



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЕиС
И.Ю. Мезин

19.02.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ

Направление подготовки (специальность)
12.03.01 Приборостроение

Направленность (профиль/специализация) программы
Интеллектуальные системы неразрушающего контроля

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
заочная

| | |
|---------------------|--|
| Институт/ факультет | Институт естествознания и стандартизации |
| Кафедра | Физики |
| Курс | 3 |

Магнитогорск
2024 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 945)


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики
02.02.2024, протокол № 4

Зав. кафедрой  Д.М. Долгушин


Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС
19.02.2024 г. протокол № 5

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры физики, канд. техн. наук

 М.В. Вечеркин

Рецензент:

зав. кафедрой ПМИИ, д-р техн. наук  Ю.А. Извеков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Д.М. Долгушин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями преподавания дисциплины «Тепловой контроль» является формирование у студентов теоретической базы и основ методологии теплового вида контроля при проектировании, внедрении, эксплуатации приборов и систем неразрушающего контроля качества и диагностики.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Тепловой контроль входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Информатика и основы программирования

Математика

Физика конденсированного состояния

Материаловедение

Методы контроля и диагностики

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/ практик:

Организация службы контроля и диагностики

Основы автоматизации измерений и контроля в промышленности

Производственная – преддипломная практика

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Тепловой контроль» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции |
|----------------|--|
| ПК-1 | Способен осуществлять подготовку контролируемого объекта и средств контроля к выполнению НК |
| ПК-1.1 | Оценивает условия контроля, состояние контролируемого объекта и средств контроля согласно требований нормативно-технической документации |
| ПК-1.2 | Осуществляет настройку и оценку параметров неразрушающего контроля с соблюдением требований охраны труда |
| ПК-9 | Способен выполнять тепловой контроль контролируемого объекта |
| ПК-9.1 | Проводит тепловой контроль согласно составленной технологической карте |
| ПК-9.2 | Осуществляет оценку качества контролируемого объекта согласно нормативно-технической документации |

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 14,9 академических часов;
- аудиторная – 12 академических часов;
- внеаудиторная – 2,9 академических часов;
- самостоятельная работа – 120,4 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;
- подготовка к экзамену – 8,7 академических часов

Форма аттестации - экзамен

| Раздел/ тема дисциплины | Курс | Аудиторная контактная работа (в академических часах) | | | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции |
|---|------|--|-----------|-------------|---------------------------------|---|---|-----------------|
| | | Лек. | лаб. зан. | практ. зан. | | | | |
| 1. Физические основы теплового контроля | | | | | | | | |
| 1.1 Общие вопросы теплового неразрушающего контроля. Источники тепловых потоков и поля температур. Механизмы теплообмена. Основные понятия теплообмена. | 3 | 0,5 | 1 | | 20 | Самостоятельное изучение учебной литературы. Конспектирование и дополнительное материала. | Устный опрос. Проверка опорного конспекта. | ПК-1.1, ПК-1.2 |
| 1.2 Закон Фурье. Закон Ньютона. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопередача через плоскую стенку. | | 0,5 | 1 | | 20,4 | Самостоятельное изучение учебной литературы. Конспектирование и дополнительное материала. | Устный опрос. Проверка опорного конспекта. | |
| 1.3 Основные понятия теплового излучения. Закон Кирхгофа. Закон Планка. Закон Стефана-Больцмана. Закон Вина. Закон Ламберта. | | 1 | 1 | | 20 | Самостоятельное изучение учебной литературы. Конспектирование и дополнительное материала. | Устный опрос. Проверка опорного конспекта. | |
| Итого по разделу | | 2 | 3 | | 60,4 | | | |
| 2. Методы и средства теплового контроля | | | | | | | | |
| 2.1 Индикаторы тепловых полей и первичные преобразователи тепловых величин. Контактные методы теплового неразрушающего контроля. | 3 | 0,5 | 1 | | 20 | Самостоятельное изучение учебной литературы. Конспектирование и дополнительное материала. | Устный опрос. Проверка опорного конспекта. | |

| | | | | | | | | |
|--|---|-----|---|--|-------|---|--|--|
| 2.2 Методы пирометрии: цветовой, яркостной и радиационный. Устройство пирометра. | | 0,5 | 2 | | 20 | Самостоятельное изучение учебной литературы. Конспектирование и дополнительное материала. | Устный опрос. Проверка опорного конспекта. | |
| 2.3 Тепловизионные методы контроля. Визуализация тепловых полей. Устройство тепловизора: структура, принцип действия, характеристики. Дефектоскопия и интроскопия тепловыми методами. Погрешности при термографировании. | | 1 | 2 | | 20 | Самостоятельное изучение учебной литературы. Конспектирование и дополнительное материала. | Устный опрос. Проверка опорного конспекта. | |
| Итого по разделу | | 2 | 5 | | 60 | | | |
| 3. Экзамен | | | | | | | | |
| 3.1 Экзамен | 3 | | | | | | | |
| Итого по разделу | | | | | | | | |
| Итого за семестр | | 4 | 8 | | 120,4 | | экзамен | |
| Итого по дисциплине | | 4 | 8 | | 120,4 | | экзамен | |

