МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П.Е. Троян
«19» 12 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОНИКА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Системы радиосвязи и радиодоступа**
Форма обучения: **заочная (в том числе с применением дистанционных образовательных технологий)**
Факультет: **Факультет дистанционного обучения (ФДО)**
Кафедра: **Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)**
Курс: **2**
Семестр: **4**
Учебный план набора 2019 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
Лабораторные занятия	12	12	часов
Самостоятельная работа	141	141	часов
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	14	14	часов
Контрольные работы	4	4	часов
Подготовка и сдача экзамена	9	9	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	180	180	часов
		5	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр	Количество
Экзамен	4	
Контрольные работы	4	2

Томск

Согласована на портале № 68632

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изучение студентами принципов работы, параметров, вольт-амперных характеристик, элементной базы, применяемой в многоканальных телекоммуникационных системах, телевизионной, радиорелейной, тропосферной, космической и радиолокационной связи.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение принципов действия, характеристик, параметров и особенностей устройства важнейших полупроводниковых, электровакуумных и оптоэлектронных приборов, используемых в аудиовизуальной технике. К их числу относятся диоды, биполярных и полевые транзисторы, приборы с отрицательной дифференциальной проводимостью, элементы интегральных схем и основы технологии их производства.
2. Изучение главных элементов цифровой и аналоговой схемотехники, выполненных на основе полупроводниковых приборов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Индекс дисциплины: Б1.О.18.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знать фундаментальные законы полупроводниковых приборов.
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Уметь анализировать процессы и явления в полупроводниковых приборах.
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеть практическими навыками построения характеристик и вычисления параметров полупроводниковых приборов.

Согласована на портале № 68632

ОПК-2. Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных	ОПК-2.1. Знает основные принципы проведения экспериментальных исследований и использования основных приемов обработки и представления полученных данных	Знать основные принципы использования основных приемов обработки и представления полученных данных.
	ОПК-2.2. Умеет выбирать эффективную методику экспериментальных исследований	Уметь выбирать эффективную методику при исследовании вольт-амперных характеристик полупроводниковых приборов.
	ОПК-2.3. Владеет навыками проведения экспериментальных исследований, обработки и представления полученных данных	Владеть навыками обработки и представления полученных данных при исследовании базовых логических элементов.
Профессиональные компетенции		
-	-	-

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	30	30
Лабораторные занятия	12	12
Самостоятельная работа под руководством преподавателя	14	14
Контрольные работы	4	4
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	141	141
Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	61	61
Подготовка к контрольной работе	50	50
Подготовка к лабораторной работе	15	15
Написание отчета по лабораторной работе	15	15
Подготовка и сдача экзамена	9	9
Общая трудоемкость (в часах)	180	180
Общая трудоемкость (в з.е.)	5	5

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

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

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

Согласована на портале № 68632

Названия разделов (тем) дисциплины	Лаб. раб.	Контр. раб.	СРП, ч.	Сам. раб., ч	Всего часов (без промежуточной аттестации)	Формируемые компетенции
4 семестр						
1 Физические основы электроники.	-	4	1	10	15	ОПК-1, ОПК-2
2 Контакты металл – полупроводник. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.	-		1	10	11	ОПК-1, ОПК-2
3 Электронно-дырочные переходы.	-		2	10	12	ОПК-1, ОПК-2
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	4		1	20	25	ОПК-1, ОПК-2
5 Биполярные транзисторы.	-		1	11	12	ОПК-1, ОПК-2
6 Полевые транзисторы.	4		1	22	27	ОПК-1, ОПК-2
7 Транзисторные ключи.	-		1	8	9	ОПК-1, ОПК-2
8 Предмет микроэлектроники. Логические элементы на биполярных транзисторах.	-		2	8	10	ОПК-1, ОПК-2
9 Логические элементы на полевых транзисторах.	-		1	8	9	ОПК-1, ОПК-2
10 Технологические основы микроэлектроники.	4		1	18	23	ОПК-1, ОПК-2
11 Транзисторы интегральных микросхем.	-		1	8	9	ОПК-1, ОПК-2
12 Пассивные элементы.	-		1	8	9	ОПК-1, ОПК-2
Итого за семестр	12	4	14	141	171	
Итого	12	4	14	141	171	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины	СРП, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			

