МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теплообмен в радиоэлектронных средствах

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Технология электронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	34	34	часов
2	Практические занятия	34	34	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	84	84	часов
5	Из них в интерактивной форме	16	16	часов
6	Самостоятельная работа	96	96	часов
7	Всего (без экзамена)	180	180	часов
8	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
9	Общая трудоемкость	216	216	часов
		6.0	6.0	З.Е

Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20786

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 50 от «26» 5 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12 ноября 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. РЭТЭМ _____ А. С. Апкарьян

Заведующий обеспечивающей каф.
РЭТЭМ _____ В. И. Туев

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РКФ _____ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф.
РЭТЭМ _____ В. И. Туев

Эксперт:

профессор каф. РЭТЭМ _____ Г. В. Смирнов

Согласована на портале № 20786

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

изучение инженерных вопросов в области тепломассообмена в радиоэлектронных средствах, методики расчета тепловых режимов, овладение навыками экспериментальных исследований процессов теплопередачи и определения основных термодинамических характеристик.

1.2. Задачи дисциплины

– ознакомить студентов с методикой тепловых расчётов и проектированием радиоэлектронных устройств с заданными термодинамическими характеристиками

– ознакомить студентов с основными положениями и способами тепломассообмена необходимые при разработке технологического регламента сборки, монтажа и эксплуатации радиоэлектронного оборудования, в соответствии с требованиями в части эффективности, качества и надежности

– научить моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Теплообмен в радиоэлектронных средствах» (Б1.В.ДВ.3.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Интегральные устройства радиоэлектроники, Материалы и компоненты электронных средств.

Последующими дисциплинами являются: Основы конструирования электронных средств.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы молекулярной физики и термодинамики, атомной физики; основные законы термодинамики, виды теплоомассообмена, физико-технические процессы и параметры, характеризующие теплообмен в твёрдых, жидких и газообразных телах; способы моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования

– **уметь** использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач; разрабатывать технологии и радиоэлектронные средства различной сложности с учётом процессов тепломассообмена под руководством специалистов более высокой квалификации; моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования

– **владеть** навыками физических исследований; навыками термодинамических расчетов теплового режима при проектировании радиоэлектронных устройств; способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Аудиторные занятия (всего)	84	84
Лекции	34	34

Согласована на портале № 20786

Практические занятия	34	34
Лабораторные работы	16	16
Из них в интерактивной форме	16	16
Самостоятельная работа (всего)	96	96
Оформление отчетов по лабораторным работам	32	32
Проработка лекционного материала	20	20
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	44	44
Всего (без экзамена)	180	180
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	216	216
Зачетные Единицы	6.0	6.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						
1 Тепломассообмен. Виды тепломассообмена. Теплопроводность.	8	8	4	20	40	ПК-1
2 Конвективный теплообмен в однофазной среде. Теплообмен при фазовых превращениях.	8	8	4	20	40	ПК-1
3 Теплообмен излучением	6	6	4	20	36	ПК-1
4 Массоотдача. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах.	6	6	2	16	30	ПК-1
5 Термодинамические расчеты тепловых режимов. Примеры практических задач	6	6	2	20	34	ПК-1
Итого за семестр	34	34	16	96	180	
Итого	34	34	16	96	180	

Согласована на портале № 20786

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Тепломассообмен. Виды тепломассообмена. Теплопроводность.	Стационарная теплопроводность. Основные положения теплопроводности.Теплопроводность плоской стенки без внутренних источников тепла. Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность цилиндрической стенкибез внутренних источников тепла. Теплопроводность цилиндрической стенкипри наличии внутренних источников тепла. Интенсификация теплопередачи. Нестационарная теплопроводность. Бесконечная тонкая пластина. Бесконечный цилиндр, шар. Определение количества теплоты тела конечных размеров. Регулярный режим охлаждения тел.	8	ПК-1
	Итого	8	
2 Конвективный теплообмен в однофазной среде. Теплообмен при фазовых превращениях.	Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Подобие и моделирование процессов конвектив-ного-теплообмена. Теплообмен при свободной конвекции в большом объеме около вертикальных поверхностей. Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей. Свободная конвекция в ограниченном пространстве. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности. Теплоотдача при вы-нужденном поперечном омывании труб и пучков труб.. Описание процесса вынужденного течения жидкости в трубах.. Описание процесса конденсации пара. Теплоотдача при конденсации неподвижного пара. Теплоотдача при конденсации дви-жущегося пара. Описание процесса кипения жидкости.	8	ПК-1
	Итого	8	
3 Теплообмен излучением	Основные положения теплообмена излучением. Законы теплового излучения Теплообмен излучением между	6	ПК-1

