145 с. (450 экз.)

**б) дополнительная литература:**

2. Кравченко А.Ф. Физические основы функциональной электроники: Учебное пособие для вузов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. – 444 с. (6 экз.)
3. Пасынков В.В.,Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. – СПб.: Изд-во «Лань», 2006. – 480 с. (98 экз.)
4. Несмелов Н.С., Славникова М.М., Широков А.А. Физические основы микроэлектроники: Учебное пособие. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 276 с. (189 экз.)
5. Носов Ю.Р., Шилин В.А. Основы физики приборов с зарядовой связью . – М.: Наука, 1986. – 320 с. (5 экз.)

**в) перечень методических указаний по лабораторным работам и организации самостоятельной работы студентов**

1 Кузебных Н.И. Перспективная элементная база РЭС и физика функциональных устройств: Сборник задач и методические указания для студентов. – Томск: ТУСУР, 2007. – 62 с. (75 экз.)

2 Кузебных Н.И. Изучение конструкций приборов с зарядовой связью: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2014. – 18 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3889

3 Несмелов Н.С., Кузебных Н.И. Исследование характеристик светодиодов: Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 210201 “Проектирование и технология РЭС”. – Томск: ТУСУР, 2007. – 20с. **(10 экз)**

4 Несмелов Н.С., Кузебных Н.И. Исследование параметров характеристик светодиодов: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2014. – 20 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3891

5 Кузебных Н.И., Славникова М.М. Исследование параметров и характеристик фотодиодов: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2013. – 23 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3892

6 Кузебных Н.И., Славникова М.М. Исследование параметров и характеристик элементарных оптронов: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2013. – 16 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3888

7 Кузебных Н.И. Общие требования и правила оформления отчетов по лабораторным работам: Метод. указания по оформлению отчетов по лабораторным работам для студентов всех специальностей. – Томск: ТУСУР, 2012. – 12 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu,tusur,ru/training/publications/3890

## Материалы для организации самостоятельной работы и практических занятий студентов описаны в пособии (см. пункт 12.в.1) а именно:

1 Кузебных Н.И. Перспективная элементная база РЭС и физика функциональных устройств: Сборник задач и методические указания для студентов – Томск: ТУСУР, 2007. – 62 с. (75 экз.)



Согласована на портале № 6503

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

**13.1** Для проведения лабораторных работ в учебной лаборатории (ауд. 316 г.к.) имеются следующие лабораторные установки, оснащенные необходимым оборудованием:

- для изучения конструкций приборов с зарядовой связью;
- для изучения конструктивных особенностей и исследования характеристик светодиодов;
- для изучения конструктивных особенностей и исследования параметров и характеристик фотодиодов ;
- для изучения конструктивных особенностей и исследования параметров и характеристик элементарных оптронов.

## 14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Объём часов, предусмотренных учебным планом для изучения дисциплины, позволяет осветить только наиболее важные моменты и раскрыть базовые понятия при чтении лекций. Поэтому при реализации программы студенты должны работать самостоятельно как при повторении лекционного материала, так и при подготовке к лабораторным работам. Для обеспечения эффективного усвоения студентами материалов дисциплины необходимо на первом занятии познакомить их с основными положениями и требованиями рабочей программы, с подлежащими изучению темами, списком основной и дополнительной литературы, с положениями балльно - рейтинговой системы оценки успеваемости. На лекциях необходимо обращать внимание на особенности применения рассматриваемого материала в последующих курсах, а также в будущей профессиональной деятельности специалистов. Для увеличения заинтересованности и повышения их компетенций следует в учебном процессе применять интерактивные методы обучения.