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Тепловой контроль» используются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Тепловой контроль» происходит с использованием мультимедийного и лабораторного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении лабораторных работ и практических занятий используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе оформления отчетов и анализе результатов лабораторных работ, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Мойсейчик, Е. А. Тепловой контроль материалов, стальных конструкций и машин : монография / Е. А. Мойсейчик. — Минск : БНТУ, 2022. — 218 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/325718> (дата обращения: 13.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Федоров, Б. В. Организация службы неразрушающего контроля и диагностики : учебное пособие / Б. В. Федоров. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2013. — 202 с. — ISBN 978-5-9961-0833-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64532> (дата обращения: 13.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Поляков, Ю. О. Неразрушающий контроль и диагностика : учебное пособие / Ю. О. Поляков. — Новосибирск : НГТУ, 2023. — 110 с. — ISBN 978-5-7782-4951-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/404240> (дата обращения: 13.04.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

| Наименование ПО | № договора | Срок действия лицензии |
|---|---------------------------|------------------------|
| 7Zip | свободно распространяемое | бессрочно |
| Браузер Yandex | свободно распространяемое | бессрочно |
| MathCAD v.15 Education University Edition | Д-1662-13 от 22.11.2013 | бессрочно |

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

| Название курса | Ссылка |
|--|--|
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar) | URL: https://scholar.google.ru/ |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова | https://host.megaprolib.net/MP0109/Web |

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории Оснащение аудитории

Лекционная аудитория 388, 394 Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Лабораторные аудитории 175, 177, 179 Лабораторные установки, приборы, стенды, и т. д. для выполнения лабораторных работ.

Учебные аудитории 181, 182, 183, 185, 187, 198 Доска, экран.

Компьютерный класс Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Лекционные занятия проводятся с использованием презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук). В качестве наглядного материала используются отдельные элементы техники СВЧ: генератор, клистрон, магнетрон, волноводы, аттенюаторы, тройники, измерительная линия, антенны, фазовращатели.

При проведении лабораторных занятий используются:

1. Лабораторная установка для изучения радиационного способа измерения температуры (ауд. 198)

2. Пирометр радиационный CENTER 350/352 (3 шт.).

3. Термометр контактный погружной TESTO-905-T1.

4. Измеритель температуры поверхности контактный TESTO-905-T2.

5. Термовлагомер DT-625.

6. Люксметры ТКА-ПКМ-02, ТКА-ПКМ-06.

7. Видеоэндоскоп BS-150.

8. Тепловизор TESTO-875.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Аудиторная самостоятельная работа студентов на практических занятиях осуществляется под контролем преподавателя в виде решения задач и выполнения упражнений, которые определяет преподаватель для студента.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов осуществляется в виде чтения с проработкой материала и выполнения домашних заданий с консультациями преподавателя.

| Раздел/ тема дисциплины | Вид самостоятельной работы | Формы контроля |
|--|--|---|
| Раздел 1. Основные сведения о дисциплине. Цель и задачи изучения дисциплины. Термины и определения. Общность природы радиоволнового, теплового и оптического излучения. Спектр электромагнитных волн. Краткий обзор и анализ методов теплового контроля. | - самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование дополнительного материала | Устный опрос, проверка опорного конспекта |
| Тема 3.1 Физические основы теплового контроля. Общие вопросы теплового неразрушающего контроля. Источники тепловых потоков и поля температур. Механизмы теплопередачи – теплопроводность, конвекция, излучение. Основные законы теплопередачи – законы Фурье, Ньютона, Стефана-Больцмана. Дифференциальное уравнение теплопроводности. | - самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование дополнительного материала | Устный опрос, проверка опорного конспекта |
| Тема 3.2 Элементная база и средства теплового контроля. Индикаторы тепловых полей и первичные преобразователи тепловых величин. Контактные методы теплового неразрушающего контроля. | - самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование дополнительного материала | Устный опрос, проверка опорного конспекта |
| Расчетно-графическая работа №1 «Выбор термоэлектрического преобразователя и его согласование с АЦП» | - оформление расчетно-графической работы. | Проверка выполненной РГР. Устный опрос. |
| Тема 3.3 Принципы | - самостоятельное | Устный опрос, |

| Раздел/ тема дисциплины | Вид самостоятельной работы | Формы контроля |
|--|---|---|
| <i>бесконтактного измерения температуры.</i> Базовые понятия теории теплового излучения. Закон Планка. Цветовые, яркостные и радиационные пирометры. | изучение учебной литературы; - конспектирование дополнительного материала. | проверка опорного конспекта |
| <i>Лабораторная работа №1</i> «Измерение температуры поверхности твердого тела радиационным пирометром» | - подготовка конспекта лабораторной работы; - оформление отчета по лабораторной работе. | Защита лабораторной работы №1 |
| <i>Тема 3.4 Тепловизионные методы контроля.</i> Визуализация тепловых полей. Тепловизоры – структура, принцип действия, характеристики. Дефектоскопия и интроскопия тепловыми методами. | - самостоятельное изучение учебной литературы; - конспектирование дополнительного материала. | Устный опрос, проверка опорного конспекта |
| <i>Лабораторная работа №2</i> «Изучение температурного поля ограждающих конструкций зданий с помощью тепловизора» | - подготовка конспекта лабораторной работы; - оформление отчета по лабораторной работе. | Защита лабораторной работы №2 |

