МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Рязанский государственный радиотехнический университет»

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

«СОГЛАСОВАНО»

Декан института
магистратуры и аспирантуры
_____ А.В. Корячко

«___»_____2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе
_____ К.В. Бухенский

«___»_____2018 г.

Руководитель ОПОП
_____ В.П. Корячко

«___»_____2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.05 «Методы тепловой защиты конструкций ЭС»

Направление подготовки

11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

ОПОП магистратуры

«Конструирование и технология радиоэлектронных средств»

Квалификация (степень) выпускника — магистр

Форма обучения — очная, очно-заочная

Рязань, 2018 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы магистратуры

Рабочая программа дисциплины «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» является составной частью основной профессиональной образовательной программой магистратуры (ОПОП) «Конструирование и технология радиоэлектронных средств», разработанной в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» (уровень магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30 октября 2014 г. N 1405.

Целью освоения дисциплины «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» является изучение подходов к расчету тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры в профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

1) Получение теоретических знаний о принципах расчета тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры для решения теоретических и прикладных задач.

2) Приобретение умения использовать принципы расчета тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры.

3) Приобретение практических навыков в области расчета тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры для решения теоретических и прикладных задач и внедрения результатов в производство.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-4	Способность *самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области*	Знать: современные подходы к сбору статистических данных для *самостоятельного приобретения и использования в практической деятельности новых знаний и умений* в области тепловой защиты конструкций ЭС. Уметь: учитывать влияние входных переменных на результаты *самостоятельного приобретения и использования в практической деятельности новых знаний и умений* в области температурной защиты ЭС. Владеть: методами *самостоятельного приобретения и использования в практической деятельности новых знаний и умений* в области температурной защиты конструкций ЭС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» является обязательной частью блока №1 дисциплин магистратуры ОПОП «Конструирование и технология радиоэлектронных средств» по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной и очно-заочной формам обучения на 1 курсе в 1 семестре.

Пререквизиты дисциплины. Для освоения дисциплины обучающийся должен иметь компетенции, полученные в результате освоения дисциплин «Физика», «Математика», «Тепломассообмен в ЭС» по программе бакалавриата. Для освоения дисциплины обучающийся должен:
знать:

– расчет конструкций ЭС коэффициентным методом;

– методы расчета конструкций ЭС на основе конвективных процессов;

– методы расчета конструкций ЭС с учетом совместного воздействия кондукции, теплового излучения и конвекции;

уметь:

– осуществлять сбор и анализ исходных данных из различных источников с использованием современных информационных технологий;

– разрабатывать программы для моделирования температурных режимов ЭА;

владеть:

– навыками алгоритмизации и программной реализации типовых задач расчета температурных режимов ЭА;

– методиками работы со стандартными пакетами прикладных программ для расчета температурных режимов ЭА.

Взаимосвязь с другими дисциплинами. Курс «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» содержательно и методологически взаимосвязан с другими курсами, такими как: «Моделирование конструкций и технологических процессов», «Схемотехническое проектирование ЭС».

Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков магистра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Преддипломная практика», «Выпускная квалификационная работа».

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц (ЗЕ), 180 часов.

Вид учебной работы	**Всего часов**		
	Очная форма	**Очно-заочная форма**	**Заочная форма**
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	180	180	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	54	54	-
Лекции	26	26	-
Лабораторные работы	18	18	-
Практические занятия	10	10	-
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	126	126	-
Курсовая работа / курсовой проект	-	-	-
Подготовка к экзамену, консультации	40,5	40,5	-
Консультации в семестре	7	7	-
Самостоятельные занятия	78,5	78,5	-
Вид промежуточной аттестации обучающихся:	экзамен	экзамен	-

4. Содержание дисциплины

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Тема 1. Обобщение результатов исследований.

Аналитические методы исследования. Экспериментальные методы исследования, использование компьютеров. Коэффициентный метод. Расчет конструкций с герметичным и перфорированным корпусами и с принудительной вентиляцией.

Тема 2. Теплообмен излучением.

Черные, зеркальные и прозрачные тела. Монохроматическое и сложное излучения. Лучистый поток, излучательность. Спектральная излучательность черного тела, закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Коэффициент черноты. Длины волн лучистой энергии. Коэффициент облученности и приведенная степень черноты.