Согласована на портале № 6503

ПРИЛОЖЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П.Е. Троян
«__» _____ 2016 г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ УСТРОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

**Уровень высшего образования** бакалавриат
**Направление подготовки** 11.03.03 - Конструирование и технология электронных средств
**Профиль:** Конструирование и технология наноэлектронных средств;

**Форма обучения** Очная
**Факультет** радиоконструкторский (РКФ)
**Кафедра** Конструирования узлов и деталей РЭА (КУДР)

**Курс:** третий **Семестр**: шестой

**Учебный план набора 2014 года и последующих лет**
Экзамен – 6 (шестой) семестр

Разработчик:
к.т.н., доцент кафедры КУДР,
_____ А.В. Убайчин

Томск 2016

Согласована на портале № 6503

## Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения. ФОС по дисциплине используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

В таблице 1.1 приведен перечень закрепленных за дисциплиной компетенций.

Таблица 1.1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенции |
|---|---|---|
| ПК-1 | Способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования | **Знать**:<br>• возможные способы реализации и принципы работы устройств функциональной электроники (УФЭ) на основе приборов с зарядовой связью, акустоэлектронных радиокомпонентов, оптоэлектронных функциональных устройств;<br>• основные свойства и области применения изучаемых УФЭ;<br>• основы расчета и методы экспериментальных исследований параметров и характеристик устройств функциональной электроники.<br>• основы работы с автоматизированными системами проектирования УФЭ.<br><br>**Уметь:**<br>• оценивать свойства и правильно выбирать типовые УФЭ с учетом конкретных условий эксплуатации и требований к надежности, конструктивной и электромагнитной совместимости в процессе проектирования РЭС;<br>• рассчитывать аналитически параметры и характеристики ФУ по типовым методикам в то числе с применением систем автоматизированного проектирования;<br>• исследовать экспериментально свойства УФЭ – измерять параметры и характеристики с помощью радиоизмерительной аппаратуры, проводить анализ полученных результатов, делать выводы о качестве исследуемых устройств.<br><br>**Владеть:**<br>• методами расчета электрических и конструктивных параметров УФЭ, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования на ЭВМ;<br>• методами экспериментальных исследований электрических свойств УФЭ. |

## 2 РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

- **КОМПЕТЕНЦИЯ ПК-1**: способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования (ПАПИС);

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции у студентов, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в



Согласована на портале № 6503

таблице 2.1

Таблица 2.1– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | • возможные способы реализации и принципы работы устройств функциональной электроники (УФЭ) на основе приборов с зарядовой связью, акустоэлектронных радиокомпонентов, оптоэлектронных функциональных устройств;<br>• основные свойства и области применения изучаемых УФЭ;<br>• основы расчета и методы экспериментальных исследований параметров и характеристик устройств функциональной электроники.<br>• основы работы с автоматизированными системами проектирования УФЭ. | • оценивать свойства и правильно выбирать типовые УФЭ с учетом конкретных условий эксплуатации и требований к надежности, конструктивной и электромагнитной совместимости в процессе проектирования РЭС;<br>• рассчитывать аналитически параметры и характеристики ФУ по типовым методикам в то числе с применением систем автоматизированного проектирования;<br>• исследовать экспериментально свойства УФЭ – измерять параметры и характеристики с помощью радиоизмерительной аппаратуры, проводить анализ полученных результатов, делать выводы о качестве исследуемых устройств. | • методами расчета электрических и конструктивных параметров УФЭ, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования на ЭВМ;<br>• методами экспериментальных исследований электрических свойств УФЭ. |
| Виды занятий | Лекции;<br>Практические занятия<br>Групповые консультации | Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа студентов. | Лабораторные работы, консультации |
| Используемые средства | Оценка конспектов лекций, тест. | Оформление отчетности и защита лабораторных работ.<br><br>Оценка конспекта самостоятельной работы. | Защита лабораторных работ. |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.2

Таблица 2.2– Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в области УФЭ с пониманием | Обладает диапазоном практических умений, | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия |



Согласована на портале № 6503

| | | | |
|---|---|---|---|
| | границ применимости при использовании пакетов автоматизированного проектирования | требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем в области УФЭ и путей их решения с помощью пакетов автоматизированного проектирования | работы в области УФЭ моделирует процесс в пакетах автоматизированного проектирования |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в области УФЭ с возможностью применения пакетов автоматизированного проектирования | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области УФЭ на базе пакетов автоматизированного проектирования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем связанных с УФЭ в пакетах автоматизированного проектирования |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями в области УФЭ и о существовании пакетов автоматизированного проектирования | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач в области анализа УФЭ и компонентов РЭС и пакетов автоматизированного проектирования | Работает при прямом наблюдении в пакетах автоматизированного проектирования УФЭ |

