

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»**

**Факультет приборостроения, электротехнических и биотехнических систем  
Кафедра «Приборы»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан факультета**



Тарасенко О.В.

(подпись)

« 04 » 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ТЕПЛОВОЙ МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ»**

По направлению подготовки: 12.04.01 – Приборостроение

Магистерская программа: «Инновационные технологии в приборостроении»

**Луганск 2023**

## Лист согласования РПУД

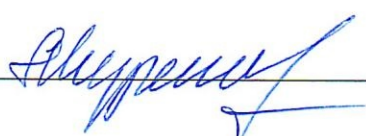
Рабочая программа учебной дисциплины «Тепловой метод неразрушающего контроля» по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение- 20 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Тепловой метод неразрушающего контроля» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. N 957 (с изменениями и дополнениями от 26 ноября 2020 г., 8 февраля 2021 г.).

### СОСТАВИТЕЛЬ:

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Приборы» Швец С.Н.

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры «Приборы»  
«11» 04 2023 года, протокол № 15

Заведующий кафедрой  Мирошников В.В.

Переутверждена: «  »    20   года, протокол №   

Согласована (для обеспечивающей кафедры):

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии факультета  
Приборостроения электротехнических и биотехнических систем  
«18» 04 2023 года, протокол № 3.

Председатель учебно - методической  
комиссии факультета приборостроения  
электротехнических и биотехнических систем  Яременко С.П.

© Швец С.Н., 2023 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. ДАЛЯ», 2023 год

## Структура и содержание дисциплины

### 1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – получение студентами знаний в области конструирования и эксплуатации средств теплового неразрушающего контроля.

Задачи:

- изучение физических основ теплового метода контроля;
- изучение современных методов и средств теплового метода неразрушающего контроля;
- изучение методик теплового контроля для различных областей применения;
- изучение оборудования теплового контроля для различных областей применения;
- научиться рассчитывать основные параметры оборудования теплового контроля и оценивать его точность и разрешающую способность.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Дисциплина «Тепловой метод неразрушающего контроля» относится к профессиональным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания основ знания физических основ неразрушающего контроля, основ электроники, умения и навыки конструирования и расчета базовых узлов измерительной части приборов.

Содержание дисциплины базируется на дисциплинах бакалавриата направления подготовки «Приборостроение» и является основой для подготовки к ГИА.

### 3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

| Код и наименование компетенции                                                         | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                                                                         | Перечень планируемых результатов                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 Способность проводить исследования и разработки по созданию технологий и приборов | ПК-1.1 проводит определение направлений, содержания теоретических и экспериментальных исследований по созданию новых технологий, приборов и комплексов<br>ПК-1.2 проводит моделирование работы приборов<br>ПК-1.3 проводит экспериментальные исследования по созданию | <b>Знать:</b> принципы проведения исследования и методы разработки по созданию технологий и приборов |
|                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Уметь:</b> проводить исследования и разработки по созданию технологий и приборов                  |
|                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Владеть:</b> навыками проведения исследования и разработки по созданию технологий и приборов      |

|  |                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | приборов и комплексов<br>ПК-1.4 разрабатывает<br>технологии регистрации,<br>хранения и обработки<br>информации с<br>использованием приборов<br>и систем<br>ПК-1.5 разрабатывает<br>новые технологии<br>производства приборов |  |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

