

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ МЕТАЛЛОВ имени М.Н. Михеева  
Уральского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
академик РАН

\_\_\_\_\_ Н.В. Мушников

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине **«Современные методы контроля и диагностики»**  
специальность **05.02.11 «Методы контроля и диагностика в  
машиностроении»**

Всего учебных часов – 252

Всего аудиторных занятий, час. – 120

Всего часов на самостоятельную работу аспиранта, час. – 132

Екатеринбург 2019

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 15.06.01 Машиностроение (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №881), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»; программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении», утвержденной приказом Минобрнауки РФ от 08.10.2007 № 274; паспорта специальности научных работников 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»; учебного плана аспирантуры ИФМ.

Составитель рабочей программы  
д.т.н. В.Н. Костин

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИФМ.  
Протокол № 9 от 29.05.2019 г.

Председатель Ученого совета ИФМ, академик РАН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г. \_\_\_\_\_ В.В. Устинов

Согласовано:

зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г. \_\_\_\_\_ М.А. Коротин

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В курсе «Современные методы контроля и диагностики» изучаются вопросы, рассматривающие те задачи, которые стоят перед научными работниками в настоящее время. Круг рассматриваемых тем выходит далеко за рамки конкретной тематики аспиранта, заставляет его шире взглянуть на интересы всего мирового научного сообщества, заставляет аспиранта знакомиться с последними публикациями в научной периодике.

Рабочая программа составлена на основе:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее – ФГОС ВО) по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 15.06.01 Машиностроение (Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 года №881), с изменениями, утвержденными Приказом Минобрнауки России от 30.04.2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- программы-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»;
- паспорта специальности научных работников специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении»;
- учебного плана ИФМ по основной образовательной программе послевузовского профессионального образования (аспирантура) по специальности 05.02.11 «Методы контроля и диагностика в машиностроении».

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Распределение часов учебных.

Вид занятий	Количество часов
Лекции	120
Самостоятельная работа	132
ИТОГО	252

### 2.2. Содержание дисциплины

#### 2.2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Темы лекционных занятий	Содержание	Объем в часах
1. Качество продукции машиностроения, неразрушающий контроль, техническая	1. Качество продукции машиностроения, надежность технических объектов. Виды дефектов и причины их образования на основных технологических операциях в машиностроении. Дефекты литья, обработки давлением, сварки, механической обработки. Влияние дефектов на	16

<p>диагностика.</p>	<p>эксплуатационные характеристики изделий и конструкций машиностроения.</p> <p>2. Разновидности контроля. Разрушающий и неразрушающий, выборочный и сплошной контроль. Понятие входного, операционного, активного и приемочного контроля. Комплексный контроль. Контролепригодность объектов машиностроения</p> <p>3. Классификация физических методов и приборов неразрушающего контроля. Основные принципы построения приборов. Стандартизация средств неразрушающего контроля. Автоматизированные средства неразрушающего контроля. Средства представления информации в приборах неразрушающего контроля. Экспертные системы.</p> <p>4. Общее представление о базовых элементах автоматизации контроля качества продукции машиностроения (манипуляторы, сканирующие устройства, транспортные системы, роботы, системы программного управления, микропроцессоры и компьютеры). Применение микропроцессоров и компьютеров для выполнения контроля и обработки его результатов. Основы построения гибких автоматизированных модулей и систем контроля в машиностроении.</p> <p>5. Понятие технической диагностики. Показатели оценки работоспособности объекта. Средства и объект диагностирования. Система технического диагностирования. Понятие о системах тестового и функционального диагностирования. Задачи диагностирования. Диагностическое обеспечение.</p> <p>6. Прогнозирование остаточного ресурса объектов. Модели изменения диагностического параметра. Определение предельных значений диагностических параметров. Периодичность диагностирования.</p>	
<p>2. Акустический контроль</p>	<p>1. Типы акустических волн, особенности их распространения; акустические свойства сред. 2. Отражение и преломление акустических волн. 3. Классификация методов акустического контроля. 4. Контактные и бесконтактные способы излучения и приема ультразвуковых колебаний. 5. Пьезоэлектрические преобразователи. Типы пьезоматериалов и их основные технические характеристики. Способы создания акустического контакта. 6. Акустическое поле преобразователя. Ближняя и дальняя зона. Поле фокусирующего преобразователя. 7. Структурная схема эхо-импульсного ультразвукового дефектоскопа. Помехи при эхо-импульсном ультразвуковом контроле и способы борьбы с ними. 8. Чувствительность контроля, максимальная и минимальная глубина прозвучивания, разрешающая способность. 9. Методы отражения, прохождения, комбинированные, свободных и вынужденных колебаний, импедансные. Основные характеристики методов и области их применения. 10. Акустико-эмиссионный метод. Физические основы, регистрируемые параметры, аппаратура, области применения. 11. Акустическая эмиссия при трении</p>	<p>18</p>