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3– Показатели и критерии оценивания компетенции у студентов на этапах освоения

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Может анализировать связи между различными физическими понятиями и моделями, представляет способы и результаты использования в различных в областях УФЭ с применением ПАПИС. Обосновывает выбор метода и план решения задачи. | Умеет решать задачи повышенной сложности, корректно выражать и аргументировано обосновывать экспериментальные результаты работы УФЭ в ПАПИС. | Самостоятельно подбирает и готовит для эксперимента необходимое оборудование.<br><br>Владеет разными способами представления результатов в графической, математической форме, в форме физических моделей и моделей УФЭ в ПАПИС. |
| Хорошо (базовый уровень) | Понимает связи между различными физическими понятиями,<br><br>имеет представление о физико-математических моделях в данной области знаний,<br><br>аргументирует выбор метода решения задачи, составляет план решения и графически иллюстрирует | Умеет решать типовые задачи, выражать и с физической точки зрения аргументировать результаты анализа в ПАПИС экспериментальных и теоретических исследований УФЭ. | Самостоятельно работает на исследовательских установках. Может интерпретировать и иллюстрировать полученные экспериментальные и теоретические результаты ПАПИС. |



Согласована на портале № 6503

| | | | |
|---|---|---|---|
| | задачу в ПАПИС. | | |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Дает определения основных понятий УФЭ, воспроизводит основные физические факты, идеи; знает основные алгоритмы решения и представления типовых задач в ПАПИС. | Распознает различные типы УФЭ. Умеет работать со справочной литературой и ПАПИС. Умеет объяснить и представить результаты своей работы. | Правильно использует приборы, указанные в описании лабораторной работы, понимает терминологию и сущность процессов. |

**3 ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы:

**Темы для тестового опроса**

1. Предмет изучения дисциплины. Цели и задачи преподавания дисциплины.
2. Место и назначение УФЭ. Перспективы развития УФЭ.
3. Общие сведения о ПЗС. Физические основы функционирования МДП- конденсаторов. Физические основы работы ПЗС. Параметры ПЗС.
4. Разновидности ПЗС, их структура и принцип функционирования.
5. Запоминающие устройства. Устройства преобразования изображения в электрические сигналы.
6. Аналоговые линии задержки на ПЗС. Дискретные фильтры на ПЗС.
7. Проблемы и перспективы развития функциональных устройств на ПЗС.
8. Физические основы функционирования и принципы реализации акустоэлектронных радиокомпонентов.
9. Линии задержки на ПАВ. Фильтры, резонаторы и генераторы на ПАВ.
10. Физические основы функционирования ОЭФУ.
11. Излучатели, Фотоприемники. Функциональные устройства на оптронах.

**Темы лабораторных работ:**

| № п/п | Наименование лабораторных работ |
|---|---|
| 1. | Изучение конструкций приборов с зарядовой связью. |
| 2. | Изучение конструкций и исследование параметров и характеристик светодиодов |
| 3. | Изучение конструкций и исследование свойств фотодиодов |
| 4. | Изучение конструкций и исследование параметров и характеристик элементарных оптронов. |

**Темы теоретической части курса, вынесенные на самостоятельное изучение студентами:**

Физические основы функционирования и принципы реализации акустоэлектронных радиокомпонентов.
Излучатели, Фотоприемники. Функциональные устройства на оптронах.
Волоконно-оптические линии связи.