| Вид учебной работы                                                                                                                                                                                                                     | Объем часов 252 (7 зач. ед.) |                           |                           |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                        | Очная форма                  |                           | Заочная форма             |                          |
| <b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>144</b><br>(4 зач. ед)    | <b>108</b><br>(3 зач. ед) | <b>162</b><br>(3 зач. ед) | <b>90</b><br>(3 зач. ед) |
| <b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>                                                                                                                                                                                | <b>56</b>                    | <b>48</b>                 | <b>10</b>                 | <b>8</b>                 |
| в том числе:                                                                                                                                                                                                                           |                              |                           |                           |                          |
| Лекции                                                                                                                                                                                                                                 | 28                           | 24                        | 6                         | 4                        |
| Семинарские занятия                                                                                                                                                                                                                    | -                            | -                         | -                         | -                        |
| Практические занятия                                                                                                                                                                                                                   | 14                           | 12                        | 2                         | 2                        |
| Лабораторные работы                                                                                                                                                                                                                    | 14                           | 12                        | 2                         | 2                        |
| Курсовая работа (курсовой проект)                                                                                                                                                                                                      | -                            | -                         |                           |                          |
| Другие формы и методы организации образовательного процесса ( <i>расчетно-графические работы, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинг, компьютерные симуляции, интерактивные лекции, семинары, анализ деловых ситуаций и т.п.</i> ) | -                            | -                         | -                         | -                        |
| Семестр                                                                                                                                                                                                                                | 2                            | 3                         |                           |                          |
| <b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>                                                                                                                                                                                         | <b>88</b>                    | <b>60</b>                 | <b>139/13</b>             | <b>82</b>                |
| Форма аттестации                                                                                                                                                                                                                       | зачет                        | экзамен                   | зачет                     | экзамен                  |

### 4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Основы теплового неразрушающего контроля

Основные термины, относящиеся к тепловому неразрушающему контролю. Области применения ТК. Системный подход к проектированию устройств активного ТК. Модели и схемы теплового контроля. Сравнительные характеристики процедур активного ТК. Типы дефектов, обнаруживаемых в тепловом контроле. Базовые процедуры активного ТК.

Тема 2 Шкалы температур и методы измерения температуры.

Основные применяемые абсолютные и производные температурные шкалы. Датчики температуры и методы измерения.

Тема 3 Теплопередача и моделирование задач теплопроводности. Механизмы теплопередачи. Адиабатический и неадиабатический теплообмен.

Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплофизические характеристики материалов. Дополнительные условия для решения уравнения теплопередачи. Прямые и обратные задачи ТК

Тема 4 Основные закономерности активного ТК. Обработка результатов тепловизионных измерений.

Условия обнаружения сигналов от внутренних дефектов. Информативные параметры ТК Амплитудные и временные информативные параметры Основные функциональные зависимости температурных сигналов от параметров изделия и дефекта Стандартная обработка тепловизионных изображений

Тема 5 Идентификация параметров скрытых дефектов при ТНК

Тепловая дефектометрия на основе температурного отклика на передней поверхности пластины. Математические методы и алгоритмы определения размеров дефектов.

Тема 6 Основы ИК термографии

Законы теплового излучения. Спектр теплового и ИК излучения. Схема и уравнение ИК термографирования. Интегральные коэффициенты излучения различных материалов.

Тема 7 Системы построения изображения в ИК диапазоне.

Системы тепловизионного сканирования. Приемники ИК излучения. Оптика и основные характеристики тепловизоров. Классификация тепловизоров. ИК пирометры.

### 4.3. Лекции

| № п/п         | Название темы                                        | Объем часов |               |
|---------------|------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                      | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Основы теплового неразрушающего контроля             | 6           | 4             |
| 2             | Базовые процедуры активного ТК.                      | 4           |               |
| 3             | Шкалы температур и методы измерения температуры      | 6           |               |
| 4             | Теплопередача и моделирование задач теплопроводности | 6           |               |
| 5             | Основные закономерности активного ТК                 | 6           | 1             |
| 6             | Обработка результатов тепловизионных измерений       | 6           | 5             |
| 7             | Идентификация параметров скрытых дефектов при ТНК    | 6           |               |
| 8             | Основы ИК термографии                                | 6           |               |
| 9             | Системы построения изображения в ИК диапазоне        | 6           |               |
| <b>Итого:</b> |                                                      | <b>52</b>   | <b>10</b>     |