Согласована на портале № 68632

1 Физические основы электроники.	Элементы зонной теории полупроводников. Параметры, характеризующие свойства полупроводниковых материалов. Фундаментальная система уравнений твердотельной электроники. Собственные, примесные и компенсированные полупроводники. Диапазон рабочих температур полупроводниковых приборов. Равновесные и неравновесные носители зарядов в полупроводниках. Основные и неосновные носители. Закон действующих масс. Полупроводники в электрическом поле. Генерация и рекомбинация носителей в полупроводниках. Уравнения электронейтральности. Явления на поверхности полупроводников.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
2 Контакты металл – полупроводник. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.	Энергетическая диаграмма выпрямляющего контакта металл – полупроводник. Принцип выпрямления на контакте металл – полупроводник по энергетическим диаграммам. Вольт-амперная характеристика выпрямляющего контакта металл – полупроводник. Расчет напряженности поля и потенциала на контакте металл – полупроводник. Ширина области пространственного заряда. Диод Шоттки: структура, эквивалентная схема, параметры эквивалентной схемы. Модель диода Шоттки. Эффект Шоттки. Достоинства и недостатки диодов Шоттки. Омические контакты и их параметры.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 68632

3 Электронно-дырочные переходы.	Виды электрических переходов при контакте полупроводников. Механизм образования p-n-перехода. Контактная разность потенциалов. Односторонняя проводимость p-n-перехода. Расчет напряженности электрического поля и потенциала в p-n-переходе. Ширина ОПЗ для резкого и плавного p-n-переходов. Вольт-амперная характеристика идеального p-n-перехода. Диоды с толстой и тонкой базами. Вольт-амперная характеристика реального p-n-перехода. Явления в p-n-переходе при высоком уровне инжекции. Диффузионная и барьерная емкости p-n-перехода. Эквивалентная схема p-n-перехода и ее параметры. Переходные процессы в p-n-переходе. Пробой p-n-перехода. Зависимость параметров p-n-перехода от температуры. Зарядоуправляемая модель p-n-перехода. Гетеропереходы.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	Выпрямительные диоды. Выпрямительные столбы и блоки. Импульсные и универсальные диоды. Сверхвысокочастотные диоды. Варикапы. Стабилитроны. Лавинно-пролетные диоды. Туннельные и обращенные диоды. Фотодиоды. Светодиоды. Оптопары.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
5 Биполярные транзисторы.	Общие сведения о биполярных транзисторах. Потоки носителей зарядов в биполярном транзисторе. Внутренние и внешние параметры биполярного транзистора. Статические параметры биполярного транзистора. Явления в биполярном транзисторе при больших токах. Модуляция толщины базы коллекторным напряжением (эффект Эрли). Пробой биполярного транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора. Динамический режим работы биполярного транзистора. Усилительные свойства биполярного транзистора. Эквивалентная схема биполярного транзистора. Системы z-, y- и h-параметров биполярного транзистора. Модели биполярного транзистора. Некоторые разновидности биполярных транзисторов. Основные параметры биполярных транзисторов и их ориентировочные значения.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 68632

6 Полевые транзисторы.	Полевые транзисторы с управляющим p-n-переходом. Дифференциальные параметры полевого транзистора. Полевые транзисторы с управляющим переходом металл – полупроводник. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Импульсный режим полевых транзисторов.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
7 Транзисторные ключи.	Введение. Статические характеристики ключа в схеме с общим эмиттером (ОЭ). Переходный процесс в насыщенном ключе при открывании транзистора. Методы сокращения времени переходного процесса.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
8 Предмет микроэлектроники. Логические элементы на биполярных транзисторах.	Основные термины и определения. Классификация логических элементов. Основные характеристики и параметры логических элементов. Элементы транзисторно-транзисторной логики. Элементы эмиттерно-связанной логики.	2	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	2	
9 Логические элементы на полевых транзисторах.	Инвертор на n-канальных МДП-транзисторах. Инвертор на комплементарных транзисторах. Логические элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ. Логические элементы динамического типа. Приборы с зарядовой связью. Параметры элементов ПЗС. Разновидности конструкций.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
10 Технологические основы микроэлектроники.	Общие сведения о технологии изготовления полупроводниковых микросхем. Эпитаксия. Диффузия примесей. Ионное легирование. Термическое окисление и свойства пленки диоксида кремния. Травление. Методы получения структур типа Si-SiO2-Si. Проводники соединений и контакты в полупроводниковых микросхемах. Литография.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
11 Транзисторы интегральных микросхем.	Особенности структур биполярных транзисторов. Транзисторы с комбинированной изоляцией. Многоэмиттерные транзисторы. Транзисторы с диодом Шоттки. Диодное включение транзистора. Модель интегрального биполярного транзистора. Полевые транзисторы с управляющим переходом металл-полупроводник.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	

