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

Тепломассообмен в радиоэлектронных средствах 1

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Проектирование и технология радиоэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КИПР, Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	36	36	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	88	88	часов
5	Из них в интерактивной форме	16	16	часов
6	Самостоятельная работа	128	128	часов
7	Всего (без экзамена)	216	216	часов
8	Общая трудоемкость	216	216	часов
		6.0	6.0	З.Е

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 13391

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 1/2017 от «19» 1 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 2015-11-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

Доцент Каф. КИПР _____ Чернышев А. А.

Заведующий обеспечивающей каф.
КИПР _____ Карабан В. М.

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

Декан РКФ _____ Озеркин Д. В.

Заведующий выпускающей каф.
КИПР _____ Карабан В. М.

Эксперты:

Профессор Каф. КИПР _____ Шостак А. С.

Согласована на портале № 13391

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

подготовка будущего конструктора к комплексному проектированию радиоэлектронных средств (РЭС) в целом с использованием системного подхода, который обеспечивает решение задач тепломассообмена в совокупности с другими задачами.

1.2. Задачи дисциплины

– освоение будущим конструктором компетенций, связанных с приближенным анализом и принятием инженерных решений, обеспечивающих нормальный тепловой режим, защиту от влаги и надежное функционирование РЭС в заданных условиях эксплуатации

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Тепломассообмен в радиоэлектронных средствах 1» (Б1.В.ДВ.2.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Инженерная и компьютерная графика, Информатика, Теоретические основы конструирования и надёжности радиоэлектронных средств.

Последующими дисциплинами являются: Автоматизированное проектирование РЭС, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты, Интегральные устройства радиоэлектроники, Основы конструирования электронных средств, Тепломассообмен в радиоэлектронных средствах 2.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** основные вопросы теории тепломассообмена, методы охлаждения и влагозащиты, конструкции элементов и устройств тепло- и влагозащиты РЭС, принципы функционирования сложных систем теплообмена, влияние устройств теплообмена на конструкцию РЭС

– **уметь** строить простейшие тепловые и влажностные модели конструкций РЭС, компетентно формулировать и совместно со специалистами по теплофизике решать задачи конструирования систем теплообмена

– **владеть** стандартными методиками расчёта тепловых режимов и влагозащиты РЭС в ходе проектирования

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
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	88	88
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36
Лабораторные работы	16	16
Из них в интерактивной форме	16	16
Самостоятельная работа (всего)	128	128
Оформление отчетов по лабораторным работам	32	32

Согласована на портале № 13391

Проработка лекционного материала	30	30
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	66	66
Всего (без экзамена)	216	216
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
5 семестр						
1 Тепломассообмен в конструкциях РЭС. Тепловые режимы (ТР)	4	4	0	11	19	ОПК-2
2 Системы обеспечения ТР. Конструкции систем охлаждения РЭС	4	4	4	19	31	ОПК-2
3 Ступени формализации при решении задач тепломассообмена. Тепловые модели РЭС	4	2	0	7	13	ОПК-2
4 Способы переноса тепла в РЭС. Тепловые сопротивления и тепловые проводимости	4	2	0	11	17	ОПК-2
5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая аналогия	4	4	4	19	31	ОПК-2
6 Расчеты тепловых проводимостей. Элементы теории подобия	4	6	0	9	19	ОПК-2
7 Переход от реальной конструкции РЭС к квазиоднородному анизотропному телу	4	0	0	4	8	ОПК-2
8 Методы инженерного расчета ТР РЭС. Выбор способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования	4	6	4	19	33	ОПК-2
9 Влагоперенос и влагозащита в элементах ЭС	2	4	4	18	28	ОПК-2
10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	2	4	0	11	17	ОПК-2
Итого за семестр	36	36	16	128	216	
Итого	36	36	16	128	216	