Приложение 2

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Оценке в баллах подлежат:

- 1) опорный конспект и устный опрос по темам (каждый студент опрашивается не менее, чем по одной из тем каждого раздела, конспекты проверяются по всем темам);
- 2) конспекты и отчеты по лабораторным работам;
- 3) устная защита лабораторных работ;
- 4) реферат и публичный доклад с защитой;
- 5) расчетно-графическая работа

Оформление отчетов о выполнении лабораторных работ

Выполнение лабораторной работы оценивается по отчету. Работа считается выполненной только при наличии всех составляющих, предусмотренных установленными нормами и порядком выполнения работы: титульный лист; название и цель работы; задание на выполнение работы; исходные данные; схему эксперимента; результаты измерений и расчетов; таблицы, рисунки и графики; выводы по работе. Отчет о лабораторной работе выполненный с отступлением от норм оформления, содержащий ошибки и неточности может быть оценен меньшим количеством баллов или возвращен студенту на доработку.

Защита лабораторных работ

Защита лабораторной работы проходит в устной форме. К защите работы допускается студент сдавший отчет о лабораторной работе. На защите студент демонстрирует:

- владение терминами и определениями по теме защиты;
- понимание сути проведенного эксперимента;
- понимание физических принципов работы изучаемого метода;
- умение сопоставлять полученные экспериментальные результаты с исходными теоретическими предпосылками;
- умение анализировать и обобщать результаты проделанной работы.

Для получения допуска к защите студентом представляется отчет по лабораторной работе и опорный конспект лекций, выполненный самостоятельно.

Критерии оценки устной защиты:

– на оценку **«отлично»** – студент должен показать высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – студент должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку **«неудовлетворительно»** – студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Вопросы к защите тем:

1. Что такое неразрушающий контроль?
2. По каким направлениям распределяются средства неразрушающего контроля?
3. Перечислите виды НК.
4. Укажите длины волн границ диапазонов электромагнитного спектра.
5. По каким признакам подразделяют виды контроля на методы?
6. Укажите границы диапазона инфракрасного излучения. Назовите поддиапазоны ИК-излучения. Какие диапазоны длин волн в тепловом диапазоне называют «средневолновой» (СВ) и «длинноволновой» (ДВ)?
7. Что такое тепловой контроль? На чем основан пирометрический метод теплового контроля? Что такое инфракрасная термография?
8. Приведите возможные схемы теплового контроля и их сочетания: активный, пассивный, односторонний, двусторонний, стационарный, нестационарный, синхронный, несинхронный.
9. Перечислите источники тепловых потоков и полей температур. Охарактеризуйте каждый из них.
10. Что такое теплообмен? Перечислите и охарактеризуйте механизмы теплообмена.
11. Что такое температурное поле (температурный рельеф)? Какое температурное поле называют стационарным и нестационарным?
12. Что такое изотермическая поверхность, изотермическая линия?
13. Раскройте физический смысл следующих понятий: тепловой поток, плотность теплового потока, теплоемкость тела, удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, коэффициент температуропроводности, коэффициент теплоотдачи.
14. Что относят к основным теплофизическим характеристикам материалов?
15. Сформулируйте и запишите закон (гипотезу) Фурье. Что такое тепловая проводимость и тепловое сопротивление?
16. Сформулируйте и запишите закон Ньютона-Рихмана.
17. Опишите механизм теплопередачи через плоскую многослойную стенку.

Запишите формулу для нахождения общего термического сопротивления многослойной стенки.

18. Раскройте физический смысл следующих понятий: поток теплового излучения, энергетическая светимость тела, испускательная способность тела, коэффициент поглощения, спектральный коэффициент поглощения, коэффициент излучения, спектральный коэффициент излучения.
19. Что такое абсолютно черное тело? Какие тела называют серыми, абсолютно белыми, диатермичными, атермичными?

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Экзамен – классический, устный. В билете два теоретических вопроса и одна задача.

Критерии выставления экзаменационной оценки:

– на оценку «отлично» – обучающийся должен показать высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполнять практические задания, свободно оперировать знаниями, умениями, применять их в ситуациях повышенной сложности; обучающийся должен обладать знаниями не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальными навыками решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку «хорошо» – обучающийся должен показать средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку «удовлетворительно» – студент должен показать пороговый уровень сформированности компетенций, то есть он должен иметь знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач; в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «неудовлетворительно» – результат обучения не достигнут, компетенции не сформированы, студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---|--|---|
| | | <p>в) ослабление ИК излучения из-за рассеяния и поглощения в атмосфере; г) все вышеперечисленное.</p> |
| ПК-1.2 | Осуществляет настройку и оценку параметров неразрушающего контроля с соблюдением требований охраны труда | <p>Типовое задание Приведите требования безопасности при проведении термографирования высоковольтных электроэнергетических объектов.</p> <p>Типовые тестовые задания</p> <p>I.23. Для создания реперных точек с высокой излучательной способностью на объектах из металлов, визируемых пирометром, применяют:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) локальное окисление поверхности; б) окраску сажевой краской; в) сверление отверстий; г) «а», «б» и «в». <p>II.12. В качестве реперного маркера с известным коэффициентом излучения на поверхность объекта при тепловизионном контроле можно наносить:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) сажу ($\epsilon = 0,98$); б) краску на основе жидкого стекла ($\epsilon = 0,96$); в) липкую ленту из поливинилхлорида ($\epsilon = 0,95$); г) химически полированную алюминиевую фольгу ($\epsilon = 0,03$); д) только «а»; е) только «г»; ж) «а», «б» или «в». |
| ПК-9 Способен выполнять тепловой контроль контролируемого объекта | | |
| ПК-9.1 | Проводит тепловой контроль согласно составленной технологической карте | <p>Типовые тестовые задания</p> <p>II.5. Производится измерение температуры поверхности металлического объекта. Установленное в тепловизоре значение коэффициента измерения равно 0,95. Измерения будут более точными в:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) области полированного металла; б) месте наличия ржавчины; в) зависимости от температуры объекта; |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения | Оценочные средства |
|---------------------------------|---|--|
| | | <p>г) зависимости от спектральной чувствительности тепловизора.</p> <p>П.9. Источниками помех при тепловизионном обследовании закрытых распределительных устройств (ЗРУ) являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) поглощение излучения в атмосфере; б) непредсказуемые изменения коэффициента излучения объекта контроля; в) отраженное излучение оператора-термографиста (при визировании хорошо отражающих объектов под прямым углом; г) «б» и «в». |
| ПК-9.2 | Осуществляет оценку качества контролируемого объекта согласно нормативно-технической документации | <p>Типовые тестовые задания</p> <p>П.18. Как влияет увеличение мощности нагревателя при тепловом контроле и чем она ограничена:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) не влияет, ничем не ограничена; б) не влияет, ограничена порогом теплового разрушения (ПТР) объекта; в) улучшает выявляемость дефектов, ограничена ПТР объекта; г) повышает уровень нагрева объекта и улучшает выявляемость дефектов, ограничена ПТР объекта. <p>Типовые задачи</p> <p>Тепловой поток через ограждающую конструкцию дома в стационарном режиме составляет 20 Вт/м^2, температура внутренней стены $+18 \text{ }^\circ\text{C}$, наружной $-22 \text{ }^\circ\text{C}$. Чему равно термическое сопротивление ограждающей конструкции?</p> <p>Термографирование производится в спектральном интервале $7...14 \text{ мкм}$. Коэффициент излучения объекта известен с относительной погрешностью 5%. Истинная температура поверхности объекта, измеренная контактным способом, составила $68 \text{ }^\circ\text{C}$, а температура окружающей среды в момент измерения равна $-10 \text{ }^\circ\text{C}$. Оцените модуль абсолютной погрешности измерения температуры, считая, что «отраженная» температура равна температуре окружающей среды.</p> |

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Экзамен – классический, устный. В каждом билете два теоретических вопроса и одна задача.

Курсовой проект представляется в письменной форме.

Критерии выставления экзаменационной оценки:

– на оценку **«отлично»** – обучающийся должен показать высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполнять практические задания, свободно оперировать знаниями, умениями, применять их в ситуациях повышенной сложности; обучающийся должен обладать знаниями не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальными навыками решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

– на оценку **«хорошо»** – обучающийся должен показать средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку **«удовлетворительно»** – студент должен показать пороговый уровень сформированности компетенций, то есть он должен иметь знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач; в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** – результат обучения не достигнут, компетенции не сформированы, студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Критерии выставления оценки за курсовую проект:

На оценку **«отлично»**.

Во введении приводится обоснование выбора конкретной темы, полностью раскрыта актуальность её в научной отрасли, чётко определены грамотно поставлены задачи и цель курсовой работы. Основная часть работы демонстрирует большое количество прочитанных автором работ. В ней содержатся основные термины и они адекватно использованы. Критически прочитаны источники: вся необходимая информация проанализирована, вычленена, логически структурирована. Присутствуют выводы и грамотные обобщения. В заключении сделаны логичные выводы, а собственное отношение выражено чётко. Автор курсовой работы грамотно демонстрирует осознание возможности применения исследуемых теорий, методов на практике. Приложение содержит цитаты и таблицы, иллюстрации и диаграммы: все необходимые материалы. Курсовая работа написана в стиле академического письма (использован научный стиль изложения материала). Автор адекватно применял терминологию, правильно оформил ссылки. Оформление работы соответствует требованиям ГОСТ, библиография, приложения оформлены на отличном уровне. Объём работы заключается в пределах от 20 до 30 страниц.

На оценку **«хорошо»**.

Курсовая работа во введении содержит некоторую нечёткость формулировок. В основной её части не всегда проводится критический анализ, отсутствует авторское

отношение к изученному материалу. В заключении неадекватно использована терминология, наблюдаются незначительные ошибки в стиле, многие цитаты грамотно оформлены. Допущены незначительные неточности в оформлении библиографии, приложений.

На оценку **«удовлетворительно»**.

