

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор - директор ИНК ТПУ  
\_\_\_\_\_ В.Н. Бориков  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ**

НАПРАВЛЕНИЕ ООП  
221400 УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ  
ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Управление качеством в производственно-технологических системах

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ)	бакалавр
БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА	2015 г.
КУРС _____ 3, 4	СЕМЕСТР _____ 6,7,8
КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ	2/3/3
ПРЕРЕКВИЗИТЫ	Материаловедение и технология конструкционных материалов, Физика, Метрология, стандартизация и сертификация, Методы и средства измерений, испытаний и контроля
КОРЕКВИЗИТЫ	нет
ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:	
ЛЕКЦИИ	85,5 час.
ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	94,5 час.
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	
КУРСОВАЯ РАБОТА	
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ	180 час.
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	162 час.
ИТОГО	342 час.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ	очная
ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	7,8 семестр – экзамен 6 семестр – зачет
ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ	кафедра ФМПК ИНК
ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ	д.ф.-м.н., профессор
ФМПК	Суржиков А.П.
РУКОВОДИТЕЛЬ ООП	К.т.н., доцент кафедры ФМПК Редько Л.А.
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ	доцент, к.т.н. кафедры. ФМПК Нестерук Д.А. доцент, к.т.н. кафедры. ФМПК Калиниченко Н.П. доцент, к.ф.-м.н. кафедры. ФМПК Шиян В.П. профессор, д.т.н. кафедры. ФМПК Капранов Б.И.

2015г.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Методы неразрушающего контроля» является частью профессионального цикла дисциплин подготовки студентов по направлению 221400 «Управление качеством». Дисциплина реализуется на базе кафедры «Физические методы и приборы контроля качества» Института неразрушающего контроля Томского политехнического университета.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с приобретением знаний, умений и навыков в дефектоскопии и диагностике веществ, материалов и сред, проектировании устройств неразрушающего контроля на основе различных методов и схем, с их эксплуатацией и внедрением их в различных областях приборостроения.

Дисциплина нацелена на формирование ряда общекультурных компетенций и профессиональных компетенций выпускника согласно ООП «Приборостроение»: (ОК-1), (ОК-2), (ОК-3), (ОК-4), (ОК-8), (ОК-9), (ПК-6), (ПК-7), (ПК-10), (ПК-12), (ПК-13), (ПК-14), (ПК-17), (ПК-25), (ПК-27).

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, лабораторные работы, консультации, самостоятельную работу студента: выполнение курсового проекта и индивидуальных заданий.*

- Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:
- *текущий контроль* успеваемости в форме выполнения заданий, контроля посещаемости и контроля выполнения курсовой работы.
- рубежный контроль в форме защиты курсовых работ и экзамен по теоретической части дисциплины;
- промежуточный *контроль* в форме защиты индивидуальных заданий.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы (кредита), 189 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия в количестве 22,5 часов, практические занятия, а также самостоятельная работа студента в количестве 90 часов.

#### 1. Цели освоения дисциплины

Код цели	Цели освоения дисциплины
Ц1	Формирование творческого мышления, объединение фундаментальных знаний основных законов и методов проведения исследований с последующей обработкой и анализом результатов исследований на основе использования правил и норм метрологии.
Ц2	Формирование способности понимать суть нормативных и технических документов, описывающих характеристики продукции, процессы их получения, транспортирования и хранения, и использовать их в своей деятельности. Формирование навыков контроля качества выпускаемой продукции с использованием типовых методов, описанных в стандартах на методы контроля.
Ц3	Формирование способности поиска и учета нормативно-правовых требований в областях технического регулирования и метрологии. Формирование навыков работы с проектной и рабочей технической документацией стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами.
Ц4	Формирование способности обоснованного выбора технического и методического обеспечения измерений и испытаний. Формирование навыков оценивания погрешности измерительных систем.

Код цели	Цели освоения дисциплины
	Формирование навыков выполнения работ по стандартизации и подготовке к подтверждению соответствия технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
Ц5	Формирование навыков самостоятельной постановки и проведения теоретических и экспериментальных исследований на основе использования правил и норм метрологии

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Согласно ООП дисциплина «Физические методы контроля» является вариативной дисциплиной и относится к профессиональному циклу.