Согласована на портале № 13391

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
5 семестр			
1 Тепломассообмен в конструкциях РЭС. Тепловые режимы (ТР)	Понятие ТР РЭС. Факторы, определяющие тепловой режим. Нормальный ТР. Стационарный и нестационарный ТР. Связь ТР РЭС с конструктивным выполнением и условиями эксплуатации. Зависимость температуры и влажности окружающей среды от климатического пояса и объекта установки. Изменение температуры и влажности с высотой; зависимость относительной влажности от температуры.	4	ОПК-2
	Итого	4	
2 Системы обеспечения ТР. Конструкции систем охлаждения РЭС	Обеспечение нормального ТР в различных условиях эксплуатации. Системы подогрева и охлаждения РЭС. Особенности обеспечения нормального ТР космической аппаратуры. Конструктивные схемы систем охлаждения: естественное и принудительное воздушное, естественное и принудительное жидкостное, испарительные системы, кондуктивные теплостоки, радиационные теплообменники.	4	ОПК-2
	Итого	4	
3 Ступени формализации при решении задач тепломассообмена. Тепловые модели РЭС	Тепловые модели РЭС. Система тел с неупорядоченным расположением. Модель 1 группы - разделение поверхностей/зон на условно изотермические участки. Система с упорядоченным расположением. Модель 2 группы - представление нагретой зоны в виде квазиоднородного анизотропного тела. Система в виде пластин или прямоугольных параллелепипедов, сложенных в виде пирамиды - модель платы с элементами (3 группы).	4	ОПК-2
	Итого	4	
4 Способы переноса тепла в РЭС.	Физические процессы тепло- и	4	ОПК-2

Согласована на портале № 13391

Тепловые сопротивления и тепловые проводимости	массопереноса. Кондукция (теплопроводность), конвекция, излучение (лучеиспускание). Коэффициенты теплопроводности, облученности, теплоотдачи и теплопередачи. Тепловые сопротивления, тепловые проводимости, теплоемкости. Электротепловая аналогия.		
	Итого	4	
5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая аналогия	Уравнения теплового баланса для стационарного и нестационарного ТР. Аналогия с уравнениями Кирхгофа. Тепловые схемы.	4	ОПК-2
	Итого	4	
6 Расчеты тепловых проводимостей. Элементы теории подобия	Коэффициенты теплоотдачи и тепловые проводимости для различных условий теплообмена. Условия естественной и вынужденной конвекции. Применение критериев подобия - Грасгофа, Нуссельта, Прандтля, Ренольдса. Конвективно-конвективный теплообмен в прослойках. Теплообмен излучением.	4	ОПК-2
	Итого	4	
7 Переход от реальной конструкции РЭС к квазиоднородному анизотропному телу	Конструкции РЭС с упорядоченным расположением составных частей (книжная и кассетная компоновки). Выделение элементарной ячейки. Принцип расчета эффективных коэффициентов теплопроводности по координатным осям. Граничные условия.	4	ОПК-2
	Итого	4	
8 Методы инженерного расчета ТР РЭС. Выбор способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования	"Точные" и приближенные методы расчета ТР РЭС. Метод последовательных приближений (итерационный) при решении системы уравнений теплового баланса, погрешность сходимости, структурная схема алгоритма расчета. Приближенные методы: средних значений и тепловых характеристик. Коэффициентные методы. Методика выбора способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования	4	ОПК-2
	Итого	4	
9 Влагоперенос и влагозащита в элементах ЭС	Влагозащита элементов РЭС полимерными материалами. Закон Фика. диффузия и влагоемкость.	2	ОПК-2

Согласована на портале № 13391

	Модель процесса влагопереноса. Оценка времени эффективной влагозащиты элемента РЭС.		
	Итого	2	
10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	Ограниченность приближенных методов расчета ТР. Принципы применения сеточных моделей и метода конечных элементов. Граничные условия. Моделирование нестационарного ТР.	2	ОПК-2
	Итого	2	
Итого за семестр		36	

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

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

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины										
1 Инженерная и компьютерная графика		+								
2 Информатика										+
3 Теоретические основы конструирования и надёжности радиоэлектронных средств			+		+		+		+	
Последующие дисциплины										
1 Автоматизированное проектирование РЭС										+
2 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	+								+	
3 Интегральные устройства радиоэлектроники			+						+	
4 Основы конструирования электронных средств								+	+	
5 Тепломассообмен в радиоэлектронных средствах 2										+

Согласована на портале № 13391

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	
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, 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
5 семестр			
Выступление студента в роли обучающего	8		8
Презентации с использованием слайдов с обсуждением		8	8
Итого за семестр:	8	8	16
Итого	8	8	16

