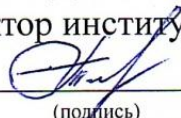


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Институт приборостроения и электротехнических систем
Кафедра «Приборы»

УТВЕРЖДАЮ
Директор института


(подпись)



Тарасенко О.В.

« 25 » августа 20 25 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по учебной дисциплине

«Тепловой метод неразрушающего контроля»
12.04.01 Приборостроение
«Инновационные технологии в приборостроении»,

Разработчик:
доц.  Швец С.Н.
(подпись)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Приборы»
от « 25 » августа 20 25 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой  Ерошин С.С.
(подпись)

Луганск 2025 г.

**Комплект оценочных материалов по дисциплине
«Тепловой метод неразрушающего контроля»**

Задания закрытого типа

Задания закрытого типа на выбор правильного ответа

Выберите один правильный ответ

1. Выберите один правильный ответ.

Разность между температурой в дефектной области и температурой в бездефектной области – это:

- А) температурный сигнал
- Б) избыточная температура
- В) разностный сигнал
- Г) отличительная температура

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. Выберите один правильный ответ.

Какой измерительный преобразователь работает по принципу зависимости электрического сопротивления от температуры?

- А) термопара
- Б) термометр сопротивления
- В) жидкий кристалл
- Г) стеклянный термометр

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. Выберите один правильный ответ.

В активном тепловом контроле уверенно обнаруживаются подповерхностные дефекты, если применяется:

- А) универсальная схема
- Б) двухсторонняя схема
- В) односторонняя схема
- Г) комбинированная схема

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-1

4. Выберите один правильный ответ.

В активном тепловом контроле для обнаружения глубоких дефектов применяется:

- А) комбинированная схема
- Б) односторонняя схема

В) универсальная схема

Г) двухсторонняя схема

Правильный ответ: Г

Компетенции (индикаторы): ПК-1

5. Выберите один правильный ответ.

При разработке алгоритмов тепловой дефектометрии дефектов решающим параметром является:

А) тепловое сопротивление дефекта

Б) толщина дефекта

В) теплопроводность дефекта

Г) поперечные размеры дефекта

Правильный ответ: А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

6. Выберите один правильный ответ.

Согласно приближенному правилу, с помощью теплового метода можно обнаружить дефекты, поперечный размер которых:

А) в три раза превышает глубину их залегания $2r_d / l > 3$

Б) вдвое превышает глубину их залегания $2r_d / l > 2$

В) в пять раз превышает глубину их залегания $2r_d / l > 5$

Правильный ответ: Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1

7. Выберите один правильный ответ.

Для устранения помех от высокотемпературных источников (Солнца, пламени и т.п.) в тепловидении применяют:

А) монохроматические ИК фильтры

Б) ИК поляризаторы

В) отсекающие спектральные фильтры с коротковолновой границей $2 \dots 2,5$ мкм

Г) модуляцию потока излучения

Правильный ответ: В

Компетенции (индикаторы): ПК-1

Выберите все правильные варианты ответов.

8. Укажите типы дефектов, которые могут обнаруживаться с помощью теплового контроля:

А) изменения геометрии изделия

Б) расслоения

В) пустоты, трещины, поры, инородные включения

Г) коррозионный износ материала

Правильный ответ: А, Б, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-1

9. Выберите существующие абсолютные термодинамические шкалы:

А) шкала Кельвина

Б) шкала Рэнкина

В) шкала Цельсия

Г) шкала Фаренгейта

Правильный ответ: А, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1

10. Перечислите дополнительные условия, которые присоединяются для решения дифференциального уравнения теплопроводности:

А) тепловые

Б) основные

В) геометрические

Г) физические

Д) краевые

Правильный ответ: В, Г, Д

Компетенции (индикаторы): ПК-1

11. Для повышения чувствительности фотонные детекторы ИК излучения обычно охлаждают с помощью:

А) жидкого азота

Б) микрохолодильников Стирлинга

В) термоэлектрических холодильников

Г) холодильников No Frost

Правильный ответ: А, Б

Компетенции (индикаторы): ПК-1

12. Механизм теплопередачи описывается законами:

А) Максвелла

Б) Фурье

В) Ньютона

Г) Стефана-Больцмана

Правильный ответ: Б, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-1

13. Детекторы инфракрасного излучения характеризуются следующими параметрами:

А) область спектральной чувствительности

Б) удельная обнаружительная (детектирующая) способность

В) интегральная, или вольтовая, чувствительность, определяющая амплитуду электрического сигнала на выходе фотоприемника

Г) площадь чувствительного элемента

Правильный ответ: А, Б, В, Г

Компетенции (индикаторы): ПК-1

Задания закрытого типа на установление соответствия

Установите правильное соответствие.