Код дисциплины ООП	Наименование дисциплины	Кредиты	Форма контроля
Б3 профессиональный цикл			
<i>Б3.В Вариативная часть</i>			
Б3.В4	«Физические методы контроля»	8	Экзамен, зачет

До освоения дисциплины «Физические методы контроля» должны быть изучены следующие дисциплины (пререквизиты):

Код дисциплины ООП	Наименование дисциплины	Кредиты	Форма контроля
<i>пререквизиты</i>			
Б2. Математический и естественнонаучный цикл			
Б2.Б4	Физика	12	экзамен
Б3.Б7	Метрология, стандартизация и сертификация	3	зачет
Б3 профессиональный цикл			
<i>Б3.В2 Вариативная часть</i>			
Б3.В2	Материаловедение и технология конструкционных материалов	3	зачет
Б3.В5	Методы и средства измерений, испытаний и контроля	4	зачет

## 3. Результаты освоения дисциплины

Согласно декомпозиции результатов обучения по ООП в процессе освоения дисциплины с учетом требований ФГОС, критериев АИОР, согласованных с требованиями международных стандартов *EURACE* и *FEANI*, а также заинтересованных работодателей планируются следующие результаты:

Р1	Способность применять современные базовые естественнонаучные, математические инженерные знания, научные принципы, лежащие в основе профессиональной деятельности для разработки, внедрения и совершенствования систем менеджмента качества организации, учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты.
Р7	Способность эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, а также руководить малым коллективом, демонстрировать ответственность за результаты работы

В результате освоения дисциплины студент должен:

- знать физические основы методов неразрушающего контроля;
- иметь общее представление о методах неразрушающего контроля и диагностики;
- знать основные элементы приборов неразрушающего контроля;
- **иметь представление о вопросах методологии методов неразрушающего контроля и его метрологическом обеспечении;**
- знать возможности и границы применимости методов неразрушающего контроля.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции:

### **3.1. Универсальные (общекультурные):**

- способностью использовать нормативные правовые документы в своей деятельности (ОК-5);
- способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования (ОК-11);

### **3.2. Профессиональные:**

- способностью применять знание принципов и методов разработки и правил применения нормативно-технической документации по обеспечению качества процессов, продукции и услуг (ПК-9);
- способностью участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий, направленных на улучшение качества (ПК-11).

## **Критерий 5 АИОР**

– Применять базовые и специальные математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности.

– Выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.

– Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1. Наименование разделов дисциплины:**

#### **4.1.1. Радиационные методы контроля**

*Источники ионизирующих излучений, используемые в РК.*

Введение. Классификация радиационных методов контроля и диагностики. Современное состояние. Перспективы развития. Радиоактивность. История, основные понятия, термины. Альфа-излучение, основные свойства, параметры, применение. Бета-излучение. Основные свойства, параметры, применение в РК. Гамма-излучение радионуклидов. Процессы взаимодействия с веществом, закономерности, сфера применения. Нейтроны. Виды источников нейтронов, способы получения, основная сфера использования в РК

*Детекторы и преобразователи полей ионизирующего излучения.*

Детекторы для средств радиометрического контроля. Газонаполненные ионизационные детекторы. Общая характеристика газового разряда. Ионизационные камеры. Детекторы с газовым усилением. Пропорциональные детекторы, счетчики Гейгера-Мюллера. Сцинтилляционные детекторы: классификация, принцип действия, неорганические и органические сцинтилляторы, системы ФЭУ, конструкции сборок. Рентгеновские пленки: клас-

сификация, основные параметры, схемы применения. Полупроводниковые детекторы: принцип действия, характеристики, применение. Радиационно-оптические преобразователи, линейки детекторов, матрицы, волоконно-оптические сцинтилляторы.

#### *Системы радиационной дефектоскопии*

Радиографический контроль: классификация методов. Рентгено- и гамма-графия, бесплёночная радиография с запоминающими пластинами, томография. Характеристики радиографирования, технология и организация радиографии, перспективы радиографии.

Радиационная интроскопия (радиоскопия). Системы радиоскопии, структура. Методы оценки качества систем радиоскопии. Стереорадиоскопия. Рентгентелевизионные системы передачи и обработки изображений. Области применения и перспективы развития систем радиоскопии. Основные понятия томографии, варианты схем и применений.

#### *Радиометрический контроль.*

Радиометрическая дефектоскопия: чувствительность методов, расшифровка информации. Автоматизированные системы радиометрии. Области применения.

Толщинометрия, плотнометрия, урвнеметрия. Методы прошедшего излучения, методы отраженного излучения.

#### **4.1.2. Акустические методы контроля**

Введение в курс. Понятия об акустических колебаниях и волнах. Длина волны, скорость распространения, частота. Связь между ними.

Основные типы волн в газах, жидкостях, тв. телах. Объёмные волны

Основные типы волн в ограниченных средах.

Энергетические характеристики акустических волн: звуковая энергия, плотность потока энергии, интенсивность или сила звука, акустическое давление

Акустические свойства сред: импеданс, волновое число, коэффициент затухания, поглощение и рассеяние в газах, жидкостях, тв. телах.

Отражение и преломление акустических волн на границе  $2^x$  полубесконечных сред. Коэффициенты отражения и прозрачности.

Основные физические эффекты, используемые для возбуждения и приёма акустических волн: пьезоэффект, магнитострикционный, электромагнито-акустический, термоакустический, оптико-акустический эффекты.

Пьезоэлектрические и магнитострикционные материалы. Их основные характеристики.