Во введении содержит лишь попытку обоснования выбора темы и актуальности, отсутствуют чёткие формулировки. Расплывчато определены задачи и цели. Основное содержание – пересказ чужих идей, нарушена логика изложения, автор попытался сформулировать выводы. В заключении автор попытался сделать обобщения, собственного отношения к работе практически не проявил. В приложении допущено несколько грубых ошибок. Не выдержан стиль требуемого академического письма по проекту в целом, часто неверно употребляются научные термины, ссылки оформлены неграмотно, наблюдается плагиат.

На оценку **«неудовлетворительно»**.

Во введении не содержит обоснования темы, нет актуализации темы. Не обозначены цели, задачи проекта. Скупое основное содержание указывает на недостаточное число прочитанной литературы. Внутренняя логика всего изложения проекта слабая. Нет критического осмысления прочитанного, как и собственного мнения. Нет обобщений, выводов. Заключение таковым не является. В нём не приведены грамотные выводы. Приложения либо вовсе нет, либо оно недостаточно. В работе наблюдается отсутствие ссылок, плагиат, не выдержан стиль, неадекватное использование терминологии. По оформлению наблюдается ряд недочётов: не соблюдены основные требования ГОСТ, а библиография с приложениями содержат много ошибок. Менее 20 страниц объём всей работы.

Методические рекомендации для работы студентов

В процессе обучения студенты должны научиться воспринимать сведения на слух, фиксировать информацию в виде записей в тетрадях, работать с письменными текстами, самостоятельно извлекая из них полезные сведения и оформляя их в виде тезисов, конспектов, систематизировать информацию в виде заполнения таблиц, составления схем. Важно научиться выделять главные мысли в лекции преподавателя либо в письменном тексте; анализировать явления; определять свою позицию к полученным на занятиях сведениям, четко формулировать ее; аргументировать свою точку зрения: высказывать оценочные суждения; осуществлять самоанализ. Необходимо учиться владеть устной и письменной речью; вести диалог; участвовать в дискуссии; раскрывать содержание изучаемой проблемы в монологической речи; выступать с сообщениями и докладами.

Конспект лекции. Смысл присутствия студента на лекции заключается во включении его в активный процесс слушания, понимания и осмысления материала, подготовленного преподавателем. Этому способствует конспективная запись полученной информации, с помощью которой в дальнейшем можно восстановить основное содержание прослушанной лекции.

Для успешного выполнения этой работы советуем:

– подготовить отдельные тетради для каждого предмета. Запись в них лучше вести на одной стороне листа, чтобы позднее на чистой странице записать дополнения, уточнения, замечания, а также собственные мысли. С помощью разноцветных ручек или фломастеров можно будет выделить заголовки, разделы, термины и т.д.

– не записывать подряд все, что говорит лектор. Старайтесь вначале выслушать и понять материал, а затем уже зафиксировать его, не упуская основных положений и выводов. Сохраняйте логику изложения. Обратите внимание на необходимость точной записи определений и понятий.

– оставить место на странице свободным, если не успели осмыслить и записать часть информации. По окончании занятия с помощью однокурсников, преподавателя или учебника вы сможете восстановить упущенное.

– уделять внимание грамотному оформлению записей. Научитесь графически ясно и удобно располагать текст: вычленять абзацы, подчеркивать главные мысли, ключевые слова, помешать выводы в рамки и т.д. Немаловажное значение имеет и четкая структура лекции, в которую входит план, логически выстроенная конструкция освещения каждого пункта плана с аргументами и доказательствами, разъяснениями и примерами, а также список литературы по теме.

– научиться писать разборчиво и быстро. Чтобы в дальнейшем не тратить время на расшифровку собственных записей, следите за аккуратностью почерка, не экономьте бумагу за счет уплотнения текста. Конспектируя, пользуйтесь общепринятыми сокращениями слов и условными знаками, если есть необходимость, то придумайте собственные сокращения.

– уметь быстро и четко переносить в тетрадь графические рисунки и таблицы. Для этих целей приготовьте прозрачную линейку, карандаш и резинку. Старайтесь как можно точнее скопировать изображение с доски. Если наглядный материал трудно воспроизводим в условиях лекции, то сделайте его словесное описание с обобщающими выводами.

– просмотреть свои записи после окончания лекции. Подчеркните и отметьте разными цветами фломастера важные моменты в записях. Исправьте неточности, внесите необходимые дополнения. Не тратьте время на переписывание конспекта, если он оказался не совсем удачным. Совершенствуйтесь, записывая последующие лекции.

Подготовка к лабораторным занятиям. Они предназначены для углубленного изучения отдельных тем и курсов. По форме проведения обычно представляют собой

решение задач по теме лекций или индивидуальных задач.

Подготовка к занятиям заключается, прежде всего, в освоении того теоретического материала. Для этого необходимо в первую очередь перечитать конспект лекции или разделы учебника, в которых присутствует установочная информация. Изучение рекомендованной литературы необходимо сделать максимально творчески – не просто укладывая в память новые сведения, а осмысливая и анализируя материал.

Подготовка к экзамену. Готовиться к экзамену нужно заранее и в несколько этапов. Для этого рекомендуется.

– Просматривайте конспекты лекций сразу после занятий. Это поможет разобраться с непонятными моментами лекции и возникшими вопросами, пока еще лекция свежа в памяти.

– Бегло просматривайте конспекты до начала следующего занятия. Это позволит «освежить» предыдущую лекцию и подготовиться к восприятию нового материала.

