МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тепломассообмен в радиоэлектронных средствах 1

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **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	46	46	часов
2	Практические занятия	46	46	часов
3	Лабораторные работы	16	16	часов
4	Всего аудиторных занятий	108	108	часов
5	Самостоятельная работа	108	108	часов
6	Всего (без экзамена)	216	216	часов
7	Общая трудоемкость	216	216	часов
		6.0	6.0	З.Е.

Дифференцированный зачет: 5 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 37679

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 16 от «29» 3 2018 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины 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 12.11.2015 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КИПР «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

Доцент Каф. КИПР _____ А. А. Чернышев

Заведующий обеспечивающей каф. КИПР _____ В. М. Карабан

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РКФ _____ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф. КИПР _____ В. М. Карабан

Эксперты:

Доцент кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР) _____ Н. Н. Кривин

Профессор кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР) _____ А. С. Шостак

Согласована на портале № 37679

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: Инженерная и компьютерная графика.

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.

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;

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

В результате изучения дисциплины обучающийся 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)	108	108
Лекции	46	46
Практические занятия	46	46
Лабораторные работы	16	16
Самостоятельная работа (всего)	108	108
Оформление отчетов по лабораторным работам	32	32
Проработка лекционного материала	13	13

Согласована на портале № 37679

Подготовка к практическим занятиям, семинарам	63	63
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	Лек., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Тепломассообмен в конструкциях РЭС. Тепловые режимы (ТР)	4	4	0	9	17	ОПК-2
2 Системы обеспечения ТР. Конструкции систем охлаждения РЭС	6	4	4	17	31	ОПК-2
3 Ступени формализации при решении задач тепломассообмена. Тепловые модели РЭС	6	6	0	5	17	ОПК-2, ПК-1
4 Способы переноса тепла в РЭС. Тепловые сопротивления и тепловые проводимости	6	2	0	9	17	ОПК-2
5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая аналогия	4	4	4	14	26	ОПК-2
6 Расчеты тепловых проводимостей. Элементы теории подобия	4	6	0	7	17	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	17	31	ОПК-2
9 Влагоперенос и влагозащита в элементах ЭС	4	6	4	17	31	ОПК-2, ПК-1
10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	4	8	0	9	21	ОПК-2, ПК-1
Итого за семестр	46	46	16	108	216	
Итого	46	46	16	108	216	

Согласована на портале № 37679

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.	6	ОПК-2
	Итого	6	
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).	6	ОПК-2, ПК-1
	Итого	6	
4 Способы переноса тепла в РЭС. Тепловые сопротивления и тепловые проводимости	Физические процессы тепло- и массопереноса. Кондукция (теплопроводность), конвекция, излучение (лучеиспускание). Коэффициенты теплопроводности, облученности, теплоотдачи и теплопередачи. Тепловые сопротивления, тепловые проводимости, теплоемкости. Электротепловая аналогия.	6	ОПК-2
	Итого	6	
5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая	Уравнения теплового баланса для стационарного и нестационарного ТР. Аналогия с уравнениями Кирхгофа. Тепловые схемы.	4	ОПК-2

Согласована на портале № 37679

аналогия	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. Модель процесса влагопереноса. Оценка времени эффективной влагозащиты элемента РЭС.	4	ОПК-2, ПК-1
	Итого	4	
10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	Ограниченность приближенных методов расчета ТР. Принципы применения сеточных моделей и метода конечных элементов. Граничные условия. Моделирование нестационарного ТР.	4	ОПК-2, ПК-1
	Итого	4	
Итого за семестр		46	

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 компью-		+								

Согласована на портале № 37679

терная графика										
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								+	+	

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

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

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

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ОПК-2	+	+	+	+	Контрольная работа, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест
ПК-1	+	+		+	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
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 № 37679

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	6	ОПК-2, ПК-1
	Итого	6	
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 системы тел с неупорядоченным расположением (ТМ 1 группы). Составление тепловых схем	4	ОПК-2

Согласована на портале № 37679

	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	6	ОПК-2, ПК-1
	Итого	6	
10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	Семинар: Построение моделей для компьютерного моделирования сложных конструкций и режимов работы РЭС	8	ОПК-2, ПК-1
	Итого	8	
Итого за семестр		46	

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	1		
	Итого	9		
2 Системы обеспечения ТР. Конструкции систем охлаждения РЭС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	17		
3 Ступени	Подготовка к практиче-	4	ОПК-2,	Конспект самоподготов-

Согласована на портале № 37679

формализации при решении задач тепломассообмена. Тепловые модели РЭС	ским занятиям, семинарам		ПК-1	ки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
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	1		
	Итого	9		
5 Уравнения теплового баланса. Электротепловая аналогия	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	5	ОПК-2	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	14		
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	1		
	Итого	7		
7 Переход от реальной конструкции РЭС к квазиоднородному анизотропному телу	Проработка лекционного материала	4	ОПК-2	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	Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	17		
9 Влагоперенос и влагозащита в элементах ЭС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2, ПК-1	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	17		