Основные требования к преобразователям: полоса частот, чувствительность.

Бесконтактные способы ввода и приёма акустических волн.

Акустическое поле преобразователя. Дисковый, кольцеобразный, прямоугольный преобразователи, прямые, наклонные, фокусирующие преобразователи.

Ультразвуковые методы измерения физико-химических характеристик материалов.

Ультразвуковые методы воздействия на газообразные, жидкие, тв. тела.

#### **4.1.3. Электромагнитные методы контроля**

##### *Общие принципы организации неразрушающего контроля*

Федеральный закон о промышленной безопасности. Система неразрушающего контроля. Общие принципы аттестации специалистов и лабораторий неразрушающего контроля.

##### *Магнитный контроль*

Магнитная дефектоскопия. Физические основы и технология магнитопорошковой дефектоскопии. Основы индукционной и феррозондовой дефектоскопии. Магнитографический контроль.

Магнитная толщинометрия. Пондеромоторные, магнитостатические и индукционные магнитные толщиномеры покрытий.

Магнитная структуроскопия. Задачи, решаемые в магнитной структуроскопии. Общие принципы магнитной структуроскопии. Принципы построения коэрцитиметров, их применение в задачах структуроскопии. Метод контроля по кажущейся остаточной индукции. Метод высших гармоник. Метод магнитных шумов.

Контроль напряженно-деформированного состояния магнитными методами.

*Вихретоковый контроль*

Физические основы метода. Конструкции вихретоковых преобразователей (ВТП) по ориентации обмоток и способу включения в электрическую цепь.

Теория проходного ВТП. Аналитическое решение задачи о бесконечно длинном электропроводном цилиндре в равномерном магнитном поле. Понятие эффективной магнитной проницаемости и обобщенного параметра контроля. Чувствительность проходного ВТП к электропроводности, радиусу и магнитной проницаемости цилиндра. Чувствительность проходного ВТП к дефектам цилиндра.

Теория накладного ВТП. Аналитическое решение задачи об одновитковой катушке над проводящим полупространством и листом. Комплексные плоскости вносимого напряжения ВТП над немагнитным и ферромагнитным полупространством и листом. Чувствительность к дефектам изделия.

Отстройка от влияния мешающих факторов в вихретоковых средствах неразрушающего контроля. Понятие мешающего фактора. Информационная структурная схема ВТ контроля. Классификация мешающих факторов и способов отстройки. Подавление мешающих факторов в ВТП выбором частоты и напряженности возбуждающего поля, оптимизация конструкции ВТП и стабилизация величины мешающих факторов. Амплитудный, фазовый и амплитудно-фазовый способ подавления мешающих факторов в блоках аналоговой обработки сигнал. Отстройка от мешающих факторов в параметрических ВТП. Структурные схемы приборов, реализующие различные способы отстройки мешающих факторов.

Вихретоковые приборы для контроля геометрических размеров. Приборы для контроля толщины листов и стенок труб. Приборы для контроля толщины диэлектрических покрытий на электропроводном основании. Отстройка от влияния зазора. Структурные схемы толщиномеров с накладными ВТП. Характеристики толщиномеров, применяемых в промышленности.

#### **4.1.4. Капиллярный метод контроля**

Сущность капиллярного контроля и характеристики его возможностей.

Физические основы капиллярного контроля.

Оборудование и материалы для капиллярного контроля.

Технология капиллярного контроля цветным методом.

Способы создания контрольных образцов.

Нормативные документы по капиллярному контролю.

Технологические карты капиллярного контроля

Правила техники безопасности при контроле деталей капиллярными методами.

#### **4.1.5. Тепловой метод контроля**

*Основы теплового неразрушающего контроля, теплопередача, моделирование задач теплопередачи.*

Основные термины, области применения ТК, способы измерения температуры.

Типы ИТН, основные характеристики ИТН, базовые процедуры АТК.

Механизмы теплопередачи, адиабатический и неадиабатический теплообмен, ТФХ материалов, уравнение теплопередачи.

Постановка задач теплопередачи, моделирование обнаружение дефектов, классические решения теории теплопроводности.

*Закономерности активного теплового контроля, обработка данных, основы ИК термографии*

Условия обнаружения сигналов от внутренних дефектов, информативные параметры ТК, стандартная обработка тепловизионных изображений.

Спектр электромагнитных колебаний, законы теплового излучения, схема и уравнение ИК термографирования.

Проблема коэффициента излучения, оптика тепловизоров, классификация тепловизоров.

#### 4.1.6. Радиоволновой метод контроля

Краткие сведения о радиоволновом (РВК) контроле.

Физические основы и технические средства РВ методов измерений и контроля.

Информативные параметры э/м систем РВК.

Распространение э/м волн в свободном пространстве и в различных средах.

Особенности радиоволнового контроля.

Основные методы РВК.

Основные методы РВК (продолжение).