– Каждую неделю отводите время для повторения пройденного материала.

Непосредственно при подготовке:

– упорядочьте свои конспекты, записи, задания;

– прикиньте время, необходимое вам для повторения каждой части (блока) материала, выносимого на зачет.

Составьте расписание с учетом скорости повторения материала, для этого рекомендуется.

– Разделите вопросы для экзамена на знакомые (по лекционному курсу, семинарам, конспектированию), которые потребуют лишь повторения и новые, которые придется осваивать самостоятельно. Начните с тем хорошо вам известных и закрепите их с помощью конспекта и учебника. Затем пополните свой теоретический багаж новыми знаниями, обязательно воспользовавшись рекомендованной литературой.

– Правильно используйте консультации, которые проводит преподаватель. Приходите на них с заранее проработанными самостоятельно вопросами. Вы можете получить разъяснение по поводу сложных, не до конца понятых тем, но не рассчитывайте во время консультации на исчерпывающую информации по содержанию всего курса.

I-й уровень квалификации

I.1. Процесс передачи тепла от объекта к объекту осуществляется:

- а) теплопроводностью;
- б) конвекцией;
- в) излучением;
- г) всем перечисленным.

I.2. Температура может измеряться:

- а) в градусах Цельсия;
- б) в Кельвинах;
- в) в градусах Фаренгейта;
- г) «а», «б» и «в».

I.3. За начало отсчета в шкале абсолютных температур принимают температуру:

- а) $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- б) $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- в) $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- г) $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

I.4. Интегральная интенсивность теплового излучения серых тел пропорциональна:

- а) коэффициенту излучения поверхности;
- б) первой степени температуры объекта;
- в) четвертой степени температуры объекта;
- г) «а» и «в».

I.5. Коэффициенты отражения поверхностей могут принимать значения:

- а) от 0 до 1;
- б) от 0 до ∞ ;
- в) от -1 до $+1$;
- г) любые.

I.6. Какой характер имеет отражение от плоской полированной поверхности?

- а) зеркальное, направленное;
- б) диффузное;
- в) диффузно-направленное;
- г) «б» и «в».

I.7. Сильный ветер ... эффективность тепловизионной диагностики электроустановок:

- а) улучшает;
- б) ухудшает;
- в) не влияет на;
- г) слегка улучшает.

I.8. ИК излучение занимает диапазон длин волн от ... до ...:

- а) $0,076 \dots 0,76\text{ мкм}$;
- б) $0,76 \dots 1000\text{ мкм}$;
- в) $1000 \dots 2000\text{ мкм}$;
- г) $2000 \dots 4000\text{ мкм}$.

I.9. Абсолютно черное тело (АЧТ) по определению поглощает ... падающего на него излучения:

- а) 0%;
- б) 25%;
- в) 50%;
- г) 75%;
- д) 100%.

I.10. Серое тело по сравнению с АЧТ при одной и той же температуре имеет ... спектр и ... мощность излучения:

- а) тот же ... большую; в) другой ... большую;
б) тот же ... меньшую; г) другой ... меньшую.

I.11. Шероховатые поверхности твердых тел излучают ... зеркальные (при одной и той же температуре):

- а) слабее, чем;
б) сильнее, чем;
в) так же, как;
г) «б» или «в».

I.12. Действие жидкостных термометров основано на:

- а) термоэлектрическом эффекте;
б) температурной зависимости цвета;
в) зависимости между температурой и давлением;
г) термическом расширении жидкости.

I.13. Рабочим веществом термометров, использующих шкалу Цельсия, служит:

- а) вода; б) спирт; в) ртуть; г) «б» и «в».

I.14. Спектральный коэффициент поглощения равен спектральному коэффициенту излучения у:

- а) любых тел; в) серых тел;
б) АЧТ; г) «а», «б» и «в».

I.15. Наиболее высокой интегральной излучательной способностью при одной и той же температуре будет обладать:

- а) полированный алюминий;
б) шероховатый алюминий;
в) полированное железо;
г) литое необработанное железо.

I.16. К основным теплофизическим характеристикам (ТФХ) объектов *не* относят:

- а) теплопроводность;
б) температуропроводность;
в) теплоемкость;
г) температуру.

I.17. Наиболее высоким коэффициентом теплопроводности обладает:

- а) алюминий; г) титан;
б) углепластик; д) серебро;
в) сталь; е) медь.

I.18. Охлаждение объекта контроля ветром относится к следующему механизму теплопередачи:

- а) конвекции; в) теплопроводности;
б) излучению; г) «а», «б» и «в».

I.19. При обнаружении скрытых дефектов тепловым методом основным информационным параметром является:

- а) температура отдельных точек;
б) излучательная способность;
в) перепад температуры между дефектной и бездефектной зоной;
г) «а» и «б».

I.20. Объемный нагрев металлических изделий возможен с помощью:

- а) электрического тока;
- б) лазера;
- в) импульсной ксеноновой лампы;
- г) галогенной лампы накаливания.

I.21. Увеличение мощности нагревателя приводит к ... выявлению дефектов:

- а) лучшему;
- б) худшему;
- в) незначительному;
- г) «б» и «в».