Согласована на портале № 20786

	твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой. Тела с плоскопараллельными поверхностями. Тело с оболочкой и произвольно расположенные тела. Излучение газов и паров Лучистый теплообмен между газом и оболочкой.		
	Итого	6	
4 Массоотдача. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах.	Тепломассообмен в двухкомпонентных средах. Основные положения тепломассообмена. Тепломассоотдача в двухкомпонентных средах. Тройная аналогия. Аналогия переноса импульса, энергии и массы компонента (тройная аналогия). Тепломассоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду. Испарение воды в воздух. Стационарное испарение капли. Тепломассообмен при химических превращениях.	6	ПК-1
	Итого	6	
5 Термодинамические расчеты тепловых режимов. Примеры практических задач	Теплопроводность через однослойную плоскую стенку. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку. Теплопроводность через однослойную цилиндрическую стенку. Теплопроводность через многослойную цилиндрическуюстенку. Теплопроводность через однослойную шаровую стенку. Теплоотдача при ламинарном движении жидкости в трубах. Теплоотдача при турбулентном движении жидкости в трубах. Теплоотдача при продольном обтекании пластины. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночного цилиндра.Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб. Теплоотдача при свободной конвекции Теплоотдача при свободной конвекции в ограниченном пространстве. Теплоотдача в жидких металлах. Теплоотдача при кипении жидкости. Теплоотдача при конденсации пара. Лучистый теплообмен между двумя параллельными пластинами. Лучистый теплообмен между поверхностями, находящимисяодна внутри другой. Влияние экранов на лучистый теплообмен.	6	ПК-1
	Итого	6	
Итого за семестр		34	

Согласована на портале № 20786

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

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

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин				
	1	2	3	4	5
Предшествующие дисциплины					
1 Интегральные устройства радиоэлектроники	+	+	+		
2 Материалы и компоненты электронных средств	+	+	+	+	
Последующие дисциплины					
1 Основы конструирования электронных средств					+

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

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

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

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ПК-1	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Экзамен, Отчет по лабораторной работе, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
6 семестр			
Мозговой штурм	8	8	16
Итого за семестр:	8	8	16
Итого	8	8	16

Согласована на портале № 20786

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Тепломассообмен. Виды тепломассообмена. Теплопроводность.	Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла.	4	ПК-1
	Итого	4	
2 Конвективный теплообмен в однофазной среде. Теплообмен при фазовых превращениях.	Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей.	4	ПК-1
	Итого	4	
3 Теплообмен излучением	Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой	4	ПК-1
	Итого	4	
4 Массоотдача. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах.	Тепломассоотдача в двухкомпонентных средах	2	ПК-1
	Итого	2	
5 Термодинамические расчеты тепловых режимов. Примеры практических задач	Термодинамические расчеты тепловых ре-жимов. Примеры практических задач	2	ПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		16	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Тепломассообмен. Виды тепломассообмена. Теплопроводность.	Теплопроводность через однослойную плоскую стенку. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку. Теплопроводность через однослойную цилиндрическую стенку. Теплопроводность через многослойную цилиндрическую стенку. Теплопроводность через однослойную шаровую стенку.	8	ПК-1
	Итого	8	
2 Конвективный теплообмен в	Дифференциальные уравнения конвек-	8	ПК-1