### 4.5. Практические занятия

| № п/п | Название темы                                                                                          | Объем часов |               |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|       |                                                                                                        | Очная форма | Заочная форма |
| 1     | Принципы измерения температур. Температурные шкалы. Термометры расширения и манометрические термометры | 3           | 4             |
| 2     | Термопреобразователи сопротивления.                                                                    | 3           |               |

|               |                                                |           |          |
|---------------|------------------------------------------------|-----------|----------|
| 3             | Термоэлектрические преобразователи             | 3         |          |
| 4             | Пирометры излучения.                           | 3         |          |
| 5             | Теплопроводность при стационарном режиме       | 3         |          |
| 6             | Конвективный теплообмен                        | 3         |          |
| 7             | Расчет теплообмена излучением                  | 3         |          |
| 8             | Расчет теплообмена конвекцией и излучением     | 3         |          |
| 9             | Теплообмен при изменении агрегатного состояния | 2         |          |
| <b>Итого:</b> |                                                | <b>26</b> | <b>4</b> |

#### 4.5. Лабораторные работы

| №             | Название темы                                        | Объем часов |               |
|---------------|------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                      | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Учебная база приборов теплового контроля             | 4           | 2             |
| 2             | Системы математических расчетов в тепловом контроле  | 4           |               |
| 3             | Решение уравнения теплопроводности                   | 4           |               |
| 4             | Численное моделирование тепловых процессов           | 4           | 2             |
| 5             | Определение теплофизических характеристик материалов | 4           |               |
| 6             | Обработка данных в тепловом контроле                 | 6           |               |
| <b>ИТОГО:</b> |                                                      | <b>26</b>   | <b>4</b>      |

#### 4.6. Самостоятельная работа студентов

| №<br>п/п      | Название темы                                                                                   | Объем часов |               |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|
|               |                                                                                                 | Очная форма | Заочная форма |
| 1             | Изучение темы «Теплопередача в дефектных структурах и оптимизация процедур теплового контроля.» | 49          | 73            |
| 2             | Информационно-аналитический обзор по современным тепловизорам                                   | 49          | 73            |
| 3             | Изучение темы «Статистическая оценка данных и принятие решений при ТК»                          | 50          | 75            |
| <b>Итого:</b> |                                                                                                 | <b>148</b>  | <b>139+82</b> |

#### 4.7. Курсовые работы/проекты – не предусмотрены учебным планом.

#### 5. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

- технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

– технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

– технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

– технологии модульного обучения, дающие возможность обеспечения гибкости процесса обучения, адаптации его к индивидуальным потребностям и особенностям обучающихся (применяются, как правило, при самостоятельном обучении студентов по индивидуальному учебному плану);

– технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования

– технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

## **6. Формы контроля освоения дисциплины.**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем(ями), ведущими практические и лабораторные занятия по дисциплине в следующих формах:

- лабораторные работы;
- контрольные работы.

Форма аттестации по результатам освоения дисциплины проходит в форме устного зачета и письменного экзамена (включает в себя ответ на теоретические вопросы и решение задач). Студентам, выполнившим 75% текущих и контрольных мероприятий на «отлично», а остальные 25 % на «хорошо», имеют право на получение итоговой отличной оценки.

В экзаменационную ведомость и зачетную книжку выставляются оценки по национальной шкале, приведенной в таблице.

| Национальная шкала | Характеристика знания предмета и ответов | Зачеты |
|--------------------|------------------------------------------|--------|
|--------------------|------------------------------------------|--------|

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |            |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| отлично (5)             | Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендуемую литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено    |
| хорошо (4)              | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                    |            |
| удовлетворительно (3)   | Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в излагаемых ответах в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                   |            |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.                         | не зачтено |

## 7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины

1. Марукович Е.И., Бесконтактная термометрия / Е.И. Марукович, А.П. Марков, С.С. Сергеев ; под общ. ред. Е.И. Маруковича - Минск : Белорус. наука, 2014. - 252 с. - ISBN 978-98508-1681-8 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9789850816818.html> (дата обращения: 19.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

2. Арутюнов В.А., Теплофизика и теплотехника: Теплофизика / Арутюнов В.А., Крупенников С.А., Сборщиков Г.С. - М. : МИСиС, 2010. - 228 с. - ISBN 978-5-87623-358-5 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876233585.html> (дата обращения: 19.03.2020).
3. Беленький А.М., Метрология и теплотехнические измерения : учеб. / Беленький А.М. - М. :МИСиС, 2018. - 396 с. - ISBN 978-5-906953-23-0 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785906953230.html> (дата обращения: 19.03.2020). - Режим доступа : по подписке.
4. Салихов З.Г., Инженерные основы теплового контроля. Опыт практического применения : Монография / З.Г. Салихов, О.Н. Будадин, Е.Н. Ишметьев, А.П. Щетинин, Т.Е. Троицкий-Марков, Е.В. Абрамова. - М. :МИСиС, 2008. - 476 с. - ISBN 978-5-87623-207-6 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876232076.html> (дата обращения: 19.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

