МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский федеральный университет»
(СФУ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИФиРЭ
_____ А.В. Минаков
«05» _____03_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БРЭС КА

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование электронных средств космических аппаратов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт инженерной физики и радиоэлектроники**
Кафедра: **приборостроения и наноэлектроники**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	36	36	часов
Самостоятельная работа	108	108	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость	216	216	часов
(включая промежуточную аттестацию)	6	6	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Красноярск

Согласована на портале № 83728

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины «Обеспечение тепловых режимов при проектировании БРЭС КА» является формирование знаний, умений и навыков, позволяющих освоить современные технологии проектирования электронных средств с учетом требований по обеспечению заданных тепловых режимов.

1.2. Задачи дисциплины

1. Получение знаний о применимости законов термодинамики к описанию тепловых процессов в радиоэлектронных средствах;
2. Формирование умений использовать полученные знания при проектировании радиоэлектронных устройств;
3. Овладение навыками компьютерного моделирования тепловых процессов в радиоэлектронных средствах.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.14.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 83728

ПК-9. Способен проводить расчеты для разработки функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов с учетом требований к эксплуатации	ПК-9.1. Знает особенности эксплуатации бортовой аппаратуры космических аппаратов, которые определяют требования к разрабатываемым узлам	Знает особенности эксплуатации бортовой аппаратуры космических аппаратов с учетом климатических факторов
	ПК-9.2. Умеет проводить расчеты тепловых, механических, электрических и других характеристик функциональных узлов бортовой аппаратуры космических аппаратов	Умеет проводить моделирование теплопередачи в бортовой РЭА КА
	ПК-9.3. Владеет навыками и приемами обеспечения параметров разрабатываемых электронных средств требуемым условиям эксплуатации	Владеет навыками моделирования процессов происходящих в бортовой РЭА КА с учетом климатических факторов
ПК-10. Способен аргументированно выбирать методы, средства, материалы конструирования радиоэлектронных средств космических аппаратов для обеспечения защиты от внешних воздействующих факторов	ПК-10.1. Знает основные средства, компоненты и материалы, используемые при разработке электронных средств космических аппаратов	Знает основные средства, компоненты и материалы, используемые при разработке электронных средств с учетом климатических факторов
	ПК-10.2. Умеет выбирать методы, средства, материалы для обеспечения надежной работы разрабатываемых электронных средств при различных тепловых, механических, климатических, электрических и других воздействиях на них	Умеет выбирать методы, средства, материалы для обеспечения надежной работы разрабатываемых электронных средств с учетом климатических факторов
	ПК-10.3. Владеет навыками и приемами обеспечения работоспособности устройств при различных условиях эксплуатации	Владеет навыками и приемами обеспечения работоспособности электронных устройств климатических факторов

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Согласована на портале № 83728

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	72	72
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	36	36
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	108
Подготовка к тестированию	10	10
Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	18	18
Выполнение индивидуального задания	20	20
Написание отчета по индивидуальному заданию	10	10
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	20	20
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	20	20
Написание отчета по лабораторной работе	10	10
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	216	216
Общая трудоемкость (в з.е.)	6	6

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Основы теплофизики	4	8	-	22	34	ПК-10, ПК-9
2 Основные типы несущих конструкции бортовой РЭА	4	6	-	22	32	ПК-10, ПК-9
3 Электротепловая аналогия. Построение моделей тепловых процессов	4	4	8	24	40	ПК-10, ПК-9
4 Моделирование процессов тепломассообмена в CAD/CAE-системах	4	-	10	18	32	ПК-10, ПК-9
5 Методы средства проведения климатических испытаний	2	-	18	22	42	ПК-10, ПК-9
Итого за семестр	18	18	36	108	180	
Итого	18	18	36	108	180	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции

Согласована на портале № 83728

7 семестр			
1 Основы теплофизики	Введение. Виды тепло- и массопереноса. Закон молекулярной теплопроводности и диффузии. Теплообмен излучением. Стационарный перенос тепла через плоскую стенку. Нестационарные процессы теплопроводности и диффузии в твердом теле.	2	ПК-9, ПК-10
	Общая характеристика конструкций радиоэлектронной аппаратуры, включая конструкции бортовой РЭА АО «ИСС» как элемента КА. Требования технического задания. Требования стандартов по стойкости к воздействию климатических факторов.	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
2 Основные типы несущих конструкции бортовой РЭА	Анализ применяемых материалов в бортовой РЭА КА	1	ПК-9, ПК-10
	Оценка современного состояния и анализ существующих типов пассивных систем охлаждения на основе тепловых труб. Гипертеплопроводящая секция	1	ПК-9, ПК-10
	Типы несущих конструкций бортовой РЭА КА	1	ПК-9, ПК-10
	Методология проведения теплового анализа РЭА КА	1	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
3 Электротепловая аналогия. Построение моделей тепловых процессов	Электротепловая аналогия. Топологическая форма представления тепловых процессов. Топологическая модель тепловых процессов печатного узла.	2	ПК-9, ПК-10
	Построение модели тепловых процессов в несущей конструкции. Программный комплекс ТРИАНА	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
4 Моделирование процессов тепломассообмена в CAD/CAE-системах	Принципы создания CAD-моделей при разработке бортовой РЭА КА	1	ПК-9, ПК-10
	Принципы создания CAE-моделей при разработке бортовой РЭА КА	2	ПК-9, ПК-10
	Методология моделирования процессов происходящих в бортовой РЭА КА при воздействии механических факторов	1	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	

Согласована на портале № 83728

5 Методы средства проведения климатических испытаний	Средства климатических испытаний бортовой РЭА КА.	1	ПК-9, ПК-10
	Методики климатических испытаний бортовой РЭА КА	1	ПК-9, ПК-10
	Итого	2	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Основы теплофизики	Решение задач на уравнение теплопроводности, его решение и анализ	4	ПК-9, ПК-10
	Расчет стационарного температурного поля	4	ПК-9, ПК-10
	Итого	8	
2 Основные типы несущих конструкции бортовой РЭА	Расчет конвективного теплообмена	4	ПК-9, ПК-10
	Расчет теплообмена излучением	2	ПК-9, ПК-10
	Итого	6	
3 Электротепловая аналогия. Построение моделей тепловых процессов	Тепловые цепи. Сложный теплообмен	4	ПК-9, ПК-10
	Итого	4	
	Итого за семестр	18	
	Итого	18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
3 Электротепловая аналогия. Построение моделей тепловых процессов	Построение модели тепловых процессов в программном комплексе ТРИАНА	8	ПК-9, ПК-10
	Итого	8	
4 Моделирование процессов тепломассообмена в CAD/CAE-системах	Моделирование процессов тепломассообмена в CAD/CAE-системах	10	ПК-9, ПК-10
	Итого	10	

Согласована на портале № 83728

5 Методы средства проведения климатических испытаний	Средства климатических испытаний бортовой РЭА КА	6	ПК-9, ПК-10
	Методики климатических испытаний бортовой РЭА КА и технические требования к экспериментальному оборудованию	6	ПК-9, ПК-10
	Выявление конструктивных и производственно-технологических дефектов при испытаниях бортовой РЭА КА	6	ПК-9, ПК-10
	Итого	18	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Основы теплофизики	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	8	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	8	ПК-9, ПК-10	Индивидуальное задание
	Написание отчета по индивидуальному заданию	4	ПК-9, ПК-10	Отчет по индивидуальному заданию
	Итого	22		

Согласована на портале № 83728

2 Основные типы несущих конструкции бортовой РЭА	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	8	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	8	ПК-9, ПК-10	Индивидуальное задание
	Написание отчета по индивидуальному заданию	4	ПК-9, ПК-10	Отчет по индивидуальному заданию
	Итого	22		
3 Электротепловая аналогия. Построение моделей тепловых процессов	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по индивидуальному заданию
	Выполнение индивидуального задания	4	ПК-9, ПК-10	Индивидуальное задание
	Написание отчета по индивидуальному заданию	2	ПК-9, ПК-10	Отчет по индивидуальному заданию
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	6	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-9, ПК-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-9, ПК-10	Отчет по лабораторной работе
	Итого	24		
4 Моделирование процессов тепломассообмена в CAD/CAE-системах	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	6	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПК-9, ПК-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	4	ПК-9, ПК-10	Отчет по лабораторной работе
	Итого	18		