Согласована на портале № 20786

однофазной среде. Теплообмен при фазовых превращениях.	тивного теплообмена. Подобие и моделирование процессов конвективного теплообмена.		
	Итого	8	
3 Теплообмен излучением	Лучистый теплообмен между двумя парал-лельными пластинами. Лучистый теплообмен между поверхностями, находящимися одна внутри другой. Влияние экранов на лучистый теплообмен	6	ПК-1
	Итого	6	
4 Массоотдача. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах.	Лучистый теплообмен между двумя парал-лельными пластинами. Лучистый теплообмен между поверхностями, находящимися одна внутри другой. Влияние экранов на лучистый теплообмен	6	ПК-1
	Итого	6	
5 Термодинамические расчеты тепловых режимов. Примеры практических задач	Термодинамические расчеты тепловых режимов.	6	ПК-1
	Итого	6	
Итого за семестр		34	

9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Тепломассообмен. Виды тепломассообмена. Теплопроводность.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1	Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
2 Конвективный теплообмен в однофазной среде. Теплообмен при фазовых превращениях.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1	Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по	8		

Согласована на портале № 20786

	лабораторным работам			
	Итого	20		
3 Теплообмен излучением	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	20		
4 Массоотдача. Тепло- и массообмен в двухкомпонентных средах.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ПК-1	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	16		
5 Термодинамические расчеты тепловых режимов. Примеры практических задач	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	12	ПК-1	Контрольная работа, Отчет по лабораторной работе, Тест, Экзамен
	Проработка лекционного материала	4		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	20		
Итого за семестр		96		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		132		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Контрольная работа	10	5	10	25
Отчет по индивидуальному заданию	5	5	5	15
Отчет по лабораторной	5	5	5	15

Согласована на портале № 20786

работе				
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	25	20	25	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	25	45	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Круглов, Г.А. Теплотехника. [Электронный ресурс] / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 208 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/3900 — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/book/3900

2. Трофимова Т.И. Курс общей физики, Учебное пособие для вузов, 18-е изд, М – Академия, 2010 -557(3)с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Твердотельная электроника: Учебное пособие для вузов / В.А. Гуртов.- 2-е изд., доп. – М.: Те6хносфера, 2005. 406 с. . (наличие в библиотеке ТУСУР - 89 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Теплофизика: Методические указания по СРС (самостоятельной и индивидуальной работе) студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 20.03.01 «Техносферная без-

Согласована на портале № 20786

опасность» / Апкарьян А. С. - 2015. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5259, дата обращения: 27.05.2017.

2. Теплофизика: Методические указания по лабораторным работам для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 280700.62 «Техносферная безопасность» (36 часов) / Апкарьян А. С. - 2015. 45 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5507, дата обращения: 27.05.2017.

3. Теплофизика: Методические указания по практическим занятиям / Апкарьян А. С. - 2011. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1936, дата обращения: 27.05.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

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

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3900
2. http://edu.tusur.ru/publications/5259
3. http://edu.tusur.ru/publications/5507
4. http://edu.tusur.ru/publications/1936

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических занятий используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

1 Муфельная или камерная печь с минимальной температурой внутри рабочего ка-нала 600 ° С. 2 Термопара (хромель - алюмелевая) 3 Потенциометр (Тмах не менее 600° С). Приборы для измерения давления 4 Приборы для измерения температуры 5 Диаграммы P-S, T-S, I-S 6 Шкафы сушильные электрические с терморегулятором, обеспечивающие устойчи-вую температуру нагрева от 105 до 110°С, с отверстиями для естественной венти-ляции или установкой для обмена воздуха или азота. 7 Шкафы сушильные для подсушивания проб с электрическим или газовым обогре-вом, с регулированием температуры от 40 до (50±5)°С естественной или искусст-венной вентиляцией или с обменом нагретого азота. 8 Термометр ртутный до 120°С с ценой деления шкалы 1°. 9 Бюксы стеклянные или алюминиевые с крышками для определения влаги в лабо-раторной или аналитической пробе. Диаметры бюкс должны быть такими, чтобы на 1 см2 поверхности приходилось не более 0,15 г топлива для аналитической пробы массой около 1 г или 0,30 г для 10 г лабораторной