Согласована на портале № 68632

12 Пассивные элементы.	Полупроводниковые резисторы. Пленочные резисторы. Конденсаторы.	1	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	1	
Итого за семестр		14	
Итого		14	

5.3. Контрольные работы

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

Таблица 5.3 – Контрольные работы

№ п.п.	Виды контрольных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1	Контрольная работа с автоматизированной проверкой	2	ОПК-1, ОПК-2
2	Контрольная работа	2	ОПК-1, ОПК-2
Итого за семестр		4	
Итого		4	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	Расчет параметров диода с резким p-n-переходом	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
6 Полевые транзисторы.	Исследование биполярных и полевых транзисторов.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
10 Технологические основы микроэлектроники.	Технологии изготовления интегральных микросхем.	4	ОПК-1, ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		12	
Итого		12	

5.5.Контроль самостоятельной работы (курсовой проект / курсовая работа)

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				

Согласована на портале № 68632

1 Физические основы электроники.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	10		
2 Контакты металл – полупроводник. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	10		
3 Электронно-дырочные переходы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	10		
4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к лабораторной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	20		
5 Биполярные транзисторы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	6	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	11		

Согласована на портале № 68632

6 Полевые транзисторы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	7	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к лабораторной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к контрольной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	22		
7 Транзисторные ключи.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	8		
8 Предмет микроэлектроники. Логические элементы на биполярных транзисторах.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	8		
9 Логические элементы на полевых транзисторах.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	8		

Согласована на портале № 68632

10 Технологические основы микроэлектроники.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к лабораторной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	5	ОПК-1, ОПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	18		
11 Транзисторы интегральных микросхем.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	8		
12 Пассивные элементы.	Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части дисциплины	4	ОПК-1, ОПК-2	Тестирование, Экзамен
	Подготовка к контрольной работе	4	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа
	Итого	8		
Итого за семестр		141		
	Подготовка и сдача экзамена	9		Экзамен
Итого		150		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лаб. раб.	Конт.Раб.	СРП	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Согласована на портале № 68632

Рейтинговая система не используется

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Саврук Е. В., Троян П. Е. Физические основы электроники : учебное пособие / Е. В. Саврук, П. Е. Троян. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2016. – 245 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/.

2. Ицкович В. М. Электроника : учебное пособие : в 2 ч. / В. М. Ицкович; под ред. В. А. Шалимова. — Томск : ФДО, ТУСУР, 2017. — Ч.1. — 209 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/.

3. Ицкович В. М. Электроника : учебное пособие : в 2 ч. / В. М. Ицкович; под ред. В. А. Шалимова. — Томск : ФДО, ТУСУР, 2017. — Ч.2. — 120 с Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/.

7.2. Дополнительная литература

1. Смирнов, Ю.А. Физические основы электроники : учебное пособие / Ю.А. Смирнов, С.В. Соколов, Е.В. Титов. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 560 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/5856.

2. Троян, П.Е. Твердотельная электроника : учебное пособие / П.Е. Троян. — Москва : ТУСУР, 2008. — 330 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/4966.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Ицкович В. М. Электроника : учебное методическое пособие / В. М. Ицкович ; под ред. В. А. Шалимова. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2017. – 76 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/.

2. Саврук Е. В. Физические основы электроники. Расчет параметров диода с резким p-n-переходом : методические указания по выполнению лабораторной работы / Е. В. Саврук, В. В. Каранский. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2017. – 40 с. Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/.

3. Заболоцкий А. М. Электроника: методические указания по организации самостоятельной работы для студентов заочной формы обучения направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, обучающихся с применением дистанционных образовательных технологий / А. М. Заболоцкий, Т. Р. Газизов. – Томск : ФДО, ТУСУР, 2018 Доступ из личного кабинета студента. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://study.tusur.ru/study/library/.