**Вопросы для самоконтроля и к экзамену**

1 Что такое интегральная электроника и функциональная электроника

2 Что такое микроэлектроника

3 Основные проблемы в развитии микроэлектроники

4 Что понимается под устройствами функциональной электроники Принципиальные отличия УФЭ от интегральных микросхем



Согласована на портале № 6503

5 Какова взаимосвязь интегральной электроники и функциональной электроники

6 Место и роль УФЭ в электронной аппаратуре

7 Основные направления развития функциональной электроники

8 Какие физические процессы и явления в твердом теле составляют научную базу современной функциональной электроники

9 Перспективы развития функциональной электроники и УФЭ

10 Какие функциональные устройства называются приборами с зарядовой связью

11 Физические процессы в МДП-конденсаторе при подаче на полевой электрод положительного и отрицательного потенциала. Что такое обедненный и инверсный слой

12 *На чем основан принцип работы ПЗС-устройств*

13 *Структура и принцип функционирования трехтактного регистра на ПЗС.*

14 *Физические основы работы ПЗС в режиме хранения информации. Зависимость величины зарядового пакета от параметров ПЗС.*

15 *Физические основы работы ПЗС в режиме передачи информационного заряда. Что такое эффективность передачи заряда и отчего она зависит*

16 *Параметры и характеристики ПЗС и их зависимость от температуры, облучения и др. внешних факторов.*

17 Какие существуют разновидности структур секции переноса ПЗС Их преимущества и недостатки.

18 Области применения ПЗС-устройств и их преимущества перед другими аналогичными функциональными устройствами

19 Принципы реализации блока памяти в запоминающих устройствах на ПЗС. Как осуществляется длительное хранение информации

20 Достоинства, недостатки и перспективы применения запоминающих устройств на ПЗС.

21 Принципы функционирования формирователей видеосигналов на ПЗС при временном и пространственном разделении режимов восприятия и сканирования.

22 Принципы реализации формирователей видеосигналов на ПЗС.

23 Основные преимущества формирователей видеосигналов на ПЗС перед другими аналогичными функциональными устройствами и перспективы их применения.

24 Области применения ПЗС для обработки аналоговой информации.

25 Принципы реализации линий задержки на ПЗС.

26 Преимущества и недостатки линий задержки на ПЗС с различными способами организации их работы.

27 Параметры и характеристики линий задержки на ПЗС. Что такое динамический диапазон ЛЗ на ПЗС

28 Что понимается под дискретным фильтром Преимущества дискретных фильтров перед аналоговыми.

29 Структура и принцип функционирования трансверсального фильтра. Какие способы отводов и взвешивания сигналов вы знаете

30 Что такое согласованный фильтр Принцип функционирования согласованного фильтра и области его применения.

31 Принцип реализации рекурсивного фильтра на ПЗС.

32 Перспективы развития функциональных устройств на ПЗС.

33 Что такое поверхностные акустические волны (ПАВ) Основные преимущества ПАВ перед электромагнитными и ультразвуковыми объемными волнами.

34 Основные преимущества функциональных устройств селекции на ПАВ.

35 Принципы и способы возбуждения поверхностных акустических волн. Основные элементы устройств на ПАВ.



Согласована на портале № 6503

36 Конструкция и эквивалентная схема замещения встречно-штыревого преобразователя (ВШП). Почему конструкция ВШП определяет селективные свойства устройств на ПАВ

37 Типы и способы реализации ЛЗ на ПАВ. Основные требования к ЛЗ и звукопроводам.

38 Конструкции и принципы функционирования линий задержки на ПАВ с однократной и многократной задержкой сигнала. Требования к входному и выходному преобразователям. Способы борьбы с ложными сигналами.

39 Конструкции и принцип функционирования несимметричной и симметричной дисперсионных ЛЗ на ПАВ. Их частотные характеристики (ДЧХ и ФЧХ), достоинства и недостатки.

40 Принципы формирования частотных свойств полосовых фильтров на ПАВ. Связь АЧХ с импульсным откликом.

41 В чем сущность аподизации преобразователей методами внешнего и внутреннего (непосредственного) взвешивания Их преимущества и недостатки.

42 Принцип реализации и функционирования широкополосных фильтров на ПАВ. Их преимущества перед другими типами фильтров и области применения.