Каждому элементу левого столбца соответствует только один элемент правого столбца.

1. Установите правильное соответствие вида задачи теплового контроля (ТК) её сути.

- | | |
|-----------------------|---|
| 1) Прямая задача ТК | А) требуется определить граничные условия или коэффициенты, входящие в основное дифференциальное уравнение, если имеется математическое описание процесса и задано теоретически или экспериментально температурное поле, в частности, на поверхности исследуемого объекта |
| 2) Обратная задача ТК | Б) требуется определить температурное поле, если известно дифференциальное уравнение исследуемого процесса, и заданы дополнительные условия, полностью определяющие соответствующую краевую задачу |

Правильный ответ: 1-Б, 2-А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. Принцип действия тепловых детекторов основан на одном из четырех явлений. Установите соответствие явления и его сущности.

- | | |
|------------------------------|--|
| 1) болометрический эффект | А) изменение температуры детектора вызывает расширение газового объема |
| 2) термовольтаический эффект | Б) изменение электрического сопротивления чувствительного элемента при нагреве поглощенным ИК излучением |
| 3) пирозлектрический эффект | В) выходное напряжение генерируется нагретым спаем разнородных металлов |
| | термопневматический эффект – изменение температуры детектора |

- 4) термопневматический эффект Г) вызывает расширение газового объема
изменение температуры вызывает модуляцию дипольного момента кристаллического чувствительного элемента

Правильный ответ: 1-Б, 2-В, 3-Г, 4-А

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. Граничные условия в тепловом методе неразрушающего контроля отображают условия теплового взаимодействия между окружающей средой и поверхностью тела. Установите соответствие рода граничных условий их сути.

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1) Граничные условия 1-го рода | А) задают распределение температуры на поверхности S тела как функцию координат и времени |
| 2) Граничные условия 2-го рода | Б) задают распределение плотности теплового потока на поверхности тела как функцию координат и времени |
| 3) Граничные условия 3-го рода | В) задают на поверхности тела зависимость плотности теплового потока вследствие теплопроводности со стороны тела от температур поверхности тела T_s и окружающей среды T_c |
| 4) Граничные условия 4-го рода | Г) соответствуют теплообмену поверхности тела с окружающей средой (конвективный теплообмен тела с жидкостью) или теплообмену соприкасающихся твердых тел, когда температура соприкасающихся поверхностей одинакова |

Правильный ответ: 1-А, 2-Б, 3-В, 4-Г

Компетенции (индикаторы): ПК-1

Задания закрытого типа на установление правильной последовательности

Установите правильную последовательность.

Запишите правильную последовательность букв слева направо.

1. Установите последовательность этапов в технологии применения активного теплового контроля:

- А) эксперимент
- Б) анализ данных
- В) обнаружение дефектов или дефектометрия
- Г) описание объекта и его моделирование
- Д) оптимизация процедуры

Правильный ответ: Г, Д, А, Б, В

Компетенции (индикаторы): ПК-1

Задания открытого типа

Задания открытого типа на дополнение

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

1. Напишите пропущенное словосочетание.

Измерительный преобразователь, работающий по принципу: молекулы холестерина меняют ориентацию в пространстве в зависимости от температуры и отражают падающий белый свет в диапазоне от красного до фиолетового – это _____.

Правильный ответ: жидкий кристалл

Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. Напишите пропущенное словосочетание.

Для измерения сопротивления термометра сопротивления часто применяют мостовую схему в виде _____.

Правильный ответ: моста Уитстона

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. Напишите пропущенное слово.