Согласована на портале № 83728

5 Методы средства проведения климатических испытаний	Подготовка к тестированию	2	ПК-9, ПК-10	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	8	ПК-9, ПК-10	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	ПК-9, ПК-10	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	4	ПК-9, ПК-10	Отчет по лабораторной работе
	Итого	22		
Итого за семестр		108		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		144		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-9	+	+	+	+	Защита отчета по индивидуальному заданию, Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен
ПК-10	+	+	+	+	Защита отчета по индивидуальному заданию, Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Лабораторная работа, Отчет по индивидуальному заданию, Отчет по лабораторной работе, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
7 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	0	2	7	9

Согласована на портале № 83728

Защита отчета по индивидуальному заданию	2	2	2	6
Индивидуальное задание	6	6	6	18
Отчет по индивидуальному заданию	2	2	2	6
Лабораторная работа	0	5	10	15
Тестирование	2	2	2	6
Отчет по лабораторной работе	0	3	7	10
Экзамен				30
Итого максимум за период	12	22	36	100
Нарастающим итогом	12	34	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Цветков, Ф. Ф. Тепломассообмен : учеб. пособие для студентов вузов / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. – 3-е изд., стер. - Москва : МЭИ, 2006. – 549 с. (наличие в библиотеке СФУ - 15 экз.)

2. Жаднов, В. В. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств : учеб. пособие для студентов вузов / В. В. Жаднов, А. В. Сарафанов. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2004. - 463 с. (наличие в библиотеке СФУ - 22 экз.)

7.2. Дополнительная литература

Согласована на портале № 83728

1. Алямовский, А. А. SolidWorks / CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов : научное издание / А. А. Алямовский. - Москва : ДМК Пресс, 2004. - 431 с. (наличие в библиотеке СФУ - 14 экз.)

2. Дульнев, Г. Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре : учебник для вузов / Г. Н. Дульнев. - Москва : Высшая школа, 1984. - 247 с. (наличие в библиотеке СФУ - 21 экз.)

3. Дульнев, Г. Н. Применение ЭВМ для решения задач теплообмена : учеб. пособие для теплофизических и теплоэнергетических спец. вузов / Г. Н. Дульнев, В. Г. Парфенов, А. В. Сигалов. - Москва : Высшая школа, 1990. - 206 с. (наличие в библиотеке СФУ - 2 экз.)

4. Моделирование конструкций и технологических процессов производства электронных средств : учеб.-метод. пособие / Сиб. федерал. ун-т ; сост.: А.А. Левицкий, С.И. Трегубов. – Красноярск : СФУ, 2013. – 65 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=BOOK1-621.396/%D0%9C744-076167.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Тепломассообмен: учебно-методическое пособие / Сиб. федер. ун-т, Ин-т инж. физики и радиоэлектроники; сост. М. С. Лобасова. – Красноярск: СФУ, 2024. – 126 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=BOOK1-621/%D0%A2%20343-434956800.

2. Тепломассообмен. Теплопроводность: учебно-методическое пособие / Сиб. федерал. ун-т; сост.: М.С. Лобасова, А.С. Лобасов. – Красноярск : СФУ, 2012. – 85 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=BOOK1-621.1/%D0%A2343-863132.

3. Тепломассообмен. Теплообмен излучением : учебно-методическое пособие для самостоятельной работы / Сиб. федерал. ун-т; сост.: М. С. Лобасова, А. С. Лобасов. - Красноярск: СФУ, 2012. – 44 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=BOOK1-621.1/%D0%A2343-270959..

4. Тепломассообмен. Массоотдача : учебно-методическое пособие / Сиб. федерал. ун-т ; сост.: М. С. Лобасова, А. С. Лобасов. – Красноярск : СФУ, 2012. – 26 с. [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=BOOK1-621.1/%D0%A2343-254627.

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

1. eLIBRARY.RU: российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования (https://www.elibrary.ru).
2. Научная библиотека СФУ https://bik.sfu-kras.ru/
3. ФГУП «НИИ электронных материалов» http://www.nii-em.ru/home
4. Сертификационные центры и испытательные лаборатории при АНО «МЦК» http://www.stroyinf.ru/
5. Сайт международной организации по стандартизации http://www.iso.ch
6. Поисково-информационная система Яндекс http://www.yandex.ru/

Согласована на портале № 83728

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. 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 достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная панель;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Office 2013 (2007, 2016);
- Windows 10 (7, 8);
- SolidWorks. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства.
- Программный комплекс ТРИАНА;
- ANSYS Workbench;
- MathCAD;
- MATLAB.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы.