б) дополнительная литература:

1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Крюева. Т. 5: В 2 кн. Кн. 1: Тепловой контроль. /В.П. Вавилов. - М.: Машиностроение, 2004. - 679 с.
2. Д.А.Нестерук, В.П.Вавилов Тепловой контроль и диагностика. Учебное пособие для подготовки специалистов I, II, III уровня. – Томск:, 2007. – 104 с
3. Шрайбер Г., Инфракрасное излучение в электронике / Шрайбер Г. Пер. с франц. - М. : ДМК Пресс, 2001. - 240 с. (В помощь радиолюбителю.) - ISBN 5-94074-019-7 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5940740197.html> (дата обращения: 19.03.2020). - Режим доступа : по подписке.

ГОСТ 25314-82 Контроль неразрушающий тепловой. Термины и определения

#### г) интернет-ресурсы:

1. Министерство образования и науки Российской Федерации – <http://минобрнауки.рф/>
2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – <http://obrnadzor.gov.ru/>
3. Министерство образования и науки Луганской Народной Республики – <https://minobr.su>
4. Народный совет Луганской Народной Республики – <https://nslnr.su>
5. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
6. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru/>

7. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>

8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – <http://fcior.edu.ru/>

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

9. Электронно-библиотечная система «Znanium» – <https://znanium.ru/>

10. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

11. Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

12. Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

**8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины «Теловой метод неразрушающего контроля» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер).

Практические и лабораторные занятия: комплект электронных слайдов, аудитория с презентационной техникой (проектор, экран, ПК), компьютерный класс с доступом в Интернет.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

**Программное обеспечение:**

| <b>Функциональное назначение</b> | <b>Бесплатное программное обеспечение</b> | <b>Ссылки</b>                                                                                                                                                                |
|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Офисный пакет                    | Libre Office 6.3.1                        | <a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a> |
| Операционная система             | UBUNTU 19.04                              | <a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a><br><a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>                             |
| Браузер                          | Firefox Mozilla                           | <a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>                                                                                      |
| Браузер                          | Opera                                     | <a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>                                                                                                                      |
| Почтовый клиент                  | Mozilla Thunderbird                       | <a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>                                                                                    |
| Файл-менеджер                    | Far Manager                               | <a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>                                                                                  |
| Архиватор                        | 7Zip                                      | <a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>                                                                                                                    |

|                                      |                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Графический редактор                 | GIMP (GNU Image Manipulation Program) | <a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a><br><a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a><br><a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a> |
| Программа трехмерного проектирования | KOMPIAC-3D v18.1                      | <a href="https://kompas.ru/kompas-3d/download/">https://kompas.ru/kompas-3d/download/</a>                                                                                                                                                 |
| Редактор PDF                         | PDFCreator                            | <a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>                                                                                                                                                       |

## 9. Оценочные средства по дисциплине

### Паспорт фонда оценочных средств по учебной дисциплине

«Тепловой метод неразрушающего контроля»

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

| № п/п | Код контролируемой компетенции | Формулировка контролируемой компетенции                                           | Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Контролируемые темы учебной дисциплины, практики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Этапы формирования (семестр изучения) |
|-------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | ПК-1                           | Способность проводить исследования и разработки по созданию технологий и приборов | ПК-1.1 проводит определение направлений, содержания теоретических и экспериментальных исследований по созданию новых технологий, приборов и комплексов<br>ПК-1.2 проводит моделирование работы приборов<br>ПК-1.3 проводит экспериментальные исследования по созданию приборов и комплексов<br>ПК-1.4 разрабатывает технологии регистрации, хранения и обработки информации с использованием приборов и систем<br>ПК-1.5 разрабатывает новые технологии производства приборов | Тема 1. Основы теплового неразрушающего контроля<br>Тема 2 Шкалы температур и методы измерения температуры.<br>Тема 4 Основные закономерности активного ТК. Обработка результатов тепловизионных измерений.<br>Тема 5 Идентификация параметров скрытых дефектов при ТНК<br>Тема 6 Основы ИК термографии<br>Тема 7 Системы построения изображения в ИК диапазоне. | 2,3                                   |

**Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал  
оценивания**

| №<br>п/<br>п | Код<br>контроли<br>руемой<br>компетен<br>ции                                                                                   | Индикаторы<br>достижений<br>компетенции<br>(по<br>реализуемой<br>дисциплине)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Перечень планируемых<br>результатов                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Контроли<br>руемые<br>темы<br>учебной<br>дисциплин<br>ы            | Наименова<br>ние<br>оценочного<br>средства                                                                            |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | ПК-1<br>Способно<br>сть<br>проводит<br>ь<br>исследова<br>ния и<br>разработк<br>и по<br>созданию<br>технологий<br>и<br>приборов | ПК-1.1 проводит<br>определение<br>направлений,<br>содержания<br>теоретических и<br>экспериментальн<br>ых исследований<br>по созданию<br>новых<br>технологий,<br>приборов и<br>комплексов<br>ПК-1.2 проводит<br>моделирование<br>работы приборов<br>ПК-1.3 проводит<br>экспериментальн<br>ые исследования<br>по созданию<br>приборов и<br>комплексов<br>ПК-1.4<br>разрабатывает<br>технологии<br>регистрации,<br>хранения и<br>обработки<br>информации с<br>использованием<br>приборов и<br>систем<br>ПК-1.5<br>разрабатывает<br>новые технологии<br>производства<br>приборов | <b>Знать:</b> принципы<br>проведения исследования и<br>методы разработки по<br>созданию технологий и<br>приборов<br><b>Уметь:</b> проводить<br>исследования и разработки<br>по созданию технологий и<br>приборов<br><b>Владеть:</b> навыками<br>проведения исследования и<br>разработки по созданию<br>технологий и приборов | Тема 1<br>Тема 2<br>Тема 3<br>Тема 4<br>Тема 5<br>Тема 6<br>Тема 7 | Вопросы к<br>контрольным<br>работам,<br>вопросы к<br>лаборатор-<br>ным работам,<br>вопросы к<br>зачету и<br>экзамену. |

**Фонды оценочных средств по дисциплине  
«Тепловой метод неразрушающего контроля»**

**Оценочные средства: контрольные работы, лабораторные работы, зачет, экзамен**

Вопросы:

- 1) Назовите основные отличия пассивной и активной процедур ТК.
- 2) Чем отличаются адиабатический и неадиабатический процессы теплообмена?
- 3) В чем различие между стационарными и нестационарными тепловыми процессами?
- 4) Что такое дифференциальный температурный сигнал в тепловом контроле?
- 5) Объемный нагрев металлических изделий возможен с помощью:  
а) электрического тока; б) лазера; в) импульсной ксеноновой лампы; г) галогенной лампы накаливания (выбрать правильный ответ)?
- 6) Каким способом осуществляется передача тепла в космическом пространстве?
- 7) Тепловой поток – это величина векторная или скалярная?
- 8) По какому механизму преимущественно осуществляется теплопередача в тонких газовых промежутках?
- 9) Назовите основные ТФХ. Какие из характеристик могут зависеть от пространственной координаты?
- 10) Наиболее высоким коэффициентом теплопроводности обладает:  
а) алюминий; б) углепластик; в) сталь; г) титан (выбрать правильный ответ)?
- 11) Поставьте задачу теплопередачи для нагрева цилиндра при граничных условиях 3 рода.
- 12) К какому виду теплообмена (адиабатическому или неадиабатическому) можно отнести нагрев при граничных условиях 2 рода?
- 13) Можно ли моделировать объекты с дефектами конечных размеров в двухмерной системе координат?
- 14) Подтвердите или опровергните: максимум поверхностной температуры на нагреваемой поверхности соответствует времени окончания импульса.
- 15) Как физически можно объяснить то, что нагрев высокотеплопроводных материалов близок к адиабатическому. При каких условиях это должно выполняться?
- 16) Как физически можно объяснить высокие избыточные температуры при активном ТК изделий из углепластика (по сравнению,

например, с металлами и при одной и той же поглощенной энергии и толщине изделия)?