_____ – источник нагрева способный обеспечить практически любую плотность энергии, но из-за низкого к.п.д., больших габаритов и стоимости ограниченно применяется в тепловом контроле.

Правильный ответ: лазер

Компетенции (индикаторы): ПК-1

4. Напишите пропущенное словосочетание.

При анализе поверхностной температурной функции $T(x, y, t)$ в тепловом контроле учитывают _____ информативные характеристики.

Правильный ответ: амплитудные и временные

Компетенции (индикаторы): ПК-1

5. Напишите пропущенное слово.

Увеличение шероховатости поверхности объекта контроля при тепловом контроле _____ коэффициент излучения этой поверхности.

Правильный ответ: увеличивает

Компетенции (индикаторы): ПК-1

6. Напишите пропущенное словосочетание.

При разработке алгоритмов тепловой дефектометрии дефектов решающим параметром является не толщина дефекта, а его _____.

Правильный ответ: тепловое сопротивление

Компетенции (индикаторы): ПК-1

7. Напишите пропущенное слово.

Для исследования динамических последовательностей инфракрасных изображений в тепловом контроле используют _____-анализ.

Правильный ответ: Фурье

Компетенции (индикаторы): ПК-1

Задания открытого типа с кратким свободным ответом

Напишите результат вычислений.

1. Определить потери тепла путем излучения с поверхности стальной трубы $d=70$ мм, длиной $l=3$ м при $t_{C1}=127^{\circ}\text{C}$, если труба находится в большом кирпичном помещении, температура стенок которого 27°C . Степень черноты стальной трубы $\varepsilon_1=0,8$.

Правильный ответ: 526,2 Вт/ 0,5262 кВт

Компетенции (индикаторы): ПК-1

Дайте ответ на вопрос.

2. Тепловизионную съемку фасадов зданий проводят последовательно по предварительно намеченному маршруту с покадровой записью термограмм. Какое перекрытие по площади (не менее) должны иметь соседние термограммы для последующего совмещения изображений?

Правильный ответ: 20%/ двадцать процентов

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. Тепловизионную съемку зданий по возможности производят в перпендикулярном направлении к контролируемой поверхности объекта контроля (ОК). Какое значение не должно превышать отклонение оптической оси тепловизора от нормали к контролируемой поверхности ОК?

Правильный ответ: 60°/ шестьдесят градусов
Компетенции (индикаторы): ПК-1

Напишите пропущенное слово (словосочетание).

4. Напишите пропущенное словосочетание.

Особенностью теплового контроля проволоки заключается в её относительно небольших линейных размерах. Эта особенность предъявляет определённые требования к оптической схеме пирометра: требуется применение

Правильный ответ: цилиндрической оптики/ цилиндрических линз
Компетенции (индикаторы): ПК-1

Задания открытого типа с развернутым ответом

1. Опишите основные этапы проведения тепловизионного обследования здания и кратко их содержание.

Время выполнения – 60 мин.

Критерии оценивания: наличие перечня всех основных этапов тепловизионного обследования, примерное содержательное соответствие приведенному ниже ожидаемому результату.

Ожидаемый результат:

Тепловизионное обследование включает следующие основные этапы:

- 1) ознакомление с проектной и технологической документацией на обследуемое здание;
- 2) выбор времени проведения тепловизионного обследования; подготовка средств измерения и оборудования;
- 3) визуальный осмотр, контроль метеоусловий и параметров эксплуатации здания;
- 4) установка аэродвери (если требуется);
- 5) наружная тепловизионная съемка фасадов здания;
- 6) внутренняя тепловизионная съемка объекта контроля (ОК).

На основании проектной и технологической документацией на обследуемое здание определяют объем обследования, типы ОК, их проектные и нормативные характеристики.

Время проведения тепловизионного обследования выбирают исходя из готовности здания к обследованию, соответствия режима его отопления и фактических погодных условий.

Проводят внешний визуальный осмотр и фотосъемку фасадов. Определяют доступность фасадов здания для съемки.

Измеряют при помощи термогигрометра температуру и относительную влажность атмосферного воздуха. Дистанцию съемки измеряют по ситуационному плану. По результатам визуального осмотра определяют тип

контролируемых поверхностей и выбирают значение коэффициента излучения (КИ) из таблицы для используемого тепловизора.