Тема 3. Конвективный теплообмен.

Уравнения Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплообмена. Физические свойства жидкости при анализе теплообмена. Закон Ньютона для жидкости. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Дифференциальное уравнение конвективного обмена. Уравнения энергии, движения, сплошности. Условия однозначности.

Тема 4. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.

Уравнение теплоотдачи. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой.

Тема 5. Теория подобия. Критерии подобия.

Приведение математической формулировки краевой задачи к записи в безразмерных переменных. Метод масштабных преобразований. Температурный коэффициент объемного расширения. Безразмерные величины. Числа подобия: Нуссельта, Рейнольдса, Пекле, Грасхофа. Независимые и зависимые переменные, постоянные величины. Уравнения подобия. Число Прандтля. определяемые и определяющие числа, критерии подобия. Условия подобия физических процессов. Аналогичные, но не подобные физические процессы. Теоремы подобия. Теория подобия как теория эксперимента.

Тема 6. Обработка результатов опыта.

Определяющая температура и определяющий размер при свободной и вынужденной конвекции. Практический способ получения уравнений подобия. Апроксимирующая формула, нахождение коэффициентов.

Тема 7. Частные случаи конвективного теплообмена.

Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Движение жидкости вдоль пластины; свободная конвекция у вертикальной пластины; течение жидкости в канале. Свободная конвекция около нагретой вертикально ориентированной стенки. Свободная конвекция в неограниченном пространстве (охлаждение жидкости происходит вдали): вертикальные плиты; бесконечно длинные проволоки; трубы; шары. Свободная конвекция в ограниченном пространстве: в вертикальных каналах и щелях, в горизонтальных щелях, в шаровых и горизонтальных цилиндрических прослойках. Коэффициент конвекции. Локальный коэффициент конвекции. Вертикальный канал. Вынужденная конвекция при внешнем обтекании тел. Продольное движение потока жидкости. Поперечное движение потока воздуха.

Тема 7. Конвективный теплообмен в плоскостных блоках на микросхемах.

Выражение для условий естественного теплообмена. Температура при естественной и вынужденной конвекции. Учет гидравлического сопротивления области между крышками микросхем. Теплоотдача в условиях вынужденной конвекции при различных величин зазоров: 1) цилиндрических корпусов со штыревыми выводами, h = 4 мм; 2) прямоугольных корпусов со штыревыми выводами, h = 5 мм; 3) прямоугольных корпусов с планарными выводами, h = 1 мм. Блоки с вертикальной ориентацией субблоков при естественной конвекции в перфорированных кожухах и без кожухов.

Тема 8. Нестационарные процессы теплопроводности.

Аналитическое описание процесса. Условия однозначности. Охлаждение (нагревание) неограниченной пластины. Решение уравнения методом разделения переменных. Числа БИО и ФУРЬЕ. Распределение температур в пластине в зависимости от значений чисел БИО и ФУРЬЕ. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Охлаждение параллелепипеда.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	Лекции	Практ	Лабор	
1	Обобщение результатов исследований	10	4	2	2	-	6
2	Теплообмен излучением	10	4	2	-	2	6
3	Конвективный теплообмен	24	10	6	-	4	14
4	Гидродинамический и тепловой пограничные слои	11	6	2	-	4	5
5	Теория подобия. Критерии подобия	29	12	4	-	8	17
6	Обработка результатов опыта	14	4	2	2	-	10
7	Конвективный теплообмен в плоскостных блоках на микросхемах	16	6	4	2	-	10
8	Нестационарные процессы теплопроводности	18,5	8	4	4	-	10,5
9	Консультации в семестре	7					7
10	Экзамен и консультации	40,5					40,5
11	Самостоятельные занятия						78,5
	Всего:	**180**	**54**	**26**	**10**	**18**	**126**

Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

Виды лабораторных работ

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Расчет среднеповерхностной температуры герметичного корпуса при сложном тепломассообмене	Изучение теплового режима ЭВА с системами естественного и принудительного охлаждения.	4
2	Расчет среднеповерхностной температуры нагретой зоны ЭВА в герметичном корпусе при сложном тепломассообмене	Изучение теплового режима ЭВА с системами естественного охлаждения	4
3	Исследование теплового режима ЭВА	Изучение теплового режима ЭВА с системами принудительного охлаждения	4