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
5 семестр			
2 Системы обеспечения ТР. Конструкции систем охлаждения РЭС	Проектирование и расчет радиатора мощного полупроводникового прибора	4	ОПК-2
	Итого	4	

Согласована на портале № 13391

5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая аналогия	Расчет температуры корпуса РЭС методом последовательных приближений	4	ОПК-2
	Итого	4	
8 Методы инженерного расчета ТР РЭС. Выбор способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования	Расчет ТР радиоаппарата в перфорированном корпусе коэффициентным методом	4	ОПК-2
	Итого	4	
9 Влагоперенос и влагозащита в элементах ЭС	Проектирование и оценка времени эффективной влагозащиты элемента РЭС полимерными материалами	4	ОПК-2
	Итого	4	
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
5 семестр			
1 Тепломассообмен в конструкциях РЭС. Тепловые режимы (ТР)	Семинар: Условия эксплуатации РЭС различного назначения. Воздействие повышенной и пониженной температуры. Внутренний перегрев. Особенности условий эксплуатации космической аппаратуры	4	ОПК-2
	Итого	4	
2 Системы обеспечения ТР. Конструкции систем охлаждения РЭС	Семинар: Конструктивные схемы систем обеспечения теплового режима РЭС различного назначения и объекта установки. Особенности обеспечения ТР космической аппаратуры	4	ОПК-2
	Итого	4	
3 Ступени формализации при решении задач тепломассообмена. Тепловые модели РЭС	Выбор тепловой модели для представления различных конструкций РЭС	2	ОПК-2
	Итого	2	
4 Способы переноса тепла в РЭС. Тепловые сопротивления и тепловые проводимости	Физические законы тепло- и массопереноса: законы Фурье, Ньютона, Стефана-Больцмана. Математическое описание	2	ОПК-2
	Итого	2	
5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая аналогия	Составление системы уравнений теплового баланса для РЭС в виде	4	ОПК-2

Согласована на портале № 13391

	системы тел с неупорядоченным расположением (ТМ 1 группы). Составление тепловых схем		
	Итого	4	
6 Расчеты тепловых проводимостей. Элементы теории подобия	Определение коэффициентов теплоотдачи/теплопередачи, тепловых сопротивлений и тепловых проводимостей для различных способов тепло- и массопереноса.	6	ОПК-2
	Итого	6	
8 Методы инженерного расчета ТР РЭС. Выбор способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования	Расчет теплового режима блоков РЭС различной конструкции и условий эксплуатации коэффициентным методом	6	ОПК-2
	Итого	6	
9 Влагоперенос и влагозащита в элементах ЭС	Семинар: Полимерные материалы для герметизации элементов РЭС. Выбор материала для обеспечения заданного времени эффективной влагозащиты	4	ОПК-2
	Итого	4	
10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	Семинар: Построение моделей для компьютерного моделирования сложных конструкций и режимов работы РЭС	4	ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

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
5 семестр				
1 Тепломассообмен в конструкциях РЭС. Тепловые режимы (ТР)	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	11		
2 Системы обеспечения ТР. Конструкции систем охлаждения РЭС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Компонент своевременности, Конспект
	Проработка лекционного	3		

Согласована на портале № 13391

	материала			самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	19		
3 Ступени формализации при решении задач тепломассообмена. Тепловые модели РЭС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	7		
4 Способы переноса тепла в РЭС. Тепловые сопротивления и тепловые проводимости	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	11		
5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая аналогия	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	19		
6 Расчеты тепловых проводимостей. Элементы теории подобия	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ОПК-2	Конспект самоподготовки, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	9		
7 Переход от реальной конструкции РЭС к квазиоднородному анизотропному телу	Проработка лекционного материала	4	ОПК-2	Компонент своевременности, Опрос на занятиях, Тест
	Итого	4		
8 Методы инженерного расчета ТР РЭС. Выбор способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Компонент своевременности, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	3		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	19		
9 Влагоперенос и влагозащита в элементах ЭС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Компонент своевременности,

Согласована на портале № 13391

	Проработка лекционного материала	2		Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	18		
10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях
	Проработка лекционного материала	3		
	Итого	11		
Итого за семестр		128		
Итого		128		