Виды контроля с использованием основных методов РВК.

Современные средства, реализующие основные методы РВК.

Средства толщинометрии.

Измерение физических свойств материалов и изделий.

**4.2. Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения** представлена таблицей 1.

Таблица 1

*Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения*

Номер раздела/темы	Аудиторная работа (час)		СРС час	Итого
	Лекции	Лаб. работы		
4.1.1.	18	18	27	63
4.1.2.	18	18	27	63
4.1.3.	14	14	27	55
4.1.4.	13	13	27	53
4.1.5.	11,5	15,5	27	54
4.1.6.	11	16	27	54
<b>ИТОГО</b>	<b>85,5</b>	<b>94,5</b>	<b>162</b>	<b>342</b>

## 5. Образовательные технологии

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе.

Перечень методов обучения и форм организации обучения представлен таблицей 2.

## Методы и формы организации обучения (ФОО)

ФОО Методы	Лекции	Практические/ семинарские занятия	Тренинг мастер- класс	СРС
IT-методы	х			х
Работа в команде		х		х
Case-study				х
Игра		х		
Поисковый метод	х	х		х
Проектный метод	х	х	х	х
Исследовательский метод	х	х		х

## 6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов (СРС)

**6.1** Общий объем самостоятельной работы студентов по дисциплине включает две составляющие: текущую СРС и творческую проектно-ориентированную СР (ТСР).

*6.1.1. Текущая СРС* направлена на углубление и закрепление знаний студентов, развитие практических умений и представляет собой:

- ✓ применение основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение положений теории физических полей, методов математического анализа и моделирования, экспериментального исследования для решения вопросов разработки устройств радиационной техники;

- ✓ подбор, анализ и оформление материалов для описания методов контроля и их применения;

- ✓ анализ технического задания и задач проектирования на основе изучения технической литературы и патентных источников;

*6.1.2. Творческая проектно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР)*, ориентирована на развитие интеллектуальных умений, комплекса общекультурных и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала студентов и представляет собой:

- ✓ умение выбрать и разработать функциональные, структурные и принципиальные схемы приборов;

- ✓ умение конструировать типовые детали и узлы с использованием стандартных средств компьютерного проектирования, умение проводить обоснование конструкций приборов в соответствии с техническим заданием;

- ✓ умение составлять отдельные виды технической документации, включая технические условия, описания, инструкции и другие,

- ✓ умение проводить монтаж, наладку, испытания и сдачу в эксплуатацию опытных образцов техники;

- ✓ умение проводить измерения и исследования по заданной методике с выбором средств измерений и обработкой результатов;

- ✓ умение использовать математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;

- ✓ умение составлять описания проводимых исследований разрабатываемых проектов и собирать данные для составления отчетов;

✓ умение организовать технологию контроля объектов, маршруты технологического прохождения элементов и узлов приборов и систем при изготовлении и планировать размещение технологического оборудования, а также технически оснащать и организовать рабочие места;

✓ уметь осуществлять технический контроль производства приборов, включая внедрение систем менеджмента качества.

## **6.2. Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине**

### *6.2.1. Темы индивидуальных заданий:*

#### **Радиационные методы контроля:**

1. Радиация. Дозы, эффекты и риски. Радиофобия.
2. Радионуклидные исследования в медицине. Короткоживущие радионуклиды искусственного происхождения
3. Новые разработки детекторов альфа-, нейтронов и фотонов.
4. Малодозовые системы индивидуального досмотра багажа и пассажиров.
5. Обеспечение физической защиты объектов использования атомной энергии.
6. Комплекс требований при аккредитации лабораторий РК.
7. Система аттестации специалистов неразрушающего контроля.
8. Требования при аттестации по РК на 1,2,3 уровни квалификации.
9. Метрологическое обеспечение измерений в РК.
10. Радиационные технологии.
11. Рентгеновские трубки. Конструкции, принцип работы, параметры.
12. Рентгеновские аппараты. Классификация, принцип действия, характеристики, тенденции развития
13. Бетатроны. Принцип действия, сфера применения, перспективы.
14. Применение микрорадиографии при оценке произведений искусства.
15. Определение радиационной стойкости материалов и изделий.
16. Радиационные средства поиска скрытых закладок и недозволенных вложений.
17. Контроль радиоэлектронных приборов методами РК.
18. Применение методов и приборов РК в дорожном строительстве.
19. Измерение толщины покрытий методами РК.
20. Бета-толщинометры и бета-микрометры. Применение.
21. Альбедная плотнометрия почв и грунтов
22. Гамма-альтиметры. Сфера использования, параметры.

#### **Электромагнитные методы контроля**

1. Расчет режима магнитопорошковой дефектоскопии по способу СОН и СПП.
2. Расчет параметров вносимого напряжения проходного ВТП при заданном изменении электропроводности цилиндра.
3. Расчет параметров вносимого напряжения проходного ВТП при заданном изменении радиуса цилиндра.
4. Расчет параметров вносимого напряжения проходного ВТП при заданном изменении электропроводности и радиуса цилиндра.