43 Принцип реализации и функционирования ПАВ-резонаторов. В чем их достоинства и недостатки по сравнению с кварцевыми резонаторами

44 Принципы реализации и функционирования узкополосных фильтров на ПАВ. Их достоинства и недостатки по сравнению с пьезоэлектрическими фильтрами и области применения.

45 Принципы реализации и функционирования генераторов на ПАВ-резонаторах. Способы подстройки частоты генераторов.

46 Основные направления и перспективы развития функциональных устройств на ПАВ.

47 Что понимается под оптоэлектронными функциональными устройствами

48 Достоинства оптоэлектронных функциональных устройств по сравнению с полупроводниковыми и другими функциональными устройствами

49 В чем сущность электромагнитной и корпускулярной теорий излучения

50 Что понимается под некогерентным и когерентным излучением Математическая интерпретация их.

51 Что такое интерференция и дифракция излучения

52 Что понимается под излучателем Какие виды излучения используются в оптоэлектронике

53 Физическая сущность электролюминесценции

54 Принцип функционирования светоизлучающих диодов На какой основе они могут быть реализованы

55 Какими параметрами и характеристиками оцениваются свойства светодиодов Области их применения

56 Что такое лазер Принцип функционирования лазера

57 Какими параметрами и характеристиками оцениваются свойства лазеров

58 Существующие типы лазеров, их основные свойства и области применения

59 Что понимается под фотоприемником Принципы реализации фотоприемников и основные требования к ним

60 Принцип функционирования полупроводниковых фотоприемников В чем физическая сущность фотопроводимости и фотовольтаического эффекта

61 Что называется фотодиодом Физическая сущность фотодиодного и вентильного режимов работы фотодиодов Какими параметрами и характеристиками оцениваются свойства фотодиодов

62 Структура и принцип функционирования *p-i-n*-фотодиода, фотодиода с барьером Шоттки и гетерофотодиодов Их достоинства, недостатки и области применения.

63 Структура, принцип функционирования, основные свойства и области применения фототранзисторов

64 Структура, принцип функционирования, основные свойства и области применения фототиристоров

65 Перспективы развития оптоэлектронных излучателей и фотоприемников

66 Что такое волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) Структурная схема и области применения ВОЛС.



Согласована на портале № 6503

67 Основные преимущества ВОЛС по сравнению с проводной и воздушной линиями связи.

68 Полная структурная схема магистральной ВОЛС и принцип функционирования ее.

69 Элементная база волоконно-оптических линий связи – перечислить и дать краткую характеристику, назначение.

70 Двухслойные волоконные световоды: конструкция, основные параметры и принцип передачи световых лучей.

71 Волоконно-оптические кабели: типы, конструкции, основные параметры.

72 Что такое волоконно-оптические соединители Их типы, назначение, основные параметры и требования к ним.

73 Соединители: определение, назначение, конструкции соединения источника излучения с оптическим кабелем. Дать краткую характеристику им.

74 Типы волоконно-оптических ответвителей. Принцип функционирования и краткие характеристики их.

75 Фоконы: определение, назначение, типы, основные параметры.

76 Краткая история и перспективные пути развития ВОЛС.

77 Что называется оптроном Достоинства и недостатки оптронов.

78 Устройство и принцип функционирования элементарного оптрона. Какие виды связи используются в оптронах

79 Типы элементарных оптронов и их условные обозначения в электрических схемах.

80 Типы излучателей, используемых в оптронах и их основные характеристики. Требования, предъявляемые к ним.

81 Типы фотоприемников, используемых в оптронах и их основные характеристики. Требования, предъявляемые к ним.

82 Требования, предъявляемые к оптической среде оптронов и типы оптических сред, используемых в оптронах.

83 Параметры и характеристики, определяющие свойства оптронов.

84 Дать сравнительную характеристику диодным и резисторным элементарным оптронам. Области их применения.

85 Дать сравнительную характеристику транзисторным и тиристорным элементарным оптронам. Области их применения.