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
	с воздушным охлаждением при сложном тепломассообмене		
4	Кондуктивный тепломассобмен	Распространение теплоты через плоскую стенку	4
5	Кондуктивный тепломассобмен	Распространение теплоты через цилиндрическую стенку	2

Виды практических работ

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
1	Рекуперативные теплообменники	Основные положения теплового расчета. Среднетемпературный напор. Количество передаваемой теплоты	2
2	Кондукция, конвекция, излучение	Температурный режим нагретой зоны одиночного блока	4
3	Кондукция, конвекция, излучение	Температурный режим перфорированного блока	2
4	Кондукция, конвекция, излучение	Температурный режим элементов блока с принудительным охлаждением	2

Виды самостоятельных работ

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Конвективный теплообмен	Уравнения Навье-Стокса. Критерии Нуссельта, Грасхофа, Рейнольдса, Пекле. Теория подобия	14
2	Метод тепловых схем	Тепловой расчет блока с вертикально ориентированными кассетами	10
3	Теплопроводность	Температурное поле. Температурный градиент. Плотность теплового потока. Уравнения Фурье, Пуассона и Лапласа	10
4	Системы охлаждения ЭА. Теплообменные устройства	Расчет рекуперативных теплообменников прямоточной и противоточной конструкций. Уравнения теплопередачи и теплового баланса. Конструктивный и поверочный расчеты	10
5	Термодинамические основы охлаждения	Термоэлектрические охлаждающие устройства. Дроссельные микроохладители. Компрессионные холодильные машины. Вихревые трубы. Тепловые трубы	10

6	Нестационарные процессы теплопроводности	Вывод дифференциального уравнения для прямоугольного стержня при нестационарной теплопроводности. Условия однозначности. Числа Био и Фурье	10,5
7	Теория подобия. Критерии подобия	Аналогичные и подобные процессы. Теоремы подобия	14

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1) Коваленко Вик.В., Кулавина Н.Ю., Шашкина Г.А. Тепловой анализ сборки в Solidworks Simulations: методические указания к лабораторной работе / РГРТУ. Рязань, 2013, 16 с.
2) Фефелов А.А. Определение теплоемкости твердого тела: методические указания к лабораторной работе / РГРТУ. Рязань, 2010, 8 с.
3) Кирюшин Д.В., Тюрин М.Ю. Измерение отношения удельных теплоемкостей: методические указания к лабораторной работе / РГРТУ. Рязань, 2008, 8 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Методы тепловой защиты конструкций ЭС»).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная учебная литература:

1) Дьяконов В.Г. Основы теплопередачи и массообмена [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Дьяконов, О.А. Лонщаков. – Электрон. текстовые данные. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. – 244 с. – 978-5-7882-1813-7. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks" – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63714.html
2) Белкин П.Н., Шадрин С.Ю. Теплофизика [Электронный ресурс] : сборник задач / П.Н. Белкин. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2013. – 51 с. –2227-8397. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"– Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/18392.html
3) Кудинов И.В., Кудинов В.А., Еремин А.В., Колесников С.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях. Издательство "Лань". Электронно-библиотечная система «Лань». 2015. 208 с.
Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/56168?category_pk=2577#book_name
4) Дерюгин В.В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Дерюгин, В.Ф. Васильев, В.М. Уляшева. – Электрон. текстовые данные. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 244 с. – 978-5-9227-0690-2. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/74378.html.

Дополнительная учебная литература:

1) Губарев В.Я., Арзамасцев А.Г. Тепломассобмен [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / – Электрон. текстовые данные. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. – 18 с. – 2227-8397. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks" – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55162.html

2) Логинов В.С., Крайнов А.В., Юхнов В.Е., Феоктистов Д.В. Примеры и задачи по тепломассообмену. Издательство "Лань". Электронно-библиотечная система «Лань». 2017. 256 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93718?category_pk=2577#book_name

3) Нестерук Д.А. Тепловой контроль и диагностика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.А. Нестерук, В.П. Вавилов. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 112 с. – 978-5-98298-688-7. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks". Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34724.html

8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Электронные образовательные ресурсы:

1) Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С., Андреева М.В. Теплотехника. Практический курс. Издательство "Лань". Электронно-библиотечная система «Лань». 2017. 192 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/96253?category_pk=2577#book_name

2) Овчинников Ю.В. Основы технической термодинамики [Электронный ресурс] : учебник / Ю.В. Овчинников. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 293 с. – 978-5-7782-1303-6. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/47708.html/

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1) Кириллов П.Л. Имена и числа подобия [Электронный ресурс] : очерки об ученых / П.Л. Кириллов. – Электрон. текстовые данные. – Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2010. – 336 с. – 978-5-93972-815-7. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16528.html.