### *6.2.3. Темы работ, выносимые на самостоятельную проработку:*

#### **Радиационные методы контроля:**

1. Механизмы перемещения объекта контроля в радиоскопии (устройство, принцип действия).
1. Основы нейтронного активационного анализа материалов

2. Рентгеноструктурный анализ – что это?. Сфера применения
3. Поиск скрытых закладок в почвах и грунтах: состояние разработок
4. Бетатроны разработки ИНК ТПУ
5. Взаимодействие электронов с веществом. Основные закономерности
6. Взаимодействие нейтронов с веществом. Основные закономерности
7. Рентгеновские аппараты импульсного действия. Принцип работы, основные параметры.
8. Плотнометрия и влагометрия в автодорожном строительстве.
9. Нейтронные концентратометры.

#### **Электромагнитные методы контроля**

1. Вихретоковые обнаружители электропроводных объектов (металлодетекторы).
2. Метод магнитной памяти металлов.
3. Магнитолюминесцентный метод контроля.
4. Методы оценки параметров магнитных порошков и суспензий.
5. Требования к организации контроля и мерам охраны труда.

#### **Капиллярный метод контроля**

1. Понятие о цвете
2. Люминесценция
3. Цветовой контраст
4. Разрешающая способность зрения
5. Острота зрения
6. Бинокулярное зрение
7. Временные характеристики зрения
8. Контроль деталей капиллярными люминесцентными методами. Средства контроля.
9. Проблемы механизации и автоматизации капиллярного контроля.

#### **6.2.4 Радиоволновой контроль**

1. Диапазон СВЧ. Особенности диапазона СВЧ
2. Падение плоской электромагнитной волны на диэлектрическую пластину
3. СВЧ влагометрия
4. Волновод – основная линия передачи на СВЧ
5. СВЧ дефектоскопия трубопроводов.

#### **6.3. Контроль самостоятельной работы**

Контроль СРС студентов проводится путем проверки ряда работ, предложенных для выполнения в качестве домашних заданий согласно разделу 6.2. и рейтинг-плану освоения дисциплины. Одним из основных видов контроля СРС является защита индивидуальных домашних заданий, являющихся мини - проектами в проектно – ориентированной технологии обучения. Результаты защиты контрольных заданий определяют умения и навыки в проектировании средств измерений. Наряду с контролем СРС со стороны преподавателя предполагается личный самоконтроль по выполнению СРС со стороны студентов.

#### **6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Для организации самостоятельной работы студентов рекомендуется использование литературы и Internet-ресурсов согласно перечню раздела **9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**. Предусмотрено также использование элек-

тронных учебников, а также специализированного программного обеспечения в процессе освоения дисциплины.

## **7. Средства (ФОС) текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины**

**7.1. Текущий контроль.** Средствами оценки текущей успеваемости студентов по ходу освоения дисциплины являются:

### *7.1.1. Вопросы*

#### **Радиационные методы контроля:**

- a) От какого параметра существенно зависит ток электронного пучка в рентгеновской трубке.
- b) Что является основным источником электронов в трубке.
- c) Какой катод преимущественно используют в промышленных трубках.
- d) Сравните рентгеновские аппараты, бетатроны и линейные ускорители по энергетическим параметрам и МЭД – чем вызваны различия.
- e) Почему в качестве материала мишени анода применяют вольфрам? Какой еще материал можно применять?
- f) Для чего в трубке обеспечивают высокий вакуум?
- g) Как увеличить срок службы рентгеновской трубки?
- h) Какой из источников: Co-60, Tm-170, Ir-192, Cs-137, Cf-252 при одинаковой активности будет иметь наименьшую массу (толщину) биологической защиты?
- i) Сколько периодов полураспада радионуклида прошло с момента выпуска, если осталось около 6% от первоначального числа частиц?
- j) Чему пропорциональна МЭД, создаваемая источником, и как ее можно технически изменить?
- k) Какие основные виды взаимодействия нейтронов применяют в РК?
- l) Суть опыта Резерфорда. Виды распадов и излучений.
- m) Что такое ионизация?
- n) Какое из ионизирующих излучений не используется в РК?
- o) Что такое изотопы, нуклоны, нуклиды?
- p) Назовите основные виды взаимодействия фотонов с веществом
- q) Взаимодействие какого излучения с веществом количественно описывает экспозиционная доза?
- r) Какие из частиц имеют наивысший ионизационный эффект? Для каких толщин объектов рекомендуют использовать радиоскопию?
- s) Как связана относительная чувствительность контроля с яркостью экрана?
- t) С какой целью в состав интроскопов включают УРИ? В чем их принцип действия?
- u) От каких параметров зависят линейный коэффициент ослабления и степень поглощения излучения.
- v) На что влияет ускоряющее напряжение, прикладываемое к рентгеновской трубке.
- vi) В чем основное различие между радиографией и флюорографией.
- vii) Какой из видов стекла используют в качестве защитного в флюорографии?
- viii) Какова максимальная скорость перемещения объекта в радиоскопии?