86 Конструкции монолитных оптронов. Основные преимущества их перед элементарными оптронами.

87 Конструкция и принцип функционирования оптрона с прямой электрической и обратной оптической связями.

88 Конструкция и принцип функционирования оптрона с прямой оптической и прямой электрической связями.

89 Конструкция, и принцип функционирования регенеративного оптрона. Привести вольт-амперные характеристики оптрона.

90 Функциональная и электрическая схемы регенеративного оптрона. Принцип функционирования его.

91 Простейшие схемы оптронов в дискретной технике: оптронное реле, потенциометр и запоминающий оптрон на фоторезисторе. Пояснить принцип функционирования оптронов.

92 Схема усилителя на транзисторном оптроне. Принцип функционирования, достоинства и недостатки.

93 Схема усилителя на диодных оптронах с оптической компенсацией нелинейных искажений. Принцип функционирования, достоинства и недостатки.

94 Схема и принцип функционирования аналогового ключа на диодном оптроне.

95 Проблемы, возникающие при практической реализации замены дискретных радиокомпонентов на твердотельные оптронные функциональные устройства.

96 Какое основное отличие жидкокристаллических веществ от жидких и кристаллических

97 Что такое мезофаза Что понимается под температурой плавления и температурой просветления

98 Основные механические, электрические и оптические свойства жидкокристаллических веществ

99 Структурные разновидности ЖК и их основные отличия



Согласована на портале № 6503

100 Основные свойства нематических жидких кристаллов

101 Физическая сущность динамического рассеивания света в ЖК

102 Что такое “твист-эффект” В чем сущность поляризации света

103 В чем сущность эффекта “гость-хозяин” Как осуществляется пространственная модуляция света

104 Структура и принцип функционирования ЖКИ, основанных на твист-эффекте, в режиме отраженного и проходящего светового потока

105 Основные свойства жидкокристаллических индикаторовКакими параметрами и характеристиками оцениваются физические свойства ЖКИ

106 Структура и принцип функционирования электрически управляемых транспарантов

107 Основные свойства электрически управляемых транспарантов, реализованных на жидких кристаллах

108 Области применения и перспективы развития функциональных устройств на жидких кристаллах

**4 Методические материалы к ФОС,** определяющие процедуры оценивания

На самостоятельное изучение переносятся разделы:

Физические основы функционирования и принципы реализации акустоэлектронных радиокомпонентов.
Излучатели, Фотоприемники. Функциональные устройства на оптронах.
Волоконно-оптические линии связи.

Качество проверки усвоения материала проводится на экзамене путем включения соответствующих вопросов в билет на экзамене.

2. В качестве средства оценки усвоения материала – выступление на практическом занятии или реферат.

3. В качестве средства оценки используются контрольные работы. Контрольные работы проводятся на каждом четвертом практическом занятии. В контрольную работу включаются задачи из нескольких разделов лекционного материала. После проверки на практическом занятии выясняется, решение каких задач вызвало затруднение, в последствии проблемные места (пробелы в знаниях) устраняются.

Оценка усвоения проводится и на защите лабораторных работ. Во время выполнения лабораторных работ студенты учатся работать в коллективе, совершенствуют свои волевые и лидерские качества. Отдельным процессом при этом является закрепление компетенции, заключающиеся в повышении способности к получению и понятному воспроизведению полученной информации.

**Примеры вопросов на контрольной работе**

Предусмотрены три уровня сложности заданий.

***Первый уровень сложности (оценивается на «удовлетворительно»)***

1) Что называется оптроном
2) Что такое МДП-конденсатор

***Второй уровень сложности (оценивается на «хорошо»)***

1) Достоинства и недостатки оптронов

2) Применение МПД-структур в РЭС

***Третий уровень сложности (оценивается на «отлично»)***

1) Способы улучшения характеристик оптронов



Согласована на портале № 6503

2) Физические процессы в МДП-конденсаторе и МПД-матрице при переносе заряда

**Пример экзаменационного билета**

1.Что такое МДП-конденсатор
2.Достоинства и недостатки оптронов
3.Способы улучшения характеристик оптронов

Первый вопрос рассчитан на пороговый уровень усвоения (оценка "удовлетворительно") материала предмета. В процессе ответа планируется услышать от студента базовые знания по структуре МДП-конденсатора, состоящего из двух омических контактов, диэлектрика и полупроводника.

