ПРИЛОЖЕНИЕ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина»

КАФЕДРА СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

«Тепломассообмен в ЭС»

Направление подготовки
11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

ОПОП академического бакалавриата
«Конструирование и технология электронно-вычислительных средств»

Квалификация (степень) выпускника — бакалавр
Форма обучения — очная

Рязань 2023

Оценочные материалы – это совокупность учебно-методических материалов (контрольных заданий, описаний форм и процедур), предназначенных для оценки качества освоения обучающимися данной дисциплины как части основной профессиональной образовательной программы.

Цель – оценить соответствие знаний, умений и уровня приобретенных компетенций обучающихся целям и требованиям основной профессиональной образовательной программы в ходе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Основная задача – обеспечить оценку уровня сформированности профессиональных компетенций, приобретаемых обучающимся в соответствии с этими требованиями.

Контроль знаний проводится в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости проводится с целью определения степени усвоения учебного материала, своевременного выявления и устранения недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по совершенствованию методики преподавания учебной дисциплины (модуля), организации работы обучающихся в ходе учебных занятий и оказания им индивидуальной помощи.

К контролю текущей успеваемости относятся проверка знаний, умений и навыков, приобретенных обучающимися в ходе выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах, а также проверка конспектов лекций. При оценивании результатов выполнения и защиты лабораторных работ применяется шкала оценки «зачтено – не зачтено». Количество лабораторных работ и их тематика определены рабочей программой дисциплины, утвержденной заведующим кафедрой.

Результат выполнения каждого индивидуального задания должен соответствовать всем критериям оценки в соответствии с компетенциями, установленными для заданного раздела дисциплины.

Промежуточный контроль по дисциплине осуществляется проведением экзамена.

Форма проведения экзамена – письменный ответ по утвержденным экзаменационным билетам, сформулированным с учетом содержания учебной дисциплины. В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса и одна задача. После выполнения письменной работы обучающегося производится ее оценка преподавателем и, при необходимости, проводится устная беседа с обучающимся для уточнения экзаменационной оценки.

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её части)	Вид, метод, форма оценочного мероприятия
1	Процессы тепло- и массообмена в природе	ПК-2.2	проверка конспектов, экзамен
2	Тепловое сопротивление и тепловой коэффициент. Тепловые цепи	ПК-2.2	проверка конспектов, экзамен
3	Кондукция. Уравнение теплопроводности. Краевые условия	ПК-2.2	экзамен
4	Системы охлаждения ЭА. Теплообменные устройства	ПК-2.2	проверка конспектов, экзамен
5	Термодинамические основы охлаждения	ПК-2.2	экзамен
6	Способы охлаждения. Конструктивные особенности ЭА с воздушным охлаждением	ПК-2.2	защита лабораторных работ, экзамен

7	Температурное поле стержней. Радиаторы	ПК-2.2	защита лабораторной работы, экзамен

Показатели и критерии оценивания компетенций

ПК-2: Способен разрабатывать конструкторскую документацию и документацию по проведению испытаний на составные части электронного, электромеханического, электрокоммутационного и электронно-информационного оборудования РКТ

Индикатор достижения компетенции	**Результаты обучения (показатели оценивания)**	**Оценочные средства**
ПК-2.2. Выполняет расчеты тепловых режимов работы составных частей электронного, электромеханического, электрокоммутационного и электронно-информационного оборудования РКТ	**Знать:** базовые принципы построения и расчета математических моделей для решения задач теплообмена в ЭС; методы сбора и анализа исходных данных для расчета деталей, узлов и модулей ЭС с совместным действием теплопроводности, излучения и конвекции	Проверка конспектов, тестирование, вопросы к экзамену
	Уметь: использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных для расчета теплового излучения, кондукции и конвективного теплообмена в ЭС с использованием стандартных программных средств; выбирать методику экспериментального исследования теплового режима аппаратуры	Защита лабораторных работ, задания для самостоятельной работы
	Владеть: инструментальными средствами моделирования и расчета узлов ЭВС; методиками расчета деталей, узлов и модулей ЭС в стационарном и нестационарном температурных режимах	Защита лабораторных работ, экзаменационная задача

Шкала оценки сформированности компетенций

В процессе оценки сформированности знаний, умений и навыков обучающегося по дисциплине, производимой на этапе промежуточной аттестации в форме экзамена, используется пятибалльная оценочная шкала.

«Отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется обучающимся, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

«Хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется обучающимся, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

«Удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных

программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

«Неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Типовые контрольные задания или иные материалы

Вопросы к тестам и контрольному опросу

По компетенции ПК-2.2

1. Назовите три основных вида переноса теплоты и укажите их физическую природу.
2. Сформулируйте закон Фурье. Что такое коэффициент теплопроводности и от чего он зависит?
3. Сформулируйте закон Ньютона–Рихмана. Что характеризует коэффициент теплоотдачи?
4. Сформулируйте закон Стефана–Больцмана. Что такое степень черноты поверхности?
5. Что такое тепловое сопротивление? Запишите выражение для теплового сопротивления плоской стенки.
6. Как рассчитывается тепловое сопротивление цилиндрической и сферической стенок?
7. Как применяются законы Кирхгофа для расчета тепловых цепей?
8. Как рассчитывается эквивалентное тепловое сопротивление при последовательном и параллельном соединении стенок?
9. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности. Что такое температуропроводность?
10. Перечислите граничные условия I, II, III и IV рода.
11. Как влажность влияет на тепловой режим электронных средств?
12. Чем отличаются прямоточная, противоточная и перекрестноточная схемы теплообменников?
13. Что такое среднелогарифмический температурный напор и когда его используют?
14. Поясните принцип действия компрессионной холодильной машины.
15. Объясните эффекты Пельтье, Зеебека и Томсона. Каковы достоинства и недостатки термоэлектрического охлаждения?
16. Поясните принцип действия вихревой трубы и тепловой трубы.
17. Сравните естественное и принудительное воздушное охлаждение по эффективности и области применения.
18. Какие критерии подобия (Nu, Re, Gr, Pr) используются при расчете конвективного теплообмена?
19. Чем отличаются ламинарный, переходный и турбулентный режимы течения теплоносителя?
20. Каковы особенности пузырькового и пленочного кипения? Что такое кризис кипения?
21. Запишите дифференциальное уравнение температурного поля стержня и граничные условия к нему.
22. Что такое эффективность ребра и эффективный коэффициент теплоотдачи радиатора?
23. Сравните пластинчатые, ребристые и игольчато-штыревые радиаторы.

24. Как выбрать радиатор для охлаждения транзистора по допустимой температуре p-n перехода?

Типовые задания для лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются бригадами по 2–3 человека. По каждой работе оформляется отчет; защита проводится в форме собеседования по контрольным вопросам.

1. Исследование температурного режима ЭА в герметичном корпусе

Экспериментально определить зависимость перегрева нагретой зоны и корпуса герметичного блока от рассеиваемой мощности. Сравнить результаты эксперимента с расчетом по методу нагретой зоны, оценить погрешность расчетной модели.

2. Исследование температурного режима ЭА с естественным воздушным охлаждением

Исследовать влияние перфорации корпуса и ориентации блока на перегрев нагретой зоны при естественной конвекции. Построить зависимости перегрева от мощности, рассчитать коэффициенты теплоотдачи.

3. Исследование теплового режима ЭА с принудительным воздушным охлаждением

Определить зависимость перегрева нагретой зоны от расхода воздуха и рассеиваемой мощности при принудительной вентиляции. Рассчитать требуемый расход воздуха для обеспечения заданной температуры.

4. Подбор радиатора для охлаждения транзистора

По заданной мощности рассеяния, допустимой температуре p-n перехода и температуре среды рассчитать требуемое тепловое сопротивление радиатора, выбрать тип и размеры радиатора, проверить тепловой режим расчетом и экспериментом.