I.22. При пассивном методе контроля:

- а) ОК нагревают от внешнего источника;
- б) ОК не нагревают;
- в) импульсной ксеноновой лампы;
- г) галогенной лампы накаливания.

I.23. Для создания реперных точек с высокой излучательной способностью на объектах из металлов, визируемых пирометром, применяют:

- а) локальное окисление поверхности;
- б) окраску сажевой краской;
- в) сверление отверстий;
- г) «а», «б» и «в».

II-й уровень квалификации

II.1. Коэффициент излучения серого тела может изменяться:

- а) от 0 до 1;
- б) от 0 до 0,5;
- в) от 0,5 до 1;
- г) от -1 до +1.

II.2. Сумма коэффициентов пропускания (τ), отражения (ρ) и поглощения (α) объекта равна:

- а) $\tau + \rho + \alpha = 1$;
- б) 0,5;
- в) 10;
- г) 100.

II.3. Закон Планка характеризует:

- а) спектральное распределение мощности излучения нагретого тела;
- б) интегральную мощность излучения нагретого тела при интегрировании по всему спектру;
- в) мощность излучения в определенном спектральном диапазоне при интегрировании в пределах диапазона;
- г) все вышеперечисленное.

II.4. Зависимость спектрального распределения плотности мощности теплового излучения серого излучателя от его температуры описывается законом:

- а) Стефана-Больцмана;
- б) Планка;
- в) Кирхгофа;
- г) «а» и «в».

II.3. Механизм теплопередачи описывается законами:

- а) Фурье;
- б) Ньютона;
- в) Стефана-Больцмана;
- г) «а», «б» и «в».

П.4. Радиационная температура слабо нагретых тел измеряется пирометром, работающим:

- а) в монохроматическом спектральном диапазоне;
- б) в широком спектральном диапазоне;
- в) в диапазоне видимого излучения;
- г) все вышеперечисленное.

П.5. Производится измерение температуры поверхности металлического объекта. Установленное в тепловизоре значение коэффициента измерения равно 0,95. Измерения будут более точными в:

- а) области полированного металла;
- б) месте наличия ржавчины;
- в) зависимости от температуры объекта;
- г) зависимости от спектральной чувствительности тепловизора.

П.6. Тепловой поток через ограждающую конструкцию дома в стационарном режиме составляет 20 Вт/м^2 , температура внутренней стены $+18 \text{ }^\circ\text{C}$, наружной $-22 \text{ }^\circ\text{C}$. Термическое сопротивление ограждающей конструкции равно:

- а) $0,5 \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}$;
- б) $1 \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}$;
- в) $4 \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}$;
- г) $2 \text{ Вт}^{-1} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}$.

П.7. Как длина волны, соответствующая максимуму спектра излучения серого излучателя (закон Вина), зависит от его температуры:

- а) линейно;
- б) обратно пропорционально;
- в) квадратично;
- г) не зависит вообще.

П.8. К мешающим факторам при тепловизионном контроле относят:

- а) неоднородность коэффициента излучения объекта;
- б) наличие посторонних источников теплового излучения;
- в) наличие паров и/или газов над объектом, поглощающих тепловое излучение;
- г) все вышеперечисленное.

П.9. Источниками помех при тепловизионном обследовании закрытых распределительных устройств (ЗРУ) являются:

- а) поглощение излучения в атмосфере;
- б) непредсказуемые изменения коэффициента излучения объекта контроля;
- в) отраженное излучение оператора-термографиста (при визировании хорошо отражающих объектов под прямым углом);
- г) «б» и «в».

П.10. Установлено, что коэффициент поглощения материала в узком спектральном интервале равен 0,93. Следовательно, коэффициент излучения в том же спектральном интервале равен:

- а) 0,07;
- б) 1,93;
- в) 0,86;
- г) 0,93.

П.11. Коэффициент теплопроводности описывает перенос тепловой энергии в:

- а) стационарном режиме;
- б) нестационарном режиме;
- в) режиме периодического нагрева;
- г) режиме импульсного нагрева.

П.12. В качестве реперного маркера с известным коэффициентом излучения на поверхность объекта при тепловизионном контроле можно наносить:

- а) сажу ($\epsilon = 0,98$);
- б) краску на основе жидкого стекла ($\epsilon = 0,96$);
- в) липкую ленту из поливинилхлорида ($\epsilon = 0,95$);
- г) химически полированную алюминиевую фольгу ($\epsilon = 0,03$);
- д) только «а»;
- е) только «г»;
- ж) «а», «б» или «в».

П.13. При тепловизионном контроле удаленных объектов влияние атмосферы может проявляться как:

- а) возникновение миража (искривление световых лучей);
- б) мерцание изображения (флуктуации);
- в) ослабление ИК излучения из-за рассеяния и поглощения в атмосфере;
- г) все вышеперечисленное.

П.14. Ослабление излучения в поглощающем материале (закон Бугера- Ламберта) зависит от его толщины:

- а) экспоненциально;
- б) линейно;
- в) квадратически;
- г) никак не зависит.

III-й уровень квалификации

III.1. В качестве опорных точек в шкале Цельсия приняты:

- а) температуры замерзания и кипения воды;
- б) температуры кипения воды и замерзания спирта;
- в) температура кипения воды и замерзания ртути;
- г) температура замерзания ртути и кипения воды.