Описание имеющегося оборудования:

- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft Windows 8.1 и ниже;
- PDFCreator;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Velleman PcLab2000LT;
- WinDjView;
- Microsoft Office 2013 (2007, 2016);
- Windows 10 (7, 8);
- SolidWorks. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства.
- Программный комплекс ТРИАНА;

Согласована на портале № 83728

- ANSYS Workbench;
- MathCAD;
- MATLAB.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы)/ Описание имеющегося оборудования:

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

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- SolidWorks. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства.
- Программный комплекс ТРИАНА;
- ANSYS Workbench;
- MathCAD;
- MATLAB.

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

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

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)

Согласована на портале № 83728

1 Основы теплофизики	ПК-10, ПК-9	Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по индивидуальному заданию	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Основные типы несущих конструкции бортовой РЭА	ПК-10, ПК-9	Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по индивидуальному заданию	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Электротепловая аналогия. Построение моделей тепловых процессов	ПК-10, ПК-9	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Защита отчета по индивидуальному заданию	Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий
		Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по индивидуальному заданию	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 83728

4 Моделирование процессов тепломассообмена в CAD/CAE-системах	ПК-10, ПК-9	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
5 Методы средства проведения климатических испытаний	ПК-10, ПК-9	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

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

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков

Согласована на портале № 83728

5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

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

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Перечислите три основных механизма теплопередачи.

а) теплопроводность, конвекция, тепловое излучение;
б) расширение, испарение, теплопроводность;
в) конвекция, диффузия, отражение;
г) излучение, испарение, теплопроводность.

2. Какой из механизмов передачи не позволяет обеспечить охлаждение в вакууме?

а) излучение;
б) конвекция, в) кондуктивный теплоперенос.

3. Какой из механизмов передачи не позволяет обеспечивает бесконтактную передачу тепла?

а) излучение;
б) конвекция,
в) кондуктивный теплоперенос.

4. При описании какого механизма теплопередачи используются числа Рейнольдса?

а) излучение;
б) конвекция,
в) кондуктивный теплоперенос.

5. При описании какого из механизмов передачи используется коэффициент теплопроводности?

а) излучение;
б) конвекция,
в) кондуктивный теплоперенос.

6. Каким законом описывается кондуктивный перенос тепла?

а) Лурье;

Согласована на портале № 83728

б) Фурье;
в) Лавуазье.

7. Какой из механизмов передач тепла является самым быстрым?

а) излучение;
б) конвекция,
в) кондуктивный теплоперенос.

8. Какое подход для моделирования тепловых процессов реализован в программном комплексе ТРИАНА?

а) на основе аналитического описания;
б) на основе численного моделирования;
в) на основе электротепловой аналогии.

9. Какое подход для моделирования тепловых процессов реализован в программном комплексе SolidWorks?

а) на основе аналитического описания;
б) на основе численного моделирования;
в) на основе электротепловой аналогии.

10. Какое подход для моделирования тепловых процессов реализован в программном комплексе ANSYS?

а) на основе аналитического описания;
б) на основе численного моделирования;
в) на основе электротепловой аналогии.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Закономерности теплообмена системы тел, суперпозиция полей, принцип местного влияния
2. Дифференциальное уравнение определения температуры тела в любой момент времени
3. Уравнение теплопроводности и краевые условия
4. Математическая модель теплообмена системы тел
5. Нагревание тела внутренними источниками энергии
6. Стационарный и нестационарный тепловой режим
7. Измерение температуры: принципы, методы, погрешность
8. Влажность – основные понятия. Влажностные характеристики. Измерение влажности
9. Измерение скорости и расхода жидкости и газа
10. Поглощение влаги материалами – основные понятия
11. Понятия местного и среднего коэффициентов теплоотдачи
12. Кондуктивный теплоперенос – основные понятия.
13. Тепловое излучение – основные понятия. Коэффициент теплоотдачи излучением
14. Теплообмен излучением и закон Ламберта
15. Теплообмен излучением и угловые коэффициенты
16. Теплообмен излучением при наличии экранов
17. Конвективный теплоперенос – основные понятия. Средний коэффициент конвекции
18. Массообмен и дифференциальное уравнение Фика
19. Массообмен и диффузия – основные понятия
20. Свободная конвекция в неограниченном пространстве
21. Конвекция в вертикальных каналах при нормальном и аномальном давлениях
22. Вынужденная конвекция в трубах и каналах
23. Вынужденная конвекция при обтекании тел
24. Теплообмен при кипении
25. Теплообмен при конденсации
26. Термический коэффициент, термическое сопротивление, тепловые цепи
27. Тепловые модели РЭА
28. Метод поэтапного моделирования теплового режима РЭА
29. Термодинамические основы охлаждения
30. Системы охлаждения РЭА
31. Радиаторы и их расчет
32. Свободная вентиляция РЭА
33. Стационарный режим вентилируемого аппарата
34. Стационарный режим РЭА с герметичным корпусом