2) Андреев В.В. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебник / В.В. Андреев, В.А. Лебедев, Б.И. Спесивцев. – Электрон. текстовые данные. – СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. – 288 с. – 978-5-94211-754-2. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks" – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/7

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины требуется предварительная подготовка в области физики и математики.

Методические указания при проведении практических работ описаны в методических указаниях к лабораторным работам. Обязательное условие успешного усвоения курса – большой объём самостоятельно проделанной работы.

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю в ходе подготовки к практическому занятию.

Перед выполнением практического занятия необходимо внимательно ознакомиться с заданием. Желательно заранее выполнить подготовку проекта в инструментальной среде, чтобы на практическом занятии осталось время для сдачи работы.

Перед сдачей работы рекомендуется ознакомиться со списком вопросов изучаемой темы и попытаться самостоятельно на них ответить, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу. Таким образом, вы сможете сэкономить свое время и время преподавателя.

Кроме чтения учебной литературы из обязательного списка рекомендуется активно использовать информационные ресурсы сети Интернет по изучаемой теме. Ответы на многие

вопросы, связанные с расчетом температурных режимов конструкций ЭА вы можете получить в сети Интернет, посещая соответствующие информационные ресурсы.

Самостоятельное изучение тем учебной дисциплины способствует:

– закреплению знаний, умений и навыков, полученных в ходе аудиторных занятий;

– углублению и расширению знаний по отдельным вопросам и темам дисциплины;

– освоению умений прикладного и практического использования полученных знаний в области расчета температурных режимов конструкций электронной аппаратуры;

Самостоятельная работа как вид учебной работы может использоваться на лекциях и практических занятиях, а также иметь самостоятельное значение – внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – при подготовке к лекциям, практическим занятиям, а также к экзамену.

Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:

– самостоятельное изучение отдельных вопросов и тем дисциплины «Методы тепловой защиты конструкций ЭС»;

– выполнение домашнего задания: подготовка очередного практического занятия;

– подготовка к защите практического задания, оформление отчета.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень лицензионного программного обеспечения:

1) Операционная система Windows XP (лицензия Microsoft DreamSpark Membership ID 700102019);
2) Программное обеспечение локальной сети кафедры САПР ВС Ethernet.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для освоения дисциплины необходимы:

1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

2) для проведения практических занятий необходим класс персональных компьютеров с инсталлированными операционными системами Microsoft Windows XP;

3) для проведения лекций и практических занятий аудитория должна быть оснащена проекционным оборудованием**.**

Программу составили
д.т.н., проф. кафедры САПР ВС Шибанов А.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании
кафедры САПР ВС (протокол № 7 от 23.05.2018 г.)

Зав. кафедрой САПР ВС
д.т.н., проф. Корячко В.П.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Рязанский государственный радиотехнический университет»

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

«СОГЛАСОВАНО»

Декан института
магистратуры и аспирантуры
_____ А.В. Корячко

«___»_____2018 г.

Руководитель ОПОП
_____ В.П. Корячко

«___»_____2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе
_____ К.В. Бухенский

«___»_____2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.Б.05 «Методы тепловой защиты конструкций ЭС»

Направление подготовки

11.04.03 Конструирование и технология электронных средств

ОПОП магистратуры

«Конструирование и технология электронно-вычислительных средств»

Квалификация (степень) выпускника — магистр

Форма обучения — очная, очно-заочная

Рязань, 2018 г.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы магистратуры

Рабочая программа дисциплины «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» является составной частью основной профессиональной образовательной программой магистратуры (ОПОП) «Конструирование и технология электронно-вычислительных средств», разработанной в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» (уровень магистратуры), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30 октября 2014 г. N 1405.