Согласована на портале № 37679

10 Принципы компьютерного моделирования ТР РЭС	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	8	ОПК-2, ПК-1	Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	9		
Итого за семестр		108		
Итого		108		

10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
5 семестр				
Выступление (доклад) на занятии	5	5	5	15
Конспект самоподготовки	5	5	5	15
Контрольная работа		5		5
Опрос на занятиях	10	10	10	30
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
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	Оценка (ECTS)

Согласована на портале № 37679

	экзамен	
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 [Электронный ресурс]: Учебное пособие по групповому проектному обучению для студентов специальности 210201 «Проектирование и технология радиоэлектронных средств» / Алексеев В. П., Карабан В. М. - 2012. 152 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2535 (дата обращения: 07.07.2018).

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 [Электронный ресурс]: Методические указания по практическим занятиям и самостоятельной работе студентов / Козлов В. Г. - 2012. 15 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1717 (дата обращения: 07.07.2018).
2. Основы проектирования электронных средств [Электронный ресурс]: Методические указания к практическим, лабораторным занятиям и самостоятельной работе / Чернышев А. А. - 2012. 71 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2814 (дата обращения: 07.07.2018).
3. Материалы для расчетов тепловых режимов РЭС в групповом проектном обучении [Электронный ресурс]: Учебно-методическое пособие / Чернышев А. А. - 2010. 31 с. - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2808 (дата обращения: 07.07.2018).

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Базы данных, доступ к которым оформлен библиотекой ТУСУРа в текущий момент времени. Список доступных баз данных см. по ссылке: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh

Согласована на портале № 37679

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

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

13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

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

13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория автоматизированного проектирования / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 403 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Сервер на базе компьютера Intel Pentium;
- Рабочие станции на базе компьютера Intel Core (12 шт.);
- Маркерная доска;
- Экран для проектора на подставке;
- Мультимедийный проектор TOSHIBA;
- Телевизор-монитор SAMSUNG;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- Acrobat Reader
- Google Chrome
- Microsoft Office
- Microsoft Windows
- Mozilla Firefox
- OpenOffice

13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория автоматизированного проектирования / Лаборатория ГПО

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы

634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 403 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Сервер на базе компьютера Intel Pentium;
- Рабочие станции на базе компьютера Intel Core (12 шт.);
- Маркерная доска;
- Экран для проектора на подставке;

Согласована на портале № 37679

- Мультимедийный проектор TOSHIBA;
- Телевизор-монитор SAMSUNG;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip
- Acrobat Reader
- Google Chrome
- Microsoft Office
- Microsoft Windows
- Mozilla Firefox
- OpenOffice

13.1.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

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

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

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

Перечень программного обеспечения:

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

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

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

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

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

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

Согласована на портале № 37679

14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

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

14.1.1. Тестовые задания

1) 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

6) Имеет место турбулентный режим обтекания ЭРЭ воздушным потоком, если при этом …

– критерий Нуссельта равен αк ;
– критерий Прандтля равен 1;
– критерий Рейнольдса превышает 100000
– выполняется условие $t - t_c > (0{,}84/L)3$

7) При расчете ТР блока кассетной конструкции из большого числа одинаковых печатных узлов целесообразно использовать тепловую модель...

– 1 группы
– 2 группы

Согласована на портале № 37679

– 3 группы
– 1 и 3 групп
– с представлением в виде тепловой схемы

8) В толще твердого тела перенос тепла обеспечивается...
– конвекцией
– кондукцией
– излучением
– конвекцией и излучением

9) Тепловая схема изделия строится по принципу...
– тепломеханической аналогии
– молекулярно-кинетической аналогии
– электротепловой аналогии
– акустомеханической аналогии

10) Стационарный ТР имеет место, если...
– блок РЭС неподвижен
– в блоке отсутствует вентилятор
– температурное поле блока не меняется во времени
– температурное поле блока меняется в зависимости от координаты

11) Нормальный ТР блока РЭС предполагает, что...
– элементы блока не нагреваются
– обеспечен нормальный ТР всех без исключения элементов блока
– обеспечен нормальный ТР теплонагруженных элементов блока
– в блоке имеется вентилятор

12) Единица измерения плотности теплового потока - ...
– 1 Вт/кв.м
– 1 Вт/кг
– 1 Дж/кг
– 1 Вт/град

13) Абсолютная влажность воздуха характеризуется...
– парциальным давлением или плотностью водяного пара
– плотностью водяного пара
– плотностью насыщенного водяного пара
– массой водяного пара в данном объеме

14) Необходимыми условиями для развития естественной конвекции являются...
– гравитация
– гравитация и жидкая или газообразная среда
– наличие атмосферы
– наличие атмосферы и солнечной радиации