Согласована на портале № 83728

35. Тепловой режим РЭА кассетного типа
36. Тепловые трубы и их применение
37. Теплообменники и нагнетатели

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты индивидуальных заданий

1. Каковы закономерности теплообмена системы тел, суперпозиция полей, принцип местного влияния?
2. Уравнение теплопроводности и краевые условия.
3. Какими параметрами характеризуются внутренние источники энергии тепловые стоки в задачах теплообмена?
4. Опишите основные физические механизмы передачи тепла.
5. Приведите соотношения и параметры теплопереноса при кондуктивном теплообмене.
6. Приведите соотношения и параметры теплопереноса при конвективном теплообмене.
7. Приведите соотношения и параметры теплопереноса при теплообмене излучением.
8. Какими процессами характеризуется свободная и вынужденная конвекция?
9. Каким образом параметры и скорость потока охлаждающей среды влияют на эффективность теплообмена?
10. Какие конструктивные решения могут использоваться для охлаждения РЭА?

9.1.4. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Решение задач на уравнение теплопроводности, его решение и анализ;
2. Расчет стационарного температурного поля;
3. Расчет конвективного теплообмена;
4. Расчет теплообмена излучением;
5. Тепловые цепи. Сложный теплообмен.

9.1.5. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Опишите основные механизмы передачи тепла.
2. Поясните физический смысл числа Рейнольдса.
3. Перечислите основные параметры, описывающие модель для теплового расчета (включая свойства материала, виды нагрузок и ограничений).
4. Какие виды сеток используются при тепловом анализе в пакете SolidWorks? Если ограничения на виды сеток существуют, то каковы они?
5. Какие основные виды тепловых расчетов обеспечивает тепловой анализ в пакете SolidWorks?
6. Опишите последовательность расчета при стационарном тепловом анализе в пакете SolidWorks.
7. Опишите последовательность расчета при нестационарном тепловом анализе в пакете SolidWorks.
8. Какие параметры материалов необходимо задавать при проведении теплового анализа?
9. Опишите виды граничных условий (виды нагрузок и ограничений) при тепловом анализе в пакете SolidWorks. Поясните их физический смысл.
10. Как физически интерпретируется при тепловом анализе в пакете SolidWorks отсутствие граничного условия на какой-либо из поверхностей исследуемой модели?
11. Учитывается ли в базовом тепловом анализе в пакете SolidWorks движение окружающей среды – газа или жидкости?
12. Какое из приложений SolidWorks обеспечивает расчет аэрогидродинамических процессов при тепловом анализе?

9.1.6. Темы лабораторных работ

1. Построение модели тепловых процессов в программном комплексе ТРИАНА
2. Моделирование процессов тепломассообмена в CAD/CAE-системах
3. Средства климатических испытаний бортовой РЭА КА
4. Методики климатических испытаний бортовой РЭА КА и технические требования к экспериментальному оборудованию
5. Выявление конструктивных и производственно-технологических дефектов при испытаниях бортовой РЭА КА

9.2. Методические рекомендации

Согласована на портале № 83728

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

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

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

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

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

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

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

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

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

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

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

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

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

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

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

Согласована на портале № 83728

– 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 № 83728

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры приборостроения и наноэлектроники
протокол № 5 от «21» 1 20 25 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий кафедрой ПиН СФУ	А.А. Левицкий	
Заведующий выпускающей каф. КУДР ТУСУР	С.А. Артищев	
Начальник учебного управления ТУСУР	И.А. Лариошина	

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент каф. КУДР ТУСУР	С.А. Артищев	

РАЗРАБОТАНО:

Заведующий кафедрой ПиН СФУ	А.А. Левицкий	

Согласована на портале № 83728