Второй вопрос является более сложным и рассчитан на базовый (оценка "хорошо") уровень усвоения. Предполагается получить устный ответ, заключающийся в описании достоинств и недостатков применения оптронов, а именно положительные характеристики: гальваническую развязку, бесконтактное измерение параметров перемещений объектов, вентильные свойства, технологичность и т.д. В части отрицательных сторон применения, предполагается получить ответ охватывающий такие аспекты, как высокое потребление энергии, низкие динамические свойства, низкая помехоустойчивость, высокие шумы при передаче сигналов и т.д. Дополнительно усилить ответ может информация о применении оптронов и функциональные эксплуатационные схемы.

Третий вопрос рассчитан на уровень усвоения, близкий к высокому (оценка "отлично"). Должен быть дан ответ, содержащий четко обозначенные способы улучшения параметров с конкретными примерами и характеристиками функциональных составляющих оптрона.



Согласована на портале № 6503

**12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**а) основная литература:**

1. Кузебных Н.И. Физика функциональных устройств: Учебное пособие для студентов специальности 210201 – «Проектирование и технология РЭС». – Томск: ТУСУР, 2007. – 145 с. (450 экз.)

**б) дополнительная литература:**

2. Кравченко А.Ф. Физические основы функциональной электроники: Учебное пособие для вузов. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. – 444 с. (6 экз.)
3. Пасынков В.В.,Чиркин Л.К. Полупроводниковые приборы: Учебник для вузов. – СПб.: Изд-во «Лань», 2006. – 480 с. (98 экз.)
4. Несмелов Н.С., Славникова М.М., Широков А.А. Физические основы микроэлектроники: Учебное пособие. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2007. – 276 с. (189 экз.)
5. Носов Ю.Р., Шилин В.А. Основы физики приборов с зарядовой связью . – М.: Наука, 1986. – 320 с. (5 экз.)

**в) перечень методических указаний по лабораторным работам и организации самостоятельной работы студентов**

1 Кузебных Н.И. Перспективная элементная база РЭС и физика функциональных устройств: Сборник задач и методические указания для студентов. – Томск: ТУСУР, 2007. – 62 с. (75 экз.)

2 Кузебных Н.И. Изучение конструкций приборов с зарядовой связью: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2014. – 18 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3889

3 Несмелов Н.С., Кузебных Н.И. Исследование характеристик светодиодов: Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 210201 “Проектирование и технология РЭС”. – Томск: ТУСУР, 2007. – 20с. **(10 экз)**

4 Несмелов Н.С., Кузебных Н.И. Исследование параметров характеристик светодиодов: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2014. – 20 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3891

5 Кузебных Н.И., Славникова М.М. Исследование параметров и характеристик фотодиодов: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2013. – 23 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3892

6 Кузебных Н.И., Славникова М.М. Исследование параметров и характеристик элементарных оптронов: Руководство к лабораторной работе для студентов специальности 211000 “Конструирование и технология электронных средств”. – Томск: ТУСУР, 2013. – 16 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu.tusur.ru/training/publications/3888

7 Кузебных Н.И. Общие требования и правила оформления отчетов по лабораторным работам: Метод. указания по оформлению отчетов по лабораторным работам для студентов всех специальностей. – Томск: ТУСУР, 2012. – 12 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: edu,tusur,ru/training/publications/3890

## Материалы для организации самостоятельной работы и практических занятий студентов описаны в пособии (см. пункт 12.в.1) а именно:

1 Кузебных Н.И. Перспективная элементная база РЭС и физика функциональных устройств: Сборник задач и методические указания для студентов – Томск: ТУСУР, 2007. – 62 с. (75 экз.)



Согласована на портале № 6503