#### **Акустические методы контроля**

- a. Вычислить длину волны для акустических колебаний с частотой  $f$ , распространяющейся в мате-

риале с использованием формулы

$$\lambda = \frac{C}{f}$$

б. Выразить значение (через  $\lambda$  и  $\mu$ ) коэффициента  $C_{ijkl}$  (подставить конкретные значения  $i, j, k,$   
l) тензора модулей упругости с использованием формулы

$$C_{ijkl} = \lambda \cdot \delta_{ij} \delta_{kl} + \mu (\delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk})$$

$$\text{где } \lambda = \frac{E\sigma}{(1-2\sigma)(1+\sigma)}$$

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$$

$$\text{неравны нулю: } \begin{cases} C_{1122}, C_{1133}, C_{2211}, C_{2233}, C_{3311}, C_{3322} \\ C_{2332}, C_{1331}, C_{1221} \\ C_{1111}, C_{2222}, C_{3333} \end{cases}$$

остальные  $C_{ijkl} = 0$ .

Найти связь  $\frac{H}{M^2}$  и МПа.

с. Вычислить скорость распространения сдвиговой поверхностной волны  $C$ , распространяющейся вдоль ребристой поверхности с параметрами  $h=5\text{мм}$ ,  $a=2\text{мм}$ ,  $l=5\text{мм}$ , выполненной на оргстекле (взять первую гармонику  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ). Использовать формулу

$$C = C_t \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{l}\right)^2 \text{tg}^2(kh)}}$$

### Электромагнитные методы контроля

#### Вопросы

а) Вопросник по физическим основам и технологии вихретокового контроля, состоящий из 120 вопросов с многовариантными ответами.

б) Вопросник по физическим основам и технологии магнитного контроля, состоящий из 200 вопросов с многовариантными ответами.

#### Радиоволновой метод контроля

1. Какова природа радиоволн?
  - а) упругие колебания;
  - б) электрические колебания;
  - в) электромагнитные колебания.
2. Какая длина волны излучения относится к СВЧ диапазону радиоволн?
  - а) 0,02 м;
  - б)  $2 \times 10^{-6}$ ;
  - в)  $2 \times 10^{-8}$
3. В каком виде НК преимущественно используется электромагнитное излучение на частоте 37 ГГц?

- а) в радиоволновом;
  - б) в радиационном;
  - в) в оптическом
4. Чем принципиально отличается идеальный диэлектрик от несовершенного диэлектрика?
    - а) величиной диэлектрической проницаемости;
    - б) плотностью;
    - в) химическим составом.
  5. Какой тип СВЧ генератора является полупроводниковым?
    - а) магнетрон;
    - б) лампа обратной волны;
    - в) генератор Ганна.
  6. Какой основной тип волны в прямоугольном волноводе?
    - а) волна  $H_{01}$ ;
    - б) волна  $H_{10}$ ;
    - в) волна  $H_{11}$ .
  7. Согласование волноводных элементов тракта СВЧ преобразователей считается очень хорошим, если?
    - а)  $K_{СВ} \sim 2,5$ ;
    - б)  $1,5 < K_{СВ} < 2,5$ ;
    - в)  $K_{СВ} \leq 1,02$ .
  8. Можно ли амплитудным радиоволновым методом измерять толщину металлических пленок?
    - а) нельзя;
    - б) можно, но толщиной свыше 100 мкм;
    - в) можно, но толщиной меньше 1 мкм.
  9. Что является непосредственным приемником радиоволн СВЧ из перечисленных элементов?
    - а) вентиль на эффекте Фарадея;
    - б) кольцевой волноводный мост;
    - в) детекторная секция.
  10. Основные параметры резонаторных датчиков РВК?

#### **Тепловой метод контроля**

1. Активный и пассивный виды ТК
2. Односторонняя и двусторонняя процедура ТК
3. Температурный сигнал. Стационарный и нестационарный тепловой процесс.
4. Адиабатический и неадиабатический теплообмен.
5. Основные способы измерения температуры.
6. Основные характеристики ИТН, типы ИТН.
7. Процедуры ТК в зависимости от вида зоны контроля и нагрева
8. Типы дефектов обнаруживаемых в ТК
9. Механизмы теплопередачи.
10. Закон Фурье, теплопередача за счет теплопроводности
11. Закон Ньютона, теплопередача за счет конвекции
12. Закон Стефана-Больцмана, теплопередача за счет излучения.
13. Комбинированный коэффициент теплообмена. Теплопередача в тонких газовых промежутках
14. Дифференциальное уравнение теплопроводности.