Перед началом тепловизионной съемки проверяют соответствие фактических метеоусловий и условий эксплуатации здания.

Для выявления участков объекта контроля (ОК) с нарушением герметичности при наружной тепловизионной съемке давление воздуха внутри помещений должно быть выше наружного давления. Фактическое значение перепада давлений контролируют дифференциальным манометром. Если перепад давлений оказывается недостаточным, применяют аэродверь.

Производят подготовку и настройку тепловизора, вводят в ПО тепловизора данные об условиях съемки и свойствах обследуемых поверхностей (КИ), устанавливают температурный диапазон измерений в соответствии с условиями обследования.

Тепловизионную съемку фасадов проводят последовательно по предварительно намеченному маршруту с покадровой записью термограмм. При покадровой съемке фасада соседние термограммы должны иметь перекрытие не менее 20% по площади для последующего совмещения изображений.

Тепловизионную съемку по возможности производят в перпендикулярном направлении к контролируемой поверхности ОК. Отклонение оптической оси тепловизора от нормали к контролируемой поверхности ОК не должно превышать 60°.

Сведения об особенностях состояния поверхностей, увлажненные участки, видимые дефекты и нарушения регистрируют в протоколе обследования.

По обзорным термограммам фасадов находят участки с температурными аномалиями.

На следующем этапе обследования проводят детальную тепловизионную съемку с внутренней стороны ОК здания с той же последовательностью, что и при обследовании фасадов.

По окончании тепловизионной съемки проверяют соответствие объема обследованных конструкций требованиями нормативных документов. Компетенции (индикаторы): ПК-1

2. Опишите особенности тепловизионного контроля в электроэнергетике.

Время выполнения – 75 мин.

Критерии оценивания: примерное содержательное соответствие приведенному ниже ожидаемому результату.

Ожидаемый результат:

Контроль технического состояния электрооборудования является одной из основных задач при допуске энергоустановок в эксплуатацию и при их плановых обследованиях. Тепловизионное обследование электрооборудования в ходе этих работ выполняется в соответствии с "Объемами и нормами испытаний электрооборудования", устанавливающими правила его выполнения.

Появление и развитие многих дефектов электрооборудования вызывает изменение температуры всей или отдельной части его поверхности, что может быть обнаружено дистанционно с помощью тепловизионной аппаратуры без вывода оборудования из эксплуатации.

Тепловизионное обследование проводится с целью определения текущего состояния:

- контактов и контактных соединений,
- сборных и соединительных шин,
- силовых и измерительных трансформаторов,
- разъединителей, отделителей и выключателей,
- защитных аппаратов и предохранителей,
- конденсаторных батарей,
- маслонаполненного оборудования,
- воздушных линий электропередач и т.д.

Обследование позволяет выявить дефекты на ранних стадиях развития, при этом существенно сокращая затраты на проведение диагностики.

Исключение из эксплуатации дефектного оборудования повышает надежность и безопасность эксплуатации электросети, сокращает потери электроэнергии.

Оценка теплового состояния электрооборудования и токоведущих частей в зависимости от условий их работы и конструкции может осуществляться по:

- нормированным температурам нагрева,
- избыточной температуре,
- коэффициенту дефектности,
- динамике изменения температуры во времени, с изменением нагрузки,
- путем сравнения измеренных значений температуры в пределах фазы, между фазами, с заведомо исправными участками и т.п.

Тепловизионное обследование сопровождается контролем рабочих нагрузок. Измеренные значения температур на поверхности контролируемых узлов корректируется с учетом отношения рабочей нагрузки к номинальной. Данная методика позволяет определить степень неисправности как начальную, развившийся дефект и аварийный дефект.

Наиболее широко тепловизионные обследования в энергетике применяются для диагностики состояния контактных соединений токоведущих шин и присоединений к электрическим аппаратам.