9.1. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

1. Изучение способов отвода тепла и условий эксплуатации РЭС

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
5 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	5	5	5	15
Компонент своевременности	5	5	5	15
Конспект самоподготовки	5	5	5	15
Контрольная работа		5		5
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе		10	10	20
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	25	40	35	100
Нарастающим итогом	25	65	100	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

Согласована на портале № 13391

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. Математическое моделирование процессов термоустойчивости в конструкциях РЭС: Учебное пособие по групповому проектному обучению для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» / Алексеев В. П., Карабан В. М. - 2012. 152 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2535, дата обращения: 08.02.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре : Учебник для вузов / Г. Н. Дульнев. - М. : Высшая школа, 1984. - 246[2] с. : ил. - (Высшее образование). Экземпляры всего: 31; аунл (25), счз1 (2), счз5 (4) (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Тепломассообмен: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / Козлов В. Г. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1717, дата обращения: 08.02.2017.
2. Основы проектирования электронных средств: Методические указания к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе / Чернышев А. А. - 2012. 71 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2814, дата обращения: 08.02.2017.
3. Материалы для расчетов тепловых режимов РЭС в групповом проектном обучении: Учебно-методическое пособие / Чернышев А. А. - 2010. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2808, дата обращения: 08.02.2017.

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.

Согласована на портале № 13391

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. Yandex, Google, edu.tusur.ru

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 20, оборудованная доской, компьютерной плазменной панелью 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 (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634050, Томская область, г. Томск, пр. Ленина,40, 4 этаж, ауд. 403 гл.к. Состав оборудования: Учебная ; Доска магнитно-маркерная - 1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1 шт. Автоматизированное рабочее место - компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8 ГГц. -12 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Microsoft Office 2010. Серверная станция (1 шт.). Ноутбук ASUS A6JC (1 шт.). Принтер ч/б Xerox Phaser 3125 (1 шт.). Принтер цветной HP Color LJ 3600 (1 шт.). Мультимедийный проектор Toshiba TDP-T350 (1 шт.). Сканер Mustek P3600 (1 шт.).

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий в форме проектно-исследовательских работ используется учебная лаборатория, расположенная по адресу 634050, Томская область, г. Томск, пр. Ленина,40, 4 этаж, ауд. 403 гл.к. Состав оборудования: Учебная ; Доска магнитно-маркерная - 1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1 шт. Автоматизированное рабочее место - компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8 ГГц. -12 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Microsoft Office 2010. Серверная станция (1 шт.). Ноутбук ASUS A6JC (1 шт.). Принтер ч/б Xerox Phaser 3125 (1 шт.). Принтер цветной HP Color LJ 3600 (1 шт.). Мультимедийный проектор Toshiba TDP-T350 (1 шт.). Сканер Mustek P3600 (1 шт.).

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, 3 этаж, ауд. 302. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1егоп D336 2.8ГГц. - 10 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,

Согласована на портале № 13391

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.

Преобразование суммы баллов в традиционную оценку происходит один раз в конце семестра только после подведения итогов изучения дисциплины.

На протяжении всего семестра текущая успеваемость оценивается в баллах нарастающим итогом.

Независимо от набранной в семестре текущей суммы баллов обязательным условием является выполнение студентом всех предусмотренных рабочей программой элементов контроля.

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
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.

Согласована на портале № 13391

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 № 13391

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

Тепломассообмен в радиоэлектронных средствах 1

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Проектирование и технология радиоэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КИПР, Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры**
Курс: **3**
Семестр: **5**

Учебный план набора 2015 года

Разработчики:

- Доцент Каф. КИПР Чернышев А. А.