Согласована на портале № 20786

пробы крупностью менее 3 мм. 10 Противни из неокисляющегося металла для подсушивания проб. 11 Эксикаторы, наполненные свежепросушенным силикагелем или другими высушивающими веществами. 12 Весы с погрешностью взвешивания не более 0,2 мг. 13 Тигли, лодочки для сжигания из кварца, фарфора или платины, глубиной от 8 до 15 мм № 1, 2, 3 по ГОСТ 9147 и ГОСТ 19908 14 Термопреобразователь для измерения температуры до 1000 °С по ГОСТ 3044 с из-мерительным устройством. 15 Термопара для измерения температуры до 1000°С. 16 Щипцы тигельные.

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 2 этаж, ауд. 233. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1егоп D336 2.8ГГц. - 5 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

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

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	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

Согласована на портале № 20786

С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ 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.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов 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 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 обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 20786

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Теплообмен в радиоэлектронных средствах

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Технология электронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **РЭТЭМ, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга**
Курс: **3**
Семестр: **6**

Учебный план набора 2015 года

Разработчик:
- доцент каф. РЭТЭМ А. С. Апкарьян

Экзамен: 6 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20786

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ПК-1	способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования	Должен знать физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы молекулярной физики и термодинамики, атомной физики; основные законы термодинамики, виды теплоомассообмена, физико-технические процессы и параметры, характеризующие теплообмен в твёрдых, жидких и газообразных телах; способы моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования; Должен уметь использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач; разрабатывать технологии и радиоэлектронные средства различной сложности с учётом процессов тепломассообмена под руководством специалистов более высокой квалификации; моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования ; Должен владеть навыками физических исследований; навыками термодинамических расчетов теплового режима при проектировании радиоэлектронных устройств; способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования ;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знани-	Обладает диапазоном практических умений,	Контролирует работу, проводит оценку, совер-

Согласована на портале № 20786

	ями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	шенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы молекулярной физики и термодинамики, атомной физики; основные законы термодинамики, виды теплоомассообмена, физико-технические процессы и параметры, характеризующие теплообмен в твёрдых, жидких и газообразных телах; способы моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования	использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач; разрабатывать технологии и радиоэлектронные средства различной сложности с учётом процессов тепломассообмена под руководством специалистов более высокой квалификации; моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования	навыками физических исследований; навыками термодинамических расчетов теплового режима при проектировании радиоэлектронных устройств; способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные рабо-	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные рабо-	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;

Согласована на портале № 20786

	ты; • Лекции; • Самостоятельная работа;	ты; • Лекции; • Самостоятельная работа;	
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Тест; • Экзамен;	• Контрольная работа; • Отчет по индивидуальному заданию; • Отчет по лабораторной работе; • Тест; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по индивидуальному заданию; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы молекулярной физики и термодинамики, атомной физики; основные законы термодинамики, виды тепломассообмена, физико-технические процессы и параметры, характеризующие теплообмен в твёрдых, жидких и газообразных телах; способы моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач; разрабатывать технологии и радиоэлектронные средства различной сложности с учётом процессов тепломассообмена под руководством специалистов более высокой квалификации; моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• навыками физических исследований; навыками термодинамических расчетов теплового режима при проектировании радиоэлектронных устройств; способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;
Хорошо (базовый уровень)	• физические основы механики, молекулярной физики, природу колебаний и волн, основы молекулярной физики и термодинамики, атомной физики; основные законы термодинамики, виды тепломассообмена, способы моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного	• использовать теоретические знания при объяснении результатов экспериментов, применять знания в области физики для освоения общепрофессиональных дисциплин и решения профессиональных задач; моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирова-	• навыками термодинамических расчетов теплового режима при проектировании радиоэлектронных устройств; способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

Согласована на портале № 20786

	проектирования и исследования;	ния и исследования;	
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• способы моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;	• способностью моделировать объекты и процессы, используя стандартные пакеты автоматизированного проектирования и исследования;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Тестовые задания

– Сформулировать законы Фурье и Ньютона – Рихмана.