15. Теплофизические характеристики материалов.
16. Дополнительные условия для решения уравнения теплопроводности
17. Прямые и обратные задачи теплового контроля
18. Моделирование тепловых процессов.
19. Классические решения теории теплопроводности. Использование обобщенных критериев.
20. Определение тепловой инерции материалов.
21. Оценка коррозионного уноса металлов.
22. Определение температуропроводности материалов методом Паркера.
23. Особенности теплопередачи для значения критерия Био  $<0.1$  и Био  $> 100$ .

### 7.1.2. Контрольные индивидуальные задания

#### **Радиационные методы контроля:**

Пример индивидуального задания.

Контрольное задание №1. Разработка технологической карты РК.

Исходные данные: Контрольный образец №1. Стыковое сварное соединение пластин.

Размеры образца 150x6x220 мм, сталь 3, тип соединения С17, вид сварки – ручная дуговая. Объект класса А, класс чувствительности 1 по ГОСТ 7512-82.

1. Выбрать источник излучения в соответствии с ГОСТ 20426 и «Типовой методикой радиационно-дефектоскопического контроля»
2. Определить схему геометрии просвечивания.
3. Выбрать тип рентгеновской пленки в соответствии с классом сварного соединения и классом чувствительности.
4. Указать схему зарядки кассет в соответствии с ГОСТ 7512, материал и толщину экранов.
5. Провести выбор параметров просвечивания: Фокусного расстояния, нерезкости изображения, напряжения и тока ( для рентгеновской трубки), экспозиции в соответствии с ГОСТ 20426 и номограммами «Типовой методики...».
6. Определить нужное количество снимков.
7. Провести разметку образца.
8. Пояснить по схеме контроля расположение образца в зоне контроля, установку и тип эталона чувствительности, маркировочных знаков, кассеты с пленкой.
9. Пояснить методику расшифровки снимков.
10. Составить и заполнить технологическую карту РК.

#### **Электромагнитные методы контроля**

##### Контрольное задание №1.

1. Возможен ли магнитопорошковый контроль способом остаточной напряженности детали из стали 20?
2. Освещенность на поверхности детали составляет 700 люкс. По какому условному уровню чувствительности можно провести магнитопорошковый контроль детали?
3. Как изменится обобщенный параметр накладного ВТП, если рабочая частота контроля увеличится в 4 раза?

**7.2. Рубежный контроль.** Данный вид контроля производится на основе баллов, полученных студентом при защите контрольных индивидуальных заданий, защите курсового проекта и на основе оценки остаточных знаний.

Данный вид деятельности оценивается отдельными баллами в рейтинг-листе.

**7.3. Промежуточный контроль.** Данный вид контроля производится на основе баллов, полученных студентом при защите контрольных индивидуальных заданий. Данный вид деятельности оценивается отдельными баллами в рейтинг-листе.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **8.1. Основная литература**

1. Неразрушающий контроль и диагностика:Справочник в 7-ми томах/ В.В.Клюев и др.; Под ред. В.В.Клюева. 2-е изд., испр. и доп.- М.:Машиностроение, 2003

### **8.2. Дополнительная литература**

1. В.П.Вавилов. Тепловые методы контроля композиционных структур и изделий радиоэлектроники.-М., Радио и связь, 1984.-162 с.

2. В.П.Вавилов, А.Г. Климов. Тепловизоры и их применения.-М.: Интел универсал, 2002.-88 с.

3. В.П. Вавилов, А.Н. Александров. Тепловизионная диагностика в энергетике.- Прилож. журн. «Энергетик», М.: НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик», 2003.-82 с.

4. О.Н. Будадин, А.И. Потапов, В.И. Колганов, Т.Е. Троицкий-Марков, Е.В. Абрамова. Тепловой неразрушающий контроль изделий. - М.: Наука, 2002.-476 с.

5. Р.Хадсон. Инфракрасные системы, М.: Мир, 1972.-530 с.

6. Неразрушающий контроль. Кн.3. Электромагнитный контроль/ Под ред. В.В. Сухорукова. - М.: Высшая школа, 1993.

7. Толмачев И.И. Электромагнитные методы контроля. - Томск: Изд. ТПУ, 2001. - 156 с.

8. Толмачев И.И. Физические основы и технология магнитопорошковой дефектоскопии. Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 124 с.

9. Шелихов Г.С. Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов. Практическое пособие. НТЦ «Эксперт», М. 1995. – 225 с.