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 13391

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
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Должен знать основные вопросы теории тепломассообмена, методы охлаждения и влагозащиты, конструкции элементов и устройств тепло- и влагозащиты РЭС, принципы функционирования сложных систем теплообмена, влияние устройств теплообмена на конструкцию РЭС ; Должен уметь строить простейшие тепловые и влажностные модели конструкций РЭС, компетентно формулировать и совместно со специалистами по теплофизике решать задачи конструирования систем теплообмена; Должен владеть стандартными методиками расчёта тепловых режимов и влагозащиты РЭС в ходе проектирования;

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 знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует 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

Согласована на портале № 13391

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

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	основные вопросы теории тепломассообмена, методы охлаждения и влагозащиты, конструкции элементов и устройств тепло- и влагозащиты РЭС, принципы функционирования сложных систем теплообмена, влияние устройств теплообмена на конструкцию РЭС	строить простейшие тепловые и влажностные модели конструкций РЭС, компетентно формулировать и совместно со специалистами по теплофизике решать задачи конструирования систем теплообмена	стандартными методиками расчёта тепловых режимов и влагозащиты РЭС в ходе проектирования
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Выступление (доклад) на занятии; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Дифференцированный зачет;	• Контрольная работа; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Выступление (доклад) на занятии; • Конспект самоподготовки; • Тест; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Выступление (доклад) на занятии; • Дифференцированный зачет;

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть

Согласована на портале № 13391

Отлично (высокий уровень)	• Обладает фактическим и теоретическим знанием в области обеспечения ТР РЭС с пониманием границ применимости ;	• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений в области обеспечения ТР РЭС, абстрагирования проблем ;	• Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует приемы выполнения работы ;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области ;	• Обладает диапазоном практических умений, требуемых для исследования и решения определенных проблем в области обеспечения ТР РЭС ;	• Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Обладает только базовыми общими знаниями в области обеспечения ТР РЭС;	• Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач;	• Получает приемлемые результаты только под наблюдением и при консультативной помощи преподавателя;

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 Вопросы на самоподготовку

– Факторы, определяющие тепловой режим.Зависимость температуры и влажности окружающей среды от климатического пояса и объекта установки. Изменение температуры и влажности с высотой; зависимость относительной влажности от температуры. Обеспечение нормального ТР в различных условиях эксплуатации. Системы подогрева и охлаждения РЭС. Особенности обеспечения нормального ТР космической аппаратуры. Конструктивные схемы систем охлаждения: естественное и принудительное воздушное, естественное и принудительное жидкостное, испарительные системы, кондуктивные теплостоки, радиационные теплообменники. Тепловые модели РЭС. Физические процессы тепло- и массопереноса. Кондукция (теплопроводность), конвекция, излучение (лучеиспускание). Коэффициенты теплопроводности, облученности, теплоотдачи и теплопередачи. Электротепловая аналогия. Уравнения теплового баланса для стационарного и нестационарного ТР. Тепловые схемы. Коэффициенты теплоотдачи и тепловые проводимости для различных условий теплообмена. Условия естественной и вынужденной конвекции. Применение критериев подобия - Грасгофа, Нуссельта, Прандтля, Ренольдса. Конвективно-конвективный теплообмен в прослойках. Теплообмен излучением. Конструкции РЭС с упорядоченным расположением составных частей (книжная и кассетная компоновки). Выделение элементарной ячейки. Принцип расчета эффективных коэффициентов теплопроводности по координатным осям. Граничные условия. "Точные" и приближенные методы расчета ТР РЭС. Метод последовательных приближений (итерационный) при решении системы уравнений теплового баланса, погрешность сходимости, структурная схема алгоритма расчета. Приближенные методы: средних значений и тепловых характеристик. Коэффициентные методы. Методика выбора способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования Влагозащита элементов РЭС полимерными материалами. Модель процесса влагопереноса. Принципы применения сеточных моделей и метода конечных элементов.

Согласована на портале № 13391

3.2 Тестовые задания

– Типовой тест: 1) При использовании принудительной вентиляции РЭС приточный вентилятор обычно размещается ... – в нижней части шкафа – в верхней части шкафа – в средней части шкафа – произвольным образом; 2) Для расчета ТР блока, состоящего из разнородных крупногабаритных ФУ, целесообразно использовать тепловую модель… – 1 группы – 2 группы – 3 группы – 1 или 2 группы – 2 или 3 группы; 3) При составлении уравнения теплового баланса для некоторой зоны приравниваются мощность источников тепла внутри зоны и мощность, ... – отдаваемая другим зонам – отдаваемая воздуху и корпусу – расходуемая зоной – расходуемая на увеличение температуры зоны – отдаваемая зоной; 4) Теплообмен конвекцией возможен между... – твердым и газообразным телами – твердым телом и жидкостью или газом – твердыми телами через жидкость или газ – двумя твердыми телами – двумя любыми телами; 5) Если используют итерационный метод расчета ТР, на каждом шаге расчета решается система ... – линейных однородных дифференциальных уравнений – линейных неоднородных дифференциальных уравнений – нелинейных неоднородных дифференциальных уравнений – линейных алгебраических уравнений – нелинейных алгебраических уравнений