Целью освоения дисциплины «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» является изучение подходов к расчету тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры в профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

1) Получение теоретических знаний о принципах расчета тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры для решения теоретических и прикладных задач.

2) Приобретение умения использовать принципы расчета тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры.

3) Приобретение практических навыков в области расчета тепловых режимов конструкций электронной аппаратуры для решения теоретических и прикладных задач и внедрения результатов в производство.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Коды компетенций	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-4	Способность *самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области*	Знать: современные подходы к сбору статистических данных для *самостоятельного приобретения и использования в практической деятельности новых знаний и умений* в области тепловой защиты конструкций ЭС. Уметь: учитывать влияние входных переменных на результаты *самостоятельного приобретения и использования в практической деятельности новых знаний и умений* в области температурной защиты ЭС. Владеть: методами *самостоятельного приобретения и использования в практической деятельности новых знаний и умений* в области температурной защиты конструкций ЭС.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» является обязательной частью блока №1 дисциплин магистратуры ОПОП «Конструирование и технология электронно-вычислительных средств» по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» ФГБОУ ВО «РГРТУ».

Дисциплина изучается по очной и очно-заочной формам обучения на 1 курсе в 1 семестре.

Пререквизиты дисциплины. Для освоения дисциплины обучающийся должен иметь компетенции, полученные в результате освоения дисциплин «Физика», «Математика», «Тепломассообмен в ЭС» по программе бакалавриата. Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– расчет конструкций ЭС коэффициентным методом;

– методы расчета конструкций ЭС на основе конвективных процессов;

– методы расчета конструкций ЭС с учетом совместного воздействия кондукции, теплового излучения и конвекции;

уметь:

– осуществлять сбор и анализ исходных данных из различных источников с использованием современных информационных технологий;

– разрабатывать программы для моделирования температурных режимов ЭА;

владеть:

– навыками алгоритмизации и программной реализации типовых задач расчета температурных режимов ЭА;

– методиками работы со стандартными пакетами прикладных программ для расчета температурных режимов ЭА.

Взаимосвязь с другими дисциплинами. Курс «Методы тепловой защиты конструкций ЭС» содержательно и методологически взаимосвязан с другими курсами, такими как: «Моделирование конструкций и технологических процессов», «Схемотехническое проектирование ЭС».

Программа курса ориентирована на возможность расширения и углубления знаний, умений и навыков магистра для успешной профессиональной деятельности.

Постреквизиты дисциплины. Компетенции, полученные в результате освоения дисциплины необходимы обучающемуся при изучении следующих дисциплин: «Преддипломная практика», «Выпускная квалификационная работа».

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц (ЗЕ), 180 часов.

Вид учебной работы	**Всего часов**		
	Очная форма	**Очно-заочная форма**	**Заочная форма**
Общая трудоемкость дисциплины, в том числе:	180	180	-
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	54	54	-
Лекции	26	26	-
Лабораторные работы	18	18	-
Практические занятия	10	10	-
Самостоятельная работа обучающихся (всего), в том числе:	126	126	-
Курсовая работа / курсовой проект	-	-	-
Подготовка к экзамену, консультации	40,5	40,5	-
Консультации в семестре	7	7	-
Самостоятельные занятия	78,5	78,5	-
Вид промежуточной аттестации обучающихся:	экзамен	экзамен	-

4. Содержание дисциплины

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Тема 1. Обобщение результатов исследований.

Аналитические методы исследования. Экспериментальные методы исследования, использование компьютеров. Коэффициентный метод. Расчет конструкций с герметичным и

перфорированным корпусами и с принудительной вентиляцией.

Тема 2. Теплообмен излучением.

Черные, зеркальные и прозрачные тела. Монохроматическое и сложное излучения. Лучистый поток, излучательность. Спектральная излучательность черного тела, закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Коэффициент черноты. Длины волн лучистой энергии. Коэффициент облученности и приведенная степень черноты.

Тема 3. Конвективный теплообмен.

Уравнения Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплообмена. Физические свойства жидкости при анализе теплообмена. Закон Ньютона для жидкости. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Дифференциальное уравнение конвективного обмена. Уравнения энергии, движения, сплошности. Условия однозначности.

Тема 4. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.