10. Вавилов С.П., Горбунов В.И. Импульсное рентгеновское излучение в дефектоскопии. М.:Энергоатомиздат, 1980

11. Добромыслов В.А., Румянцев С.В. Радиационная интроскопия.М.:Атомиздат, 1972

12. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Контроль излучением. Кн.4: Практ. Пособие/ Б.Н.Епифанцев и др. / Под ред. В.В.Сухорукова. М.: Высшая школа,1992

13. Неразрушающий контроль с источниками высоких энергий/ В.В.Клюев и др.М.: Энергоатомиздат, 1989

14. Промышленная радиационная интроскопия/ В.В.Клюев и др. М.: Энергоатомиздат, 1985

15. Рентгенотехника: Справочник. В 2-х кн./ Под ред. В.В.Клюева.М.: Машиностроение, 1992

16. Румянцев С.В. Радиационная дефектоскопия. Изд. 2-е.М.: Атомиздат,1974

17. Инструкция по визуальному и измерительному контролю РД 03-606-03.

18. Клюев В.В. и др. Визуальный и измерительный контроль. - М.: РОНКТД, 1998

19. Измерение в электронике: Справочник/ В.А. Кузнецов, В.А. Кузнецова. М.: Энергоатомиздат, 1987.- 512 с.: ил.

20. Н.П. Калиниченко, М.А. Васильева. Атлас дефектов сварных соединений и основного металла. Учебное пособие. Томск , изд. ТПУ, 2007 г., 55с.

21. Н.П. Калиниченко, А.Н. Калиниченко. Лабораторный практикум по визуальному и измерительному методу контроля. Учебное пособие. Томск.Изд. ТПУ, 2008 г., 200 с.

22. Н.П. Калиниченко, А.Н. Калиниченко. Визуальный и измерительный контроль. Учебное пособие для подготовки специалистов I, II и III уровня, ТПУ, 2010 г., 311 с.
23. Гурвич А.К., Ермолов И.Н. Ультразвуковой контроль сварных швов. - Киев: Техника, 1972. - 469 с.
24. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. - М.: Машиностроение, 1981. - 240 с.
25. Ланге Ю.В. Акустические низкочастотные методы неразрушающего контроля многослойных конструкций из композитных материалов. - М.: Машиностроение, 1991.
26. Методы акустического контроля металлов/ Под. ред. Н. П. Алешина. - М.: Машиностроение, 1989. - 456 с.
27. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ/ под. ред. академика Н.Д. Девяткова. - М.: Высшая школа. 1970.- 440 с.
28. Викторов В.А. Лункин Б.В. Совлуков А.С. Радиоволновые измерения параметров технологических процессов.- М.: Энергоатомиздат.1989.208 с.
29. Матвеев В.И. радиоволновой контроль: учеб. Пособие/ под общей редакцией В.В. Ключева.М.: издательский дом «Спектр», 2011.-184 с.:ил. Диагностика безопасности.

### **8.3 Интернет – ресурсы**

1. В мире неразрушающего контроля, журнал: [http:// www.ndtworld.com](http://www.ndtworld.com)
2. АНРИ –аппаратура и новости радиационных измерений: <http://www.doza.ru>
3. Заводская лаборатория. Диагностика материалов, журнал: <http://phase.imet.ac.ru/zavlabor/>
4. Контроль. Диагностика, журнал: <http://www.mashin.ru>
5. Неразрушающий контроль, журнал: <http://www.ndt.com.ua>
6. Новости NDT, информационный бюллетень: <http://www.bccresearch.com>
7. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика, журнал: <http://reclama@tgizdat.ru>
8. ТД И НК, журнал: <http://www.nas.gov.ua/pwj>
9. NDT.RU : <http://www.ndt.ru/>
10. NDT – VOSTOK.COM.UA: <http://www.ndt-vostok.com.ua>
11. NDT – UA.COM: <http://www.ndt-ua.com>
12. TD.RU: <http://www.td.ru>
13. USNDT.COM.UA: <http://www.usndt.com.ua>
14. НИИ Интроскопии при ТПУ: <http://introscopy.tpu.ru>
15. <http://portal.tpu.ru> - персональный сайт преподавателя дисциплины Толмачева И.И.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Освоение дисциплины производится на базе учебных аудиторий и учебных лабораторий кафедры ФМПК ИНК (ауд. 309, 310 и 019-021, 311, 314, 409, 410, 412 18-го учебного корпуса ТПУ). Помещения оснащены современным оборудованием, позволяющим проводить лекционные, практические и лабораторные занятия. Выполнение лабораторных работ, а также самостоятельной работы студентов осуществляется на рабочих местах, оснащенных необходимыми установками и приборами приборов для выполнения заданий по темам лабораторных работ, курсовых проектов и учебно-исследовательских работ..

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению и профилю подготовки 221400 «Управление качеством»

Программа одобрена на заседании кафедры ФМПК Института неразрушающего контроля (протокол № от « » 2015 г.).

Авторы

доц. каф. ФМПК ИНК, к.т.н. Нестерук Д.А.  
доц. каф. ФМПК ИНК, к.т.н. Калиниченко Н.П.  
доцент каф. ФМПК ИНК, к.ф- м.н. Шиян В.П.  
проф. каф. ФМПК ИНК, д.т.н. Капранов Б.И.