– Схематически изобразите распределение температуры в однородной плоской стенке для постоянного коэффициента теплопроводности и линейно зависящего от температуры коэффициента теплопроводности.

– Охарактеризуйте гидродинамические режимы течения жидкости в трубе и их влияние на теплоотдачу.

– Сформулируйте закон Стефана – Больцмана.

– Сформулируйте законы Планка, Релея – Джинса и Вина для равновесного излучения абсолютно черного тела.

– Сформулируйте закон Кирхгофа и следствия из него.

– Сформулируйте закон Ламберта

3.2 Темы индивидуальных заданий

– Что общего и в чем различие выражений для распределения температуры в плоской стенке при наличии тепловыделения для симметричных условий охлаждения и пластины с одной теплоизолированной поверхностью?

– Укажите диапазон чисел Рейнольдса, соответствующих ламинарному и турбулентному режимам течения жидкости в трубе.

– Как меняется профиль скорости гидродинамически стабилизирован-

– ного течения жидкости в случае различных температур жидкости и стенки?

– Укажите основные этапы при выводе выражения для результирующего потока излучения в системе двух плоскопараллельных тел методом многократных отражений.

3.3 Экзаменационные вопросы

– 1 Каким методом: феноменологическим или статистическим – описываются процессы теплопроводности?

– 2 В чем отличие между феноменологическим и статистическим методами описания тепловых процессов?

– 3 Что называют температурным полем, градиентом температуры?

– 4 Дайте определение изотермической поверхности и изотермы.

– 5 Дайте определение и назовите единицы измерения следующих физических величин: тепловой поток, плотность теплового потока, коэффициент теплопроводности.

– 6 Сформулируйте законы Фурье и Ньютона – Рихмана.

– 7 Перечислите диапазон значений коэффициента теплопроводности металлов, неметаллов, жидкостей и газов.

– 8 Перечислите допущения, необходимые для вывода дифференциального уравнения теплопроводности.

Согласована на портале № 20786

– 9 Какой закон положен в основу вывода дифференциального уравнения теплопроводности?

– 10 Дайте определение и запишите единицы измерения объемной мощности внутренних источников тепла, коэффициентов температуропроводности и теплоотдачи.

– 11 Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности.

– 12 Поясните, почему необходимо дополнять дифференциальные уравнения краевыми условиями.

– 13 Перечислите состав краевых условий (условий однозначности).

– 14 Что определяют геометрические и физические условия?

– 15 Что задают и в каком случае отсутствуют начальные условия?

– 16 Перечислите виды граничных условий. Что они выражают с точки

– зрения математической физики и при решении задач теплопроводности?

– 17 Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности без внутренних источников тепла для цилиндрической стенки и его решение.

– 18 Запишите расчетные формулы и единицы измерения следующих физических величин: линейная плотность теплового потока, линейные термические сопротивления теплоотдачи, теплопередачи и теплопроводности многослойной цилиндрической стенки, линейный коэффициент теплопередачи.

– 19 Запишите выражение и схематически изобразите распределение температуры в однородной и многослойной цилиндрических стенках при заданных температурах поверхностей.

– 20 Запишите выражение для линейной плотности теплового потока в случае многослойной цилиндрической стенки, состоящей из n однородных слоев, при заданных температурах ее поверхностей, а также в процессе теплопередачи.

– 21 Дайте определение и запишите выражение для эквивалентного коэффициента теплопроводности многослойной цилиндрической стенки.

– 22 Запишите выражение для определения температуры в плоскости соприкосновения произвольных слоев многослойной цилиндрической стенки.

– 23 Дайте определение и запишите расчетную формулу для вычисления критического диаметра изоляции.

– 24 Поясните, в каком случае тепловой поток через цилиндрическую стенку будет возрастать при наложении изоляции.

– 25 В каких случаях увеличение теплового потока при наложении изоляции играет положительную роль?

– 26 Сформулируйте закон Ньютона – Рихмана.

– 27 Запишите определение коэффициента теплоотдачи.

– 28 Перечислите виды конвекции и дайте их определение.

– 29 Каким процессом является теплоотдача – простым или сложным – и почему?