III.2. Каково соотношение между температурами в шкалах Кельвина (T, K) и Цельсия ($t, ^\circ C$):

- а) $T = t + 273$;
- б) $T = t - 273$;
- в) $T = 273/ t$;
- г) $T = 273 - t$.

III.3. Каково соотношение между интервалами в один градус шкал Кельвина (K) и Цельсия ($^\circ C$):

- а) $1 K = 1 ^\circ C$;
- б) $1 K = 10 ^\circ C$;
- в) $1 K = 0,1 ^\circ C$;
- г) $1 K = 273 ^\circ C$.

III.4. Между спектральными коэффициентами поглощения α , излучения ϵ и отражения ρ для непрозрачных материалов существует зависимость:

- а) $\alpha = \epsilon = 1 - \rho$;
- б) $\alpha = \epsilon = 1 + \rho$;
- в) $\alpha = \epsilon = 1/\rho$;
- г) $\alpha = \epsilon = \rho^2$.

III.5. Увеличение шероховатости поверхности объекта контроля изменяет ее коэффициент излучения следующим образом:

- а) увеличивает;
- б) уменьшает;
- в) никак не влияет;
- г) «а» или «б».

III.6. Спектральный коэффициент излучения АЧТ:

- а) постоянен для всех длин волн;

- б) монотонно увеличивается с ростом длины волны;
- в) гармонически изменяется (осциллирует) при изменении длины волны;
- г) изменяется случайным образом.

III.7. Спектральный коэффициент излучения «серого» тела:

- а) постоянен для всех длин волн;
- б) монотонно увеличивается с ростом длины волны;
- в) гармонически изменяется (осциллирует) при изменении длины волны;
- г) изменяется случайным образом.

III.8. Коэффициенты излучения ϵ селективных излучателей изменяются в пределах:

- а) $0 < \epsilon < 1$;
- б) $0,1 < \epsilon < 10$;
- в) $0,1 < \epsilon < 100$;
- г) $0,1 < \epsilon < 0,5$.

III.9. Коэффициент излучения металлов с ростом температуры:

- а) не изменяется;
- б) увеличивается;
- в) уменьшается;
- г) изменяется случайным образом.

III.10. Области длин волн, соответствующие практически используемым в тепловидении окнам прозрачности атмосферы в ИК спектре, находятся в диапазонах:

- а) 1...3 и 5...10 мкм;
- б) 3...5 и 8...14 мкм;
- в) 1...10 и 2...20 мкм;
- г) «а» и «в».

III.11. Излучатель типа АЧТ нагрет до температуры 300 К. Чему равна длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности излучения?

- а) 1 мкм;
- б) 10 мкм;
- в) 50 мкм;
- г) 100 мкм.

III.12. «Серое» тело нагрето до температуры 300 К. На какой длине волны имеет место максимум спектральной плотности излучения?

- а) ~1 мкм;
- б) ~10 мкм;
- в) ~50 мкм;
- г) ~100 мкм.

III.13. Основными теплофизическими характеристиками (ТФХ) материалов являются:

- а) температура;
- б) коэффициент преломления ИК-излучения;
- в) температуропроводность и теплопроводность;
- г) модуль упругости;
- д) объемная плотность.

III.14. Если абсолютная температура «серого» объекта возрастает в 2 раза, полная мощность излучения во всем спектре возрастает в ... раз:

- а) 16;
- б) 8;
- в) 2;
- г) 4.

III.15. Яркость поверхностного излучения идеального (ламбертовского) излучателя в любом направлении:

- а) постоянна;
- б) изменяется по косинусоидальному закону;
- в) изменяется линейно;
- г) изменяется случайным образом.

III.16. Интегральный коэффициент излучения при увеличении угла наблюдения (т.е. угла между линией визирования и нормалью к поверхности объекта):

- а) не меняется;
- б) увеличивается;
- в) уменьшается;
- г) изменяется периодически.

III.17. Радиационный метод измерения коэффициента излучения основан:

- а) на сравнении энергетических светимостей эталона и объекта испытаний нагретых до одинаковой температуры;
- б) на сравнении энергетической светимости объекта испытаний с энергетической светимостью эталона, нагретого до более высокой температуры, чем объект испытаний;
- в) на сравнении энергетической светимости объекта испытаний и эталона в процессе их охлаждения;
- г) «б» и «в».

III.18. Как влияет увеличение мощности нагревателя при тепловом контроле и чем она ограничена:

- а) не влияет, ничем не ограничена;
- б) не влияет, ограничена порогом теплового разрушения (ПТР) объекта;
- в) улучшает выявляемость дефектов, ограничена ПТР объекта;
- г) повышает уровень нагрева объекта и улучшает выявляемость дефектов, ограничена ПТР объекта.

Задача 2.

Термографирование производится в спектральном интервале $7 \dots 14$ мкм. Коэффициент излучения объекта известен с относительной погрешностью 5%. Истинная температура поверхности объекта, измеренная контактным способом, составила 68°C , а температура окружающей среды в момент измерения равна -10°C . Оцените модуль абсолютной погрешности измерения температуры, считая, что «отраженная» температура равна температуре окружающей среды.