Уравнение теплоотдачи. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой.

Тема 5. Теория подобия. Критерии подобия.

Приведение математической формулировки краевой задачи к записи в безразмерных переменных. Метод масштабных преобразований. Температурный коэффициент объемного расширения. Безразмерные величины. Числа подобия: Нуссельта, Рейнольдса, Пекле, Грасхофа. Независимые и зависимые переменные, постоянные величины. Уравнения подобия. Число Прандтля. определяемые и определяющие числа, критерии подобия. Условия подобия физических процессов. Аналогичные, но не подобные физические процессы. Теоремы подобия. Теория подобия как теория эксперимента.

Тема 6. Обработка результатов опыта.

Определяющая температура и определяющий размер при свободной и вынужденной конвекции. Практический способ получения уравнений подобия. Апроксимирующая формула, нахождение коэффициентов.

Тема 7. Частные случаи конвективного теплообмена.

Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Движение жидкости вдоль пластины; свободная конвекция у вертикальной пластины; течение жидкости в канале. Свободная конвекция около нагретой вертикально ориентированной стенки. Свободная конвекция в неограниченном пространстве (охлаждение жидкости происходит вдали): вертикальные плиты; бесконечно длинные проволоки; трубы; шары. Свободная конвекция в ограниченном пространстве: в вертикальных каналах и щелях, в горизонтальных щелях, в шаровых и горизонтальных цилиндрических прослойках. Коэффициент конвекции. Локальный коэффициент конвекции. Вертикальный канал. Вынужденная конвекция при внешнем обтекании тел. Продольное движение потока жидкости. Поперечное движение потока воздуха.

Тема 7. Конвективный теплообмен в плоскостных блоках на микросхемах.

Выражение для условий естественного теплообмена. Температура при естественной и вынужденной конвекции. Учет гидравлического сопротивления области между крышками микросхем. Теплоотдача в условиях вынужденной конвекции при различных величин зазоров: 1) цилиндрических корпусов со штыревыми выводами, h = 4 мм; 2) прямоугольных корпусов со штыревыми выводами, h = 5 мм; 3) прямоугольных корпусов с планарными выводами, h = 1 мм. Блоки с вертикальной ориентацией субблоков при естественной конвекции в перфорированных кожухах и без кожухов.

Тема 8. Нестационарные процессы теплопроводности.

Аналитическое описание процесса. Условия однозначности. Охлаждение (нагревание) неограниченной пластины. Решение уравнения методом разделения переменных. Числа БИО и

ФУРЬЕ. Распределение температур в пластине в зависимости от значений чисел БИО и ФУРЬЕ. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Охлаждение параллелепипеда.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем				Самостоятельная работа обучающихся
			Всего	Лекции	Практ	Лабор	
1	Обобщение результатов исследований	10	4	2	2	-	6
2	Теплообмен излучением	10	4	2	-	2	6
3	Конвективный теплообмен	24	10	6	-	4	14
4	Гидродинамический и тепловой пограничные слои	11	6	2	-	4	5
5	Теория подобия. Критерии подобия	29	12	4	-	8	17
6	Обработка результатов опыта	14	4	2	2	-	10
7	Конвективный теплообмен в плоскостных блоках на микросхемах	16	6	4	2	-	10
8	Нестационарные процессы теплопроводности	18,5	8	4	4	-	10,5
9	Консультации в семестре	7					7
10	Экзамен и консультации	40,5					40,5
11	Самостоятельные занятия						78,5
	Всего:	**180**	**54**	**26**	**10**	**18**	**126**

Виды практических, лабораторных и самостоятельных работ

Виды лабораторных работ

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Расчет среднеповерхностной температуры герметичного корпуса при сложном тепломассообмене	Изучение теплового режима ЭВА с системами естественного и принудительного охлаждения.	4
2	Расчет среднеповерхностной температуры нагретой зоны ЭВА в герметичном корпусе при сложном тепломассообмене	Изучение теплового режима ЭВА с системами естественного охлаждения	4

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
3	Исследование теплового режима ЭВА с воздушным охлаждением при сложном тепломассообмене	Изучение теплового режима ЭВА с системами принудительного охлаждения	4
4	Кондуктивный тепломассобмен	Распространение теплоты через плоскую стенку	4
5	Кондуктивный тепломассобмен	Распространение теплоты через цилиндрическую стенку	2