– 30 Перечислите теплофизические свойства жидкостей. Назовите поря-

– док величины коэффициентов вязкости для воды и воздуха при комнатной

– температуре.

– 31 Является ли коэффициент теплоотдачи теплофизическим свойством

– и почему?

– 32 Запишите определение и единицы измерения динамической и кинематической вязкости.

– 33 Перечислите режимы течения жидкостей. Какое критериальное число их определяет?

– 34 Как и почему зависит теплоотдача от режимов течения жидкости?

– 35 Дайте определение гидродинамического и температурного пограничных слоев.

– 36 Дайте определение теплового излучения, поясните его механизм. Что называют лучистым теплообменом?

– 37 Какие виды излучения вы знаете? Какие длины волн им соответствуют?

– 38 Какое излучение называется селективным или выборочным? В каком случае излучение имеет сплошной спектр?

Согласована на портале № 20786

– 39 Что называют объемным и поверхностным излучением? Излучение
– каких групп веществ носит объемный или поверхностный характер?
– 40 Излучение каких групп веществ имеет сплошной или селективный
– спектр и почему?
– 41 Какое излучение называют равновесным или неравновесным?
– 42 Какие тела называют абсолютно черными? Серыми?
– 43 В каком случае поверхность называется зеркальной? Абсолютно белой?
– 44 Какие среды называют диатермичными? Дайте определение коэффициентов поглощения, отражения и проницаемости. Запишите соотношение между ними.
– 45 Сформулируйте законы Планка, Релея – Джинса и Вина для равновесного излучения абсолютно черного тела.
– 46 Сформулируйте закон Стефана – Больцмана.
– 47 Сформулируйте закон Кирхгофа и следствия из него.
– 48 Сформулируйте закон Ламберта.

3.4 Темы контрольных работ

– Сформулировать законы Фурье и Ньютона – Рихмана.
– Схематически изобразите распределение температуры в однородной плоской стенке для постоянного коэффициента теплопроводности и линейно зависящего от температуры коэффициента теплопроводности.
– Охарактеризуйте гидродинамические режимы течения жидкости в трубе и их влияние на теплоотдачу.
– Сформулируйте законы Планка, Релея – Джинса и Вина для равновесного излучения абсолютно черного тела.
– Сформулируйте закон Стефана – Больцмана.
– Сформулируйте закон Кирхгофа и следствия из него.
– Сформулируйте закон Ламберта.

3.5 Темы лабораторных работ

– Теплопроводность плоской стенки при наличии внутренних источников тепла.
– Свободная конвекция около горизонтальных поверхностей.
– Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной (диатермичной) средой
– Тепломассоотдача в двухкомпонентных средах
– Термодинамические расчеты тепловых ре-жимов. Примеры практических задач

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Круглов, Г.А. Теплотехника. [Электронный ресурс] / Г.А. Круглов, Р.И. Булгакова, Е.С. Круглова. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 208 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/3900 — Загл. с экрана. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/book/3900
2. Трофимова Т.И. Курс общей физики, Учебное пособие для вузов, 18-е изд, М – Академия, 2010 -557(3)с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Твердотельная электроника: Учебное пособие для вузов / В.А. Гуртов.- 2-е изд., доп. – М.: Те6хносфера, 2005. 406 с. . (наличие в библиотеке ТУСУР - 89 экз.)

Согласована на портале № 20786

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Теплофизика: Методические указания по СРС (самостоятельной и индивидуальной работе) студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 20.03.01 «Техносферная безопасность» / Апкарьян А. С. - 2015. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5259, свободный.
2. Теплофизика: Методические указания по лабораторным работам для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавра 280700.62 «Техносферная безопасность» (36 часов) / Апкарьян А. С. - 2015. 45 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5507, свободный.
3. Теплофизика: Методические указания по практическим занятиям / Апкарьян А. С. - 2011. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1936, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3900
2. http://edu.tusur.ru/publications/5259
3. http://edu.tusur.ru/publications/5507
4. http://edu.tusur.ru/publications/1936

Согласована на портале № 20786