17) Как физически объяснить то, что при адиабатическом нагреве пластины импульсом конечной длительности избыточная температура в установившемся режиме не равна нулю?

18) Как можно определить максимальную избыточную температуру в активном ТК?

19) Что такое избыточная температура изделия в тепловом контроле?

20) Что такое коэффициент поверхностного теплообмена? Что отражает комбинированный коэффициент теплообмена?

21) Как избыточная температура изделия зависит от мощности нагрева?

22) Как дифференциальный температурный сигнал зависит от мощности нагрева?

23) На чем основан тепловизионный контроль коррозии в тонких алюминиевых изделиях?

24) Что такое консервативность разностных схем?

25) Механизм теплопередачи описывается законами: а) Фурье; б) Ньютона; в) Стефана-Больцмана; г) «а», «б» и «в» (выбрать правильный ответ)?

26) Назовите различия между мультипликативными и аддитивными шумами в тепловом контроле.

27) К какому типу шумов относятся флуктуации коэффициента излучения на поверхности объекта контроля?

28) Если дефект проводит тепло хуже, чем основной материал, то зона, где он находится, при одностороннем активном ТК на стадии нагрева характеризуется локальным ... температуры: а) понижением; б) повышением; в) как «а», так и «б»; г) ни «а», ни «б».

29) К какому типу шумов можно отнести тепловой шум матрицы тепловизора?

30) Как относительный температурный контраст зависит от мощности нагрева?

31) Какие требования можно предъявить к тепловизору и источнику нагрева при ТК высокотеплопроводных материалов?

32) Что такое оптимальное время обнаружения дефектов?

33) Приведите формулу для оценки оптимального времени обнаружения.

34) Сравните математические редакторы MATLAB и MathCad.

35) Может ли тепловизор использоваться в качестве датчика теплового потока при определении сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций строительных сооружений: а) не может; б) может; в) может, если тепловизор снабжен лазерным целеуказателем; г) может при наличии соответствующего программного продукта (выбрать правильный ответ)?

36) Приведите схему опыта Гершеля по обнаружению инфракрасного излучения.

37) В какой области оптического спектра (ИК или видимой) нагрев изделий предпочтительней?

38) Назовите основное свойство диффузных поверхностей в части отражения падающего излучения.

39) Каким образом можно рассчитать энергетическую освещенность плоской площадки?

40) В полевых условиях тепловизор для защиты от солнечного излучения должен иметь спектральную чувствительность с коротковолновой границей не менее: а) 0,5 мкм; б) 3 мкм; в) 7 мкм; г) «а» и «в» ?

41) Как будут изменяться показания пирометра при изменении (увеличении и уменьшении) подстраиваемого значения коэффициента излучения?

42) На каком эффекте основана работа эвапорографов?

43) Максимум спектральной плотности излучения для тел с температурой окружающей среды приблизительно соответствует длине волны: а) 0.5 мкм; б) 10 мкм; в) 100 мкм?

44) Что такое серое тело?

45) Что такое интегральный коэффициент излучения?

46) Какова связь между коэффициентами поглощения, излучения, отражения и пропускания?

47) Приведите схему и уравнение энергетических потоков для тепловизора.

48) Назовите материалы, для которых коэффициент излучения близок к единице.

49) Назовите материалы, для которых коэффициент излучения меньше 0.5.

50) Приведите уравнения, отражающие связь вариации коэффициента излучения и температуры.

51) Рассчитать погрешность цифровой дискретизации при работе тепловизора в диапазоне температур  $-20 +140$  °С и глубиной оцифровки 8 бит и 14 бит (принять линейную связь температуры и выходного

электрического сигнала).

52) Какой характер имеет отражение от плоской полированной поверхности: а) зеркальное, направленное; б) диффузное; в) диффузное, направленное; г) «б» и «в» (выбрать правильный ответ)?