Виды практических работ

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудо-емкость, часов
1	Рекуперативные теплообменники	Основные положения теплового расчета. Среднетемпературный напор. Количество передаваемой теплоты	2
2	Кондукция, конвекция, излучение	Температурный режим нагретой зоны одиночного блока	4
3	Кондукция, конвекция, излучение	Температурный режим перфорированного блока	2
4	Кондукция, конвекция, излучение	Температурный режим элементов блока с принудительным охлаждением	2

Виды самостоятельных работ

Очная и очно-заочная формы обучения

№ п/п	Тема	Наименование и содержание работы	Трудоемкость, часов
1	Конвективный теплообмен	Уравнения Навье-Стокса. Критерии Нуссельта, Грасхофа, Рейнольдса, Пекле. Теория подобия	14
2	Метод тепловых схем	Тепловой расчет блока с вертикально ориентированными кассетами	10
3	Теплопроводность	Температурное поле. Температурный градиент. Плотность теплового потока. Уравнения Фурье, Пуассона и Лапласа	10
4	Системы охлаждения ЭА. Теплообменные устройства	Расчет рекуперативных теплообменников прямоточной и противоточной конструкций. Уравнения теплопередачи и теплового баланса. Конструктивный и поверочный расчеты	10
5	Термодинамические основы охлаждения	Термоэлектрические охлаждающие устройства. Дроссельные микроохладители.	10

		Компрессионные холодильные машины. Вихревые трубы. Тепловые трубы	
6	Нестационарные процессы теплопроводности	Вывод дифференциального уравнения для прямоугольного стержня при нестационарной теплопроводности. Условия однозначности. Числа Био и Фурье	10,5
7	Теория подобия. Критерии подобия	Аналогичные и подобные процессы. Теоремы подобия	14

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1) Коваленко Вик.В., Кулавина Н.Ю., Шашкина Г.А. Тепловой анализ сборки в Solidworks Simulations: методические указания к лабораторной работе / РГРТУ. Рязань, 2013, 16 с.
2) Фефелов А.А. Определение теплоемкости твердого тела: методические указания к лабораторной работе / РГРТУ. Рязань, 2010, 8 с.
3) Кирюшин Д.В., Тюрин М.Ю. Измерение отношения удельных теплоемкостей: методические указания к лабораторной работе / РГРТУ. Рязань, 2008, 8 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств приведен в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ «Оценочные материалы по дисциплине «Методы тепловой защиты конструкций ЭС»).

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная учебная литература:

1) Дьяконов В.Г. Основы теплопередачи и массообмена [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Г. Дьяконов, О.А. Лонщаков. – Электрон. текстовые данные. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. – 244 с. – 978-5-7882-1813-7. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks" – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/63714.html
2) Белкин П.Н., Шадрин С.Ю. Теплофизика [Электронный ресурс] : сборник задач / П.Н. Белкин. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2013. – 51 с. –2227-8397. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"– Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/18392.html
3) Кудинов И.В., Кудинов В.А., Еремин А.В., Колесников С.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях. Издательство "Лань". Электронно-библиотечная система «Лань». 2015. 208 с.
Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/56168?category_pk=2577#book_name
4) Дерюгин В.В. Тепломассообмен [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Дерюгин, В.Ф. Васильев, В.М. Уляшева. – Электрон. текстовые данные. – СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. – 244 с. – 978-5-9227-0690-2. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/74378.html.

Дополнительная учебная литература:

1) Губарев В.Я., Арзамасцев А.Г. Тепломассобмен [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям / – Электрон. текстовые данные. – Липецк: Липецкий госу-

дарственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. – 18 с. – 2227-8397. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks" – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55162.html

2) Логинов В.С., Крайнов А.В., Юхнов В.Е., Феоктистов Д.В. Примеры и задачи по тепломассообмену. Издательство "Лань". Электронно-библиотечная система «Лань». 2017. 256 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/93718?category_pk=2577#book_name

3) Нестерук Д.А. Тепловой контроль и диагностика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.А. Нестерук, В.П. Вавилов. – Электрон. текстовые данные. – Томск: Томский политехнический университет, 2010. – 112 с. – 978-5-98298-688-7. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks". Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34724.html