15) Теплоотвод от внутренних элементов блока на борту МКС возможен путем...
– лучеиспускания и кондуктивных теплостоков
– кондуктивных теплостоков и естественной конвекции
– лучеиспускания и естественной конвекции
– естественной конвекции

16) В классической теории Г.Н.Дульнева перегрев - это...
– температура наиболее нагретого элемента блока

Согласована на портале № 37679

– разность искомой температуры и температуры среды
– разность температур двух элементов
– температура наиболее мощного элемента

17) В коэффициентных методах расчета ТР каждый коэффициент зависит...
– от нескольких факторов
– от одного фактора
– от температуры среды
– от формы изделия

18) При расчете коэффициента теплоотдачи естественной конвекцией с горизонтальной поверхности в качестве определяющего размера принимают...
– меньшую сторону
– большую сторону
– периметр
– площадь поверхности

19) Режим обтекания при вынужденной конвекции определяется...
– длиной обтекания
– полупериметром обтекания
– величиной критерия Рейнольдса
– величиной скорости обдува

20) Степень черноты большинства окрашенных поверхностей радиоаппарата составляет...
– 0,1...0,2
– 0,4...0,5
– 0,8...0,9
– 1,0

14.1.2. 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.

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.

14.1.3. 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.

Согласована на портале № 37679

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.

14.1.4. Вопросы на самоподготовку

Зависимость температуры и влажности окружающей среды от климатического пояса и объекта установки. Изменение температуры и влажности с высотой; зависимость относительной влажности от температуры. Особенности обеспечения нормального ТР космической аппаратуры. \

Конструктивные схемы систем охлаждения: естественное и принудительное воздушное, естественное и принудительное жидкостное, испарительные системы, кондуктивные теплостоки, радиационные теплообменники.

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.

Приближенные методы расчета ТР: средних значений и тепловых характеристик.

Методика выбора способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования.

Принципы применения сеточных моделей и метода конечных элементов.

14.1.5. 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.

14.1.6. 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

Согласована на портале № 37679

14.1.7. Вопросы дифференцированного зачета

1 Понятие ТР РЭС. Факторы, определяющие тепловой режим. Нормальный ТР. Стационарный и нестационарный ТР.

2 Зависимость температуры и влажности окружающей среды от климатического пояса и объекта установки. Изменение температуры и влажности с высотой; зависимость относительной влажности от температуры.

3 Обеспечение нормального ТР в различных условиях эксплуатации. Системы подогрева и охлаждения РЭС.

4 Конструктивные схемы систем охлаждения: естественное и принудительное воздушное, естественное и принудительное жидкостное, испарительные системы, кондуктивные теплостоки, радиационные теплообменники.

5 Тепловые модели РЭС. Система тел с неупорядоченным расположением. Модель 1 группы - разделение поверхностей/зон на условно изотермические участки.

6 Система с упорядоченным расположением. Модель 2 группы - представление нагретой зоны в виде квазиоднородного анизотропного тела.

7 Система в виде пластин или прямоугольных параллелепипедов, сложенных в виде пирамиды - модель платы с элементами (3 группы).

8 Физические процессы тепло- и массопереноса. Кондукция (теплопроводность), конвекция, излучение (лучеиспускание).

9 Коэффициенты теплопроводности, облученности, теплоотдачи и теплопередачи. Тепловые сопротивления, тепловые проводимости, теплоемкости. Электротепловая аналогия.

10 Уравнения теплового баланса для стационарного и нестационарного ТР. Аналогия с уравнениями Кирхгофа. Тепловые схемы.

11 Коэффициенты теплоотдачи и тепловые проводимости для различных условий теплообмена. Условия естественной и вынужденной конвекции.

12 Кондукция. Теплообмен излучением.

13 Конструкции РЭС с упорядоченным расположением составных частей (книжная и кассетная компоновки). Выделение элементарной ячейки. Принцип расчета эффективных коэффициентов теплопроводности по координатным осям. Граничные условия.

14 "Точные" и приближенные методы расчета ТР РЭС. Метод последовательных приближений (итерационный) при решении системы уравнений теплового баланса, погрешность сходимости, структурная схема алгоритма расчета.

15 Приближенные методы: средних значений и тепловых характеристик. Коэффициентные методы. Методика выбора способа охлаждения РЭС на ранних стадиях конструирования

16 Влагозащита элементов РЭС полимерными материалами. Закон Фика. диффузия и влагоемкость. Модель процесса влагопереноса.

17 Оценка времени эффективной влагозащиты элемента РЭС.

18 Ограниченность приближенных методов расчета ТР. Принципы применения сеточных моделей и метода конечных элементов. Граничные условия. Моделирование нестационарного ТР.

19 Связь ТР РЭС с конструктивным исполнением и условиями эксплуатации.

20 Особенности обеспечения нормального ТР космической аппаратуры.

14.1.8. Методические рекомендации

Преобразование суммы рейтинговых 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 оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Согласована на портале № 37679

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

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

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

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

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

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

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 37679