53) При визировании окон жилого дома тепловизор измеряет: а) истинную температуру наружной поверхности стекла; б) истинную температуру стен внутри помещения; в) комбинацию истинной температуры наружной поверхности стекла и температуры окружающей среды; г) температуру окружающей среды (выбрать правильный ответ)?

54) Рабочим веществом термометров, использующих шкалу Цельсия, служит: а) вода; б) спирт; в) ртуть; г) «б» и «в» (выбрать правильный ответ)?

55) Для тепловизионного контроля удаленных и малоразмерных объектов целесообразно применять: а) широкоугольные объективы; б) телеобъективы с узким полем зрения; в) микрообъективы; г) «б» и «в» (выбрать правильный ответ)?

56) 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) 1,07; г) 0,93 (выбрать правильный ответ)?

57) Размерность удельной теплоемкости равна: а) Вт/(мК); б) м<sup>2</sup>/с; в) Дж./(кг·К); г) Вт/м<sup>2</sup>

58) (выбрать правильный ответ)?

59) Находящаяся на некоторой глубине в океане подводная лодка может быть обнаружена по ИК термограмме поверхности воды, потому что: а) вода прозрачна для теплового излучения подлодки; б) вода прозрачна для солнечного излучения, нагревающего подлодку; в) на поверхности воды возникает след теплой воды, поднимающейся на поверхность от работающего двигателя; г) «а» и «б» (выбрать правильный ответ)?

60) При ТК контактных соединений на электрических подстанциях, находящихся на открытом воздухе следует учитывать на точность измерений: а) отраженного солнечного излучения; б) ветра; в) влажности воздуха; г) «а» и «б» (выбрать правильный ответ)?

61) Почему при смене линзы тепловизора необходима его перекалибровка?

62) Можно ли с тепловизором работать в полной темноте?

63) Какова дальность действия тепловизора и снижается ли его температурная чувствительность с расстоянием?

64) Насколько безопасна работа с тепловизором для персонала?

65) Чем обусловлена высокая стоимость тепловизоров и почему так мало фирм их выпускают?

66) Множество фирм в России предлагают приборы ночного видения по доступным ценам. Чем эти приборы отличаются от тепловизоров?

67) Для чего в комплект поставки пирометров иногда включается

контактный датчик для измерения температуры?

68) Для повышения чувствительности фотонные детекторы ИК излучения обычно охлаждают с помощью: а) жидкого азота; б) термоэлектрических холодильников; в) холодильников Стирлинга; г) «а» или «б», или «в» (выбрать правильный ответ)?

69) Для устранения помех от высокотемпературных источников (Солнца, пламен и т.п.) в тепловидении применяют: а) отсекающие спектральные фильтры с коротковолновой границей 2...2,5 мкм; б) монохроматические ИК фильтры; в) ИК поляризаторы; г) модуляцию потока излучения (выбрать правильный ответ)?

70) Увеличение шероховатости поверхности объекта контроля изменяет ее коэффициент излучения следующим образом: а) увеличивает; б) уменьшает; в) никак не влияет; г) все вышеперечисленное (выбрать правильный ответ)?

71) Мгновенный угол зрения тепловизоров, как правило, ... угла зрения ИК термометров: а) равен; б) больше; в) или «а», или «б»; г) меньше (выбрать правильный ответ)?

72) Для тепловизионного обследования верхней части дымовых труб с поверхности земли следует применять: а) короткофокусные объективы; б) любые объективы; в) «а» или «б»; г) длиннофокусные объективы (выбрать правильный ответ)?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству зачет, экзамен:

| Национальная шкала    | Характеристика знания предмета и ответов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Зачеты  |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| отлично (5)           | Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендуемую литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. | зачтено |
| хорошо (4)            | Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.                                    |         |
| удовлетворительно (3) | Студент знает только основной программный                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |         |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |            |
|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|                         | материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в излагаемых ответах в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.                                                     |            |
| неудовлетворительно (2) | Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы. | не зачтено |

**Форма листа изменений и дополнений, внесенных в ФОС**

**Лист изменений и дополнений**

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