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Иное учебно-методическое обеспечение

Согласована на портале № 68632

1. Саврук Е. В. Физические основы электроники [Электронный ресурс]: электронный курс / Е. В. Саврук. – Томск: ФДО, ТУСУР, 2016. (доступ из личного кабинета студента) .

7.5. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

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

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

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

Описание имеющегося оборудования:

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

Программное обеспечение:

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

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

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

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

Описание имеющегося оборудования:

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

Перечень программного обеспечения:

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

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

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

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

Согласована на портале № 68632

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

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

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

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Физические основы электроники.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Контакты металл – полупроводник. Выпрямляющие и омические переходы на контакте металла с полупроводником.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Электронно-дырочные переходы.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 68632

4 Диоды на основе электронно-дырочных переходов.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
5 Биполярные транзисторы.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Полевые транзисторы.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
7 Транзисторные ключи.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Предмет микроэлектроники. Логические элементы на биполярных транзисторах.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 68632

9 Логические элементы на полевых транзисторах.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
10 Технологические основы микроэлектроники.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
11 Транзисторы интегральных микросхем.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
12 Пассивные элементы.	ОПК-1, ОПК-2	Контрольная работа	Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

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

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков

Согласована на портале № 68632

3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какие 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 обеспечивает наибольшую рабочую температуру:
   а) Ge.
   б) Si.

Согласована на портале № 68632

в) GaAs.

3. Какой полупроводниковый материал диода обеспечивает наибольшую рабочую частоту:
   а) Ge.
   б) Si.
   в) GaAs.

4. При каком включении диода на p-n переходе выделяется наибольшая мощность:
   а) Обратном.
   б) Прямом.
   в) В области пробоя.

5. 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.

6. Как меняется емкость p-n перехода при обратном включении и увеличении запирающего напряжения:
   а) Увеличивается.
   б) Не меняется.
   в) Уменьшается.

7. В области пробоя сопротивление p-n перехода:
   а) Rпер стремится к бесконечности
   б) Rпер равно нулю
   в) Rпер неизменно

8. Для увеличения быстродействия полупроводникового прибора материал p-n перехода:
   а) Слабо легируют.
   б) Сильно легируют.
   в) Выполняют из i полупроводника.

9. При прямом включении p-n перехода сопротивление перехода:
   а) Rпер стремится к бесконечности
   б) Rпер равно нулю
   в) Rпер неизменно

10. В какой схеме включения биполярные транзисторы имеют максимальный коэффициент усиления по мощности:
    а) ОБ.
    б) ОК.
    в) ОЭ.

11. При каком включении диода на p-n переходе выделяется наименьшая мощность:
    а) Обратном.
    б) Прямом.
    в) В области пробоя.

12. В какой схеме включения биполярные транзисторы имеют максимальное входное сопротивление:
    а) ОБ.
    б) ОК.
    в) ОЭ.

13. В какой схеме включения биполярные транзисторы имеют наилучшие частотные свойства:

Согласована на портале № 68632

а) ОБ.
б) ОК.
в) ОЭ.

14. Диодный оптрон это:
а) Светодиод.
б) Фотодиод.
в) Свето и фотодиод в одном корпусе.

15. В каких режимах могут работать фотодиоды:
а) Преобразовывать свет-сигнал.
б) Фотогенераторов.
в) Преобразовывать переменное напряжение в постоянное .

16. Для полевого транзистора с индуцированным «n» каналом в схеме «общий исток» при увеличении отрицательного напряжения на затворе ток стока:
а) Уменьшается.
б) Увеличивается.
в) Остается неизменным.
г) Равен 0.

17. Для полевого транзистора с встроенным «p» каналом в схеме с общим истоком при увеличении отрицательного напряжения на затворе ток стока:
а) Уменьшается.
б) Увеличивается.
в) Не меняется.

18. Из какого полупроводникового материала следует изготовить полевые транзисторы, обладающие максимальным быстродействием:
а) Ge
б) Si
в) nGaAs
г) pGaAs
д) InN (Нитрид индия)

19. Какой из видов полевых транзисторов обладает наименьшей чувствительностью к электростатическому пробою:
а) Полевые транзисторы со встроенным каналом.
б) Полевые транзисторы с индуцированным каналом.
в) Полевые транзисторы с «p-n» переходом.