3.3 Темы опросов на занятиях

– Понятие ТР РЭС. Факторы, определяющие тепловой режим. Нормальный ТР. Стационарный и нестационарный ТР. Связь ТР РЭС с конструктивным выполнением и условиями эксплуатации. Зависимость температуры и влажности окружающей среды от климатического пояса и объекта установки. Изменение температуры и влажности с высотой; зависимость относительной влажности от температуры. Обеспечение нормального ТР в различных условиях эксплуатации. Системы подогрева и охлаждения РЭС. Особенности обеспечения нормального ТР космической аппаратуры. Конструктивные схемы систем охлаждения: естественное и принудительное воздушное, естественное и принудительное жидкостное, испарительные системы, кондуктивные теплостоки, радиационные теплообменники. Тепловые модели РЭС. Система тел с неупорядоченным расположением. Модель 1 группы - разделение поверхностей/зон на условно изотермические участки. Система с упорядоченным расположением. Модель 2 группы - представление нагретой зоны в виде квазиоднородного анизотропного тела. Система в виде пластин или прямоугольных параллелепипедов, сложенных в виде пирамиды - модель платы с элементами (3 группы). Физические процессы тепло- и массопереноса. Кондукция (теплопроводность), конвекция, излучение (лучеиспускание). Коэффициенты теплопроводности, облученности, теплоотдачи и теплопередачи. Тепловые сопротивления, тепловые проводимости, теплоемкости. Электротепловая аналогия. Уравнения теплового баланса для стационарного и нестационарного ТР. Аналогия с уравнениями Кирхгофа. Тепловые схемы. Коэффициенты теплоотдачи и тепловые проводимости для различных условий теплообмена. Условия естественной и вынужденной конвекции. Применение критериев подобия - Грасгофа, Нуссельта, Прандтля, Ренольдса. Конвективно-конвективный теплообмен в прослойках. Теплообмен излучением. Конструкции РЭС с упорядоченным расположением составных частей (книжная и кассетная компоновки). Выделение элементарной ячейки. Принцип расчета эффективных коэффициентов теплопроводности по координатным осям. Граничные условия. "Точные" и приближенные методы расчета ТР РЭС. Метод последовательных приближений (итерационный) при решении системы уравнений теплового баланса, погрешность сходимости, структурная схема алгоритма расчета. Приближенные методы: средних значений и тепловых характеристик. Коэффициентные методы. Методика выбора способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования Влагозащита элементов РЭС полимерными материалами. Закон Фика. диффузия и влагоемкость. Модель процесса влагопереноса. Оценка времени эффективной влагозащиты элемента РЭС. Ограниченность приближенных методов расчета ТР. Принципы применения сеточных моделей и метода конечных элементов. Граничные условия. Моделирование нестационарного ТР.

3.4 Темы докладов

– Условия эксплуатации наземных РЭС в различных макроклиматических районах. Условия эксплуатации бортовых РЭС. Условия эксплуатации бортовой космической аппаратуры в гермоотсеке и в открытом исполнении. Конструктивные схемы обеспечения ТР наземных РЭС.

Согласована на портале № 13391

Конструктивные схемы обеспечения ТР бортовых РЭС. Конструктивные схемы обеспечения ТР бортовой космической аппаратуры. Применение теории подобия в решении задач тепломассообмена в РЭС. Модель влагопереноса в расчетах времени эффективной влагозащиты элементов РЭС. Метод конечных элементов для моделирования ТР РЭС.

3.5 Темы контрольных работ

– Тема: Расчет коэффициентов теплоотдачи и тепловых проводимостей. В каждом варианте задания на контрольную работу приводятся 3 задачи: 1) расчет тепловой проводимости за счет кондукции; 2) расчет коэффициента теплоотдачи в условиях вынужденной конвекции; 3) расчет теплового сопротивления для поверхности на борту космического аппарата.