Типовые задачи для практической и самостоятельной работы

1. Плоская стенка корпуса толщиной 3 мм выполнена из алюминиевого сплава ($\lambda = 160$ Вт/(м·К)). Через стенку площадью 0,04 м² проходит тепловой поток 50 Вт. Определить перепад температур на стенке.
2. Составить тепловую схему и определить температуру кристалла микросхемы, если известны тепловые сопротивления «кристалл–корпус», «корпус–плата», «плата–среда» и рассеиваемая мощность.
3. Рассчитать эквивалентное тепловое сопротивление трехслойной стенки (сталь – теплоизоляция – пластик) при заданных толщинах и коэффициентах теплопроводности слоев.
4. Определить тепловой поток через стенку цилиндрического корпуса длиной 0,2 м с внутренним диаметром 50 мм и наружным 56 мм при перепаде температур 10 К.
5. Определить коэффициент теплоотдачи естественной конвекцией от вертикальной пластины высотой 0,1 м при перегреве 30 К, используя критериальные уравнения.
6. Рассчитать лучистый тепловой поток от корпуса блока площадью 0,5 м² со степенью черноты 0,9 при температуре корпуса 60 °С и температуре среды 20 °С.
7. Рассчитать требуемую площадь теплообменника типа «воздух–воздух» при заданных расходах и температурах теплоносителей, используя среднелогарифмический температурный напор.
8. Рассчитать температурное поле стержня (ребра) постоянного сечения с теплоотдачей с боковой поверхности; определить эффективность ребра.
9. Подобрать термоэлектрический модуль для охлаждения фотоприемника с тепловой нагрузкой 2 Вт до температуры 0 °С при температуре среды 25 °С.
10. Определить расход воздуха для принудительного охлаждения блока мощностью 200 Вт при допустимом подогреве воздуха 10 К.

Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Процессы тепло- и массообмена в природе. Виды переноса теплоты.
2. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности материалов ЭС.
3. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона–Рихмана. Коэффициент теплоотдачи.
4. Тепловое излучение. Законы Стефана–Больцмана и Кирхгофа для излучения.
5. Тепловое сопротивление плоской, цилиндрической и сферической стенок.
6. Составные стенки. Последовательное, параллельное и сложное соединение стенок.
7. Тепловые цепи. Применение законов Кирхгофа при расчетах тепловых режимов ЭС.
8. Сложный теплообмен. Суммарный коэффициент теплоотдачи.
9. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Температуропроводность.
10. Условия однозначности. Граничные условия I–IV рода.
11. Стационарное температурное поле оболочек различной формы.
12. Влияние влажности на тепловой режим ЭС.
13. Теплообменники прямоточные, противоточные, перекрестного тока.
14. Рекуперативные теплообменники. Конструкторский и поверочный расчеты.
15. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи. Водяные эквиваленты.
16. Средняя разность температур. Среднелогарифмический температурный напор.
17. Выбор компактного теплообменника для ЭА. Стандартные теплообменники.
18. Компрессионные холодильные машины.
19. Газовые криогенные машины. Адиабатное расширение сжатых газов.
20. Дроссельные микроохладители. Конструкция дроссельного микроохладителя.
21. Термоэлектрическое охлаждение. Эффекты Пельтье, Зеебека, Томсона.
22. Достоинства и недостатки термоэлектрического охлаждения. Микрохолодильники для ЭС.
23. Вихревые трубы. Тепловые трубы. Сравнительные характеристики холодильных машин.
24. Естественное воздушное охлаждение ЭА.
25. Принудительное воздушное охлаждение ЭА. Расчет расхода воздуха.
26. Естественное и принудительное жидкостное охлаждение.
27. Ламинарный, переходный и турбулентный режимы течения. Критерии подобия.
28. Испарительное охлаждение. Пузырьковый и пленочный режимы кипения.
29. Тепловой режим контейнеров высотных самолетов и космических аппаратов.
30. Конструктивные особенности ЭА с воздушным охлаждением: стойки, шкафы, контейнеры.
31. Конструкции блоков (на вертикальном шасси, с откидными кассетами, книжной конструкции) и их тепловой режим.
32. Оребрение поверхностей охлаждения.
33. Температурное поле стержня. Вывод уравнения Фурье для стержня.
34. Учет теплоотдачи с торца стержня. Интегрирование уравнения для стержня.
35. Радиаторы: пластинчатые, ребристые, игольчато-штыревые. Эффективный коэффициент теплоотдачи.
36. Методика подбора радиатора для охлаждения полупроводникового прибора.

Составил
доцент кафедры САПР ВС
к.т.н., доцент Ю.А. Копейкин

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**22.0**8.**2**3 15:28 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	**ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ,** Корячко Вячеслав Петрович, Заведующий кафедрой САПР	**22.0**8.**2**3 15:28 (MSK)	Простая подпись