20. Для управления током стока полевым транзисторам требуется изменять:
а) Ток затвора.
б) Напряжение Uси.
в) Напряжение Uзи

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Что такое электростатический потенциал в полупроводнике?
а) Потенциал, обусловленный внешним источником питания;
б) Потенциал, характеризующий концентрацию носителей в примесном полупроводнике;
в) Потенциал, характеризующий концентрацию носителей в собственном полупроводнике;
г) Потенциал, соответствующий середине запрещенной зоны.

2. О чем говорит наличие разности химического потенциала?
а) О наличии разности концентраций носителей заряда;
б) О движении заряженных частиц за счет диффузии;

Согласована на портале № 68632

в) О наличии внешнего источника питания.

3. Что означает понятие эффективное время жизни носителей?
   а) Среднее время жизни;
   б) Время жизни обусловленное поверхностной рекомбинацией;
   в) Время жизни обусловленное поверхностной и объёмной рекомбинацией;
   г) Время жизни обусловленное объёмной рекомбинацией.

4. В чем физический смысл биполярной диффузии?
   а) Диффузия дырок вследствие разности концентрации в объёме полупроводника;
   б) Диффузия электронов вследствие разности концентрации в объёме полупроводника;
   в) Совместное движение дырок и электронов вследствие разности концентрации в объеме полупроводника.

5. Какая поверхность называется металлургической границей?
   а) разделяющая полупроводники n и p типа;
   б) имеющая большое сопротивление;
   в) имеющая низкое сопротивление.

6. Как изменится величина диффузионного потенциала, если концентрацию примесей в полупроводниках n и p-типа уменьшить?
   а) Не изменится;
   б) Увеличится;
   в) Уменьшится;
   г) Переход не образуется.

7. Как изменится ширина перехода, если в полупроводнике n увеличить концентрацию электронов?
   а) Ширина перехода не изменится;
   б) Ширина перехода увеличится;
   в) Ширина перехода уменьшится.

8. Тепловой ток зависит от температуры потому, что изменяется …
   а) концентрация носителей;
   б) ширина перехода;
   в) ширина запрещенной зоны;
   г) кинетическая энергия носителей.

9. Какие полупроводники используются при изготовлении туннельных диодов?
   а) Вырожденные;
   б) собственные;
   в) Электронные;
   г) Дырочные.

10. Как изменяется пробивное напряжение стабилитронов с лавинным пробоем при повышении температуры?
    а) Уменьшается;
    б) Увеличивается;
    в) Не изменяется.

9.1.3. Примерный перечень тем и тестовых заданий на контрольные работы

Электроника (примеры типовых заданий для контрольной работы с автоматизированной проверкой).

1. Отличительной особенностью какого класса веществ является очень сильная реакция на внешнее воздействие (температуры, освещения, воздействия электрических и магнитных полей)?
   а) полупроводники;

Согласована на портале № 68632

б) металлы;
в) диэлектрики.

2. Дрейфовым током называется ток, обусловленный…
а) градиентом концентрации;
б) градиентом температур;
в) электрическим полем;
г) магнитным полем.

3. Величина дифференциального сопротивления диода Шоттки зависит от…
а) температуры;
б) удельного сопротивления полупроводника;
в) толщины базы;
г) площади контакта металла с полупроводником.

4. Емкость диода Шоттки с увеличением обратного напряжения…
а) уменьшается;
б) увеличивается;
в) не изменяется.

5. Какой пробой обусловлен процессом ударной ионизации?
а) тепловой;
б) туннельный;
в) лавинный.

6. При уходе дырки с p-области в n-область, при контакте полупроводников n- и p-типа, на месте ее ухода остается…
а) положительно заряженный акцептор;
б) отрицательно заряженный акцептор;
в) положительно заряженный донор;
г) отрицательно заряженный донор.

7. Физической основой какого диода является эффект односторонней проводимости электронно-дырочного перехода?
а) импульсного диода;
б) выпрямительного диода;
в) СВЧ-диода;
г) смесительного диода.

8. Какой из полупроводниковых диодов на основе ЭДП перехода имеет участок отрицательного дифференциального сопротивления на ВАХ?
а) туннельный диод;
б) варикап;
в) фотодиод;
г) стабилитрон.