3.6 Темы лабораторных работ

– Расчет температуры корпуса РЭС методом последовательных приближений
– Расчет ТР радиоаппарата в перфорированном корпусе коэффициентным методом
– Проектирование и расчет радиатора мощного полупроводникового прибора
– Проектирование и оценка времени эффективной влагозащиты элемента РЭС полимерными материалами

3.7 Вопросы дифференцированного зачета

– Понятие ТР РЭС. Факторы, определяющие тепловой режим. Нормальный ТР. Стационарный и нестационарный ТР. Связь ТР РЭС с конструктивным выполнением и условиями эксплуатации. Зависимость температуры и влажности окружающей среды от климатического пояса и объекта установки. Изменение температуры и влажности с высотой; зависимость относительной влажности от температуры. Обеспечение нормального ТР в различных условиях эксплуатации. Системы подогрева и охлаждения РЭС. Особенности обеспечения нормального ТР космической аппаратуры. Конструктивные схемы систем охлаждения: естественное и принудительное воздушное, естественное и принудительное жидкостное, испарительные системы, кондуктивные теплостоки, радиационные теплообменники. Тепловые модели РЭС. Система тел с неупорядоченным расположением. Модель 1 группы - разделение поверхностей/зон на условно изотермические участки. Система с упорядоченным расположением. Модель 2 группы - представление нагретой зоны в виде квазиоднородного анизотропного тела. Система в виде пластин или прямоугольных параллелепипедов, сложенных в виде пирамиды - модель платы с элементами (3 группы). Физические процессы тепло- и массопереноса. Кондукция (теплопроводность), конвекция, излучение (лучеиспускание). Коэффициенты теплопроводности, облученности, теплоотдачи и теплопередачи. Тепловые сопротивления, тепловые проводимости, теплоемкости. Электротепловая аналогия. Уравнения теплового баланса для стационарного и нестационарного ТР. Аналогия с уравнениями Кирхгофа. Тепловые схемы. Коэффициенты теплоотдачи и тепловые проводимости для различных условий теплообмена. Условия естественной и вынужденной конвекции. Применение критериев подобия - Грасгофа, Нуссельта, Прандтля, Ренольдса. Конвективно-конвективный теплообмен в прослойках. Теплообмен излучением. Конструкции РЭС с упорядоченным расположением составных частей (книжная и кассетная компоновки). Выделение элементарной ячейки. Принцип расчета эффективных коэффициентов теплопроводности по координатным осям. Граничные условия. "Точные" и приближенные методы расчета ТР РЭС. Метод последовательных приближений (итерационный) при решении системы уравнений теплового баланса, погрешность сходимости, структурная схема алгоритма расчета. Приближенные методы: средних значений и тепловых характеристик. Коэффициентные методы. Методика выбора способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования Влагозащита элементов РЭС полимерными материалами. Закон Фика. диффузия и влагоемкость. Модель процесса влагопереноса. Оценка времени эффективной влагозащиты элемента РЭС. Ограниченность приближенных методов расчета ТР. Принципы применения сеточных моделей и метода конечных элементов. Граничные условия. Моделирование нестационарного ТР.

4 Методические материалы

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

Согласована на портале № 13391

– 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. Математическое моделирование процессов термоустойчивости в конструкциях РЭС: Учебное пособие по групповому проектному обучению для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» / Алексеев В. П., Карабан В. М. - 2012. 152 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2535, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре : Учебник для вузов / Г. Н. Дульнев. - М. : Высшая школа, 1984. - 246[2] с. : ил. - (Высшее образование). Экземпляры всего: 31; аунл (25), счз1 (2), счз5 (4) (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Тепломассообмен: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / Козлов В. Г. - 2012. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1717, свободный.
2. Основы проектирования электронных средств: Методические указания к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе / Чернышев А. А. - 2012. 71 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2814, свободный.
3. Материалы для расчетов тепловых режимов РЭС в групповом проектном обучении: Учебно-методическое пособие / Чернышев А. А. - 2010. 31 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2808, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Yandex, Google, edu.tusur.ru

Согласована на портале № 13391