Проблема выявления их дефектов в настоящее время стала одной из наиболее актуальных для энергосистем, так как повреждения из-за не выявленных своевременно дефектных контактных соединений составляют большую часть из всего объема повреждений оборудования. Тепловизионный метод позволяет не только вести оперативный контроль контактных соединений. Температура контактного соединения имеет прямую зависимость от величины его сопротивления, что позволяет оценить сверхнормативное повышение сопротивления и дополнительные потери электрической мощности.

Наиболее массовым объектом теплового контроля в электроустановках являются контактные соединения в открытых и закрытых распределительных устройствах.

К массовым объектам теплового контроля относятся также изоляторы (в особенности фарфоровые) в гирляндах высоковольтных линий передачи и изоляторы на вводах силовых трансформаторов, электродвигателей, шинных мостов, фарфоровые крышки электрических аппаратов.

Компетенции (индикаторы): ПК-1

3. Опишите общие направления применения термографии в промышленности. Время выполнения – 75 мин.

Критерии оценивания: примерное содержательное соответствие приведенному ниже ожидаемому результату.

Ожидаемый результат:

Термография может быть использована для выявления и анализа тепловых аномалий в целях мониторинга состояния машин. Эти тепловые аномалии, как правило, вызваны такими причинами, как эксплуатация, неправильная смазка, перекос, износ деталей или механическими аномалиями нагрузки.

Тепловая энергия выделяется при работе всех машин. Это может быть в виде потерь на трение в машинах, потери энергии внутри машины, как характеристика среды, в которой протекает процесс или любой их комбинации. В результате, температура может быть ключевым параметром для контроля за работой машин, состояния машин и диагностики проблем машин. Температура также является одной из основных причин и симптомов ухудшения смазки и потери функциональных важных свойств смазки в машине.

Инфракрасная термография является идеальной технологией для исследования тепловых аномалий на машинах, потому что с ее помощью получается полное тепловое изображение машины или узлов машины без применения физических приспособлений и нарушения рабочего режима, требует незначительной настройки и дает результаты за очень короткий срок. Таким образом, термографические методы могут быть использованы как часть процесса мониторинга состояния.

Специфика теплового метода неразрушающего контроля и технической диагностики состоит в его универсальности, обусловленной тем фактом, что информативным параметром качества исследуемых объектов является температура. Температура служит неотъемлемым индикатором работы технических установок и сложных систем, а также характеризует структурные и тепловые процессы в конструкционных материалах. Расшифровка температурных распределений предоставляет информацию о разнообразных процессах, протекающих в объектах контроля, однако платой за универсальность метода является высокий уровень помех, что снижает вероятность обнаружения дефектов и повышает вероятность ложной тревоги.

Практическое направление исследований связано с созданием автоматизированных систем термографического контроля и управления для стройиндустрии.

В сфере услуг на базе современных тепловизоров расширяется применение теплового контроля в таких областях, как строительство, энергетика, авиация и ряде специальных задач.

В нефтегазовом комплексе тепловизоры используются для определения уровня жидкости в резервуарах (например, с кислотами и другими опасными средами). В настоящее время для проверки уровня оператор помещает в резервуар деревянный шест. Использование тепловизора не только облегчает работу оператора, но и помогает в оперативном решении проблем, связанных с отказами датчиков уровня. Также тепловизоры применяются для контроля состояния резервуарного парка, проверки состояния электрооборудования, измерения температуры печных труб, поиска энергопотерь, обнаружение утечек из газопроводов, контроля технологических линий, контроля состояния футеровки и изоляции, диагностики и картирования линейной части магистральных трубопроводов, предотвращения возникновения пожаров. Компетенции (индикаторы): ПК-1

Экспертное заключение

Представленный фонд оценочных средств (далее - ФОС) по дисциплине «Тепловой метод неразрушающего контроля» соответствует требованиям ФГОС ВО.

Предлагаемые формы и средства текущего и промежуточного контроля адекватны целям и задачам реализации основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлены в полном объеме.

Виды оценочных средств, включенные в представленный фонд, отвечают основным принципам формирования ФОС.

Разработанный и представленный для экспертизы фонд оценочных средств рекомендуется к использованию в процессе подготовки обучающихся по указанному направлению 12.04.01 Приборостроение.

Председатель
учебно-методической комиссии
института



Яременко С.П.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)