9. Биполярный транзистор имеет выводы…
а) эмиттер,
б) сток;
в) база;
г) коллектор;
д) исток;
е) затвор.

10. Электрическое поле, изменяющее проводимость канала, создается путем подачи управляющего напряжения на электрод, называемый…
а) истоком;

Согласована на портале № 68632

б) стоком;
в) затвором.

Полупроводниковые материалы (темы для текстовой контрольной работы).

1. Постройте энергетические диаграммы для перехода из германия, приняв за нулевой потенциал «дна» зоны проводимости дырочного полупроводника. Зонные диаграммы постройте для трёх значений напряжений внешнего источника.
2. Постройте энергетические диаграммы для перехода, образованного полупроводниками из германия.
3. Имеются диоды, изготовленные из полупроводниковых материалов германия и кремния с одинаковыми площадями и одинаковыми временами жизни носителей зарядов. Рассчитайте зависимости токов термогенерации для кремниевого и германиевого диодов при изменении температуры от -50 до 100 С.
4. Рассчитайте распределение концентрации носителей при монополярной диффузии в кремниевом и германиевом полупроводниках при dp=10^15 и времени жизни носителей 5 мкс в интервале температур –50 +150 С. Постройте график и дайте физическое объяснение.
5. Постройте график распределения Ферми – Дирака для значений аргумента, близких уровню Ферми =1 эВ. Дайте физическую интерпретацию данной кривой.
6. Получите выражение уровня Ферми в собственном полупроводнике относительно середины запрещенной зоны.
7. Подсчитайте смещение уровня Ферми относительно середины запрещенной зоны в собственном полупроводнике из германия и кремния при комнатной температуре.
8. Имеется полупроводник из германия при температуре 400 К. Вычислите концентрацию дырок и электронов, если образец легирован атомами сурьмы (элемент пятой группы) с концентрацией 2,4E13 см^–3.
9. Имеется полупроводник из германия при температуре 400 К. Определите концентрацию носителей, которая установится после того, как проведено легирование атомами индия (элемент третьей группы) с концентрацией 4,8E13 см^–3.
10. Имеется кремниевый полупроводник с концентрацией дырок n = 10^17, потенциал «дна» зоны проводимости 3 эВ. Начертите энергетические диаграммы для данного полупроводника.
11. Вычислите эффективную плотность уровней Nc и Nv для кремния при изменении температуры от –50 до 70 С. По результатам расчетов постройте график. Объясните полученные результаты.
12. Получите зависимость диффузионного потенциала в переходе от температуры. Обоснуйте полученный результат. Используя полученное в пункте выражение, рассчитайте зависимость диффузионного потенциала в диапазоне температур от –30 до 70 С. Расчет сделайте в относительных единицах. Постройте график и сделайте выводы.

9.1.4. Темы лабораторных работ

1. Расчет параметров диода с резким p-n-переходом
2. Исследование биполярных и полевых транзисторов.
3. Технологии изготовления интегральных микросхем.

9.2. Методические рекомендации

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

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

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

Согласована на портале № 68632

учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

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

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

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

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

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

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

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

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

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

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

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

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

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями

Согласована на портале № 68632

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 № 68632

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОР
протокол № 4 от «18» 10 2018 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ТОР	С.И. Богомолов	Согласовано, 645961f5-19ed-4d47-a699-64d057f3100c
Заведующий обеспечивающей каф. ТОР	С.И. Богомолов	Согласовано, 645961f5-19ed-4d47-a699-64d057f3100c
Декан ФДО	И.П. Черкашина	Согласовано, 4580bdea-d7a1-4d22-bda1-21376d739cfc

ЭКСПЕРТЫ:

Ассистент, каф. ТОР	О.А. Жилинская	Согласовано, 7029dda8-6686-4f8c-8731-d84665df77fc
Доцент, каф. ТОР	Я.В. Крюков	Согласовано, c2550210-7b25-4114-bb78-df4c7513eecf

РАЗРАБОТАНО:

Старший преподаватель, каф. ТЭО	А.В. Гураков	Разработано, 4bfa5749-993c-4879-adcf-c25c69321c91

Согласована на портале № 68632