8. Перечень ресурсов информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Электронные образовательные ресурсы:

1) Круглов Г.А., Булгакова Р.И., Круглова Е.С., Андреева М.В. Теплотехника. Практический курс. Издательство "Лань". Электронно-библиотечная система «Лань». 2017. 192 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/96253?category_pk=2577#book_name

2) Овчинников Ю.В. Основы технической термодинамики [Электронный ресурс] : учебник / Ю.В. Овчинников. – Электрон. текстовые данные. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. – 293 с. – 978-5-7782-1303-6. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/47708.html/

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы:

1) Кириллов П.Л. Имена и числа подобия [Электронный ресурс] : очерки об ученых / П.Л. Кириллов. – Электрон. текстовые данные. – Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2010. – 336 с. – 978-5-93972-815-7. – Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks"
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/16528.html.

2) Андреев В.В. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебник / В.В. Андреев, В.А. Лебедев, Б.И. Спесивцев. – Электрон. текстовые данные. – СПб. : Санкт-Петербургский горный университет, 2016. – 288 с. – 978-5-94211-754-2. Электронно-Библиотечная Система "IPRbooks" – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/7

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины требуется предварительная подготовка в области физики и математики.

Методические указания при проведении практических работ описаны в методических указаниях к лабораторным работам. Обязательное условие успешного усвоения курса – большой объём самостоятельно проделанной работы.

Рекомендуется следующим образом организовать время, необходимое для изучения дисциплины:

Изучение конспекта лекции в тот же день, после лекции – 10-15 минут.

Изучение теоретического материала по учебнику и конспекту – 1 час в неделю в ходе подготовки к практическому занятию.

Перед выполнением практического занятия необходимо внимательно ознакомиться с заданием. Желательно заранее выполнить подготовку проекта в инструментальной среде, чтобы на практическом занятии осталось время для сдачи работы.

Перед сдачей работы рекомендуется ознакомиться со списком вопросов изучаемой темы и попытаться самостоятельно на них ответить, используя конспект лекций и рекомендуемую литературу. Таким образом, вы сможете сэкономить свое время и время преподавателя.

Кроме чтения учебной литературы из обязательного списка рекомендуется активно использовать информационные ресурсы сети Интернет по изучаемой теме. Ответы на многие вопросы, связанные с расчетом температурных режимов конструкций ЭА вы можете получить в сети Интернет, посещая соответствующие информационные ресурсы.

Самостоятельное изучение тем учебной дисциплины способствует:

– закреплению знаний, умений и навыков, полученных в ходе аудиторных занятий;

– углублению и расширению знаний по отдельным вопросам и темам дисциплины;

– освоению умений прикладного и практического использования полученных знаний в области расчета температурных режимов конструкций электронной аппаратуры;

Самостоятельная работа как вид учебной работы может использоваться на лекциях и практических занятиях, а также иметь самостоятельное значение – внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – при подготовке к лекциям, практическим занятиям, а также к экзамену.

Основными видами самостоятельной работы по дисциплине являются:

– самостоятельное изучение отдельных вопросов и тем дисциплины «Методы тепловой защиты конструкций ЭС»;

– выполнение домашнего задания: подготовка очередного практического занятия;

– подготовка к защите практического задания, оформление отчета.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень лицензионного программного обеспечения:

1) Операционная система Windows XP (лицензия Microsoft DreamSpark Membership ID 700102019);
2) Программное обеспечение локальной сети кафедры САПР ВС Ethernet.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для освоения дисциплины необходимы:

1) для проведения лекционных занятий необходима аудитория с достаточным количеством посадочных мест, соответствующая необходимым противопожарным нормам и санитарно-гигиеническим требованиям;

2) для проведения практических занятий необходим класс персональных компьютеров с инсталлированными операционными системами Microsoft Windows XP;

3) для проведения лекций и практических занятий аудитория должна быть оснащена проекционным оборудованием**.**

Программу составили
д.т.н., проф. кафедры САПР ВС Шибанов А.П.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании
кафедры САПР ВС (протокол № 7 от 23.05.2018 г.)

Зав. кафедрой САПР ВС
д.т.н., проф. Корячко В.П.