	<p>поверхностей и механической обработке деталей, в процессе коррозии деталей машин, при механическом нагружении деталей, АЭ контроль процессов термообработки и сварки</p> <p>12. Способы ультразвукового контроля толщин изделий и покрытий применительно к продукции машиностроения. 13. Способы ультразвукового контроля поверхностных и внутренних дефектов сплошности применительно к продукции машиностроения. 14. Способы ультразвукового контроля структуры и физико-механических свойств материалов. Контроль внутренних напряжений ответственных деталей машиностроения. 15. Вибродиагностика, назначение и решаемые задачи, параметры вибрационных процессов, основные диагностические признаки. Методы и средства вибродиагностики. Принципы измерения вибрации. Вибропреобразователи. Стационарные и портативные системы мониторинга и диагностики. 16. Метрологическое обеспечение акустических средств контроля.</p>	
<p>3. Магнитный и вихретоковый виды контроля</p>	<p>Объекты и области применения магнитного и вихретокового контроля.</p> <p>1. Электрические свойства веществ. Законы постоянного и переменного тока. Закон электромагнитной индукции. Вихревые токи в электропроводящих материалах. Скин-эффект. Магнитное поле в вакууме и веществе. Система уравнений Максвелла. Магнитные свойства веществ. Кривые намагничивания и петли гистерезиса ферромагнетиков. Способы размагничивания ферромагнитных объектов. Доменная структура ферромагнетиков. Энергии ферромагнитного кристалла. Обратимые и необратимые процессы намагничивания. Эффект Баркгаузена. Влияние дефектов и напряжений на магнитные свойства ферромагнетиков. Намагничивание ферромагнетиков. Закон Био-Савара-Лапласа. Поле прямого провода с током. Поле циркулярного тока. Поле соленоида. Поле цилиндрического проводника и трубы с током. Полюсное и комбинированное намагничивание. Однородное и неоднородное намагничивание. Коэффициент размагничивания. Магнитные свойства вещества и тела. Магнитные методы дефектоскопии. Граничные условия. Поле поверхностного дефекта. Поле внутреннего дефекта. MFL-метод дефектоскопии. Численное моделирование полей рассеяния. Магнитопорошковая дефектоскопия. Магнитографическая дефектоскопия. Феррозондовая дефектоскопия. Специальные методы магнитной дефектоскопии. Магнитная толщинометрия. Магнитный структурно-фазовый анализ. Структурночувствительные и фазочувствительные магнитные характеристики. Магнитные методы контроля качества термической, деформационной и поверхностной обработок. Метрологическое обеспечение приборов магнитного контроля.</p> <p>2. Классификация вихретоковых преобразователей (дифференциальный ВТП, накладные, проходные и</p>	<p>16</p>

	<p>комбинированные ВТП, экранный ВТП). Зазор и коэффициент заполнения. Обобщенный параметр вихретокового контроля. Сигнал датчика и схема влияния на него свойств объекта контроля. Годограф сигнала параметрического ВТП, находящегося над немагнитным полупространством. Контроль кругового цилиндра в однородном поле. Относительные комплексные чувствительности наружного проходного ВТП к изменениям радиуса, электропроводности и магнитной проницаемости кругового цилиндра. Определение наилучших условий контроля. Способы подавления мешающих параметров и стабилизации условий вихретокового контроля. Практика вихретокового контроля. Метрологическое обеспечение приборов вихретокового контроля.</p>	
4. Радиационный контроль	<p>Природа и взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Классификация радиационных методов контроля (радиографический, радиоскопический, радиометрический), применяемых на предприятиях машиностроения. Источники ионизирующего излучения для неразрушающего контроля. Индикаторы и первичные преобразователи ионизирующего излучения. Радиографический метод контроля. Способы регистрации излучения. Схемы просвечивания при радиографическом контроле. Оценка чувствительности и качества изображения. Сущность и схемы радиоскопического метода контроля. Сущность радиометрического метода контроля. Радиационная толщинометрия. Радиационный контроль физических свойств материалов. Рентгеновская вычислительная томография ответственных объектов машиностроения. Физические основы дозиметрии ионизирующих излучений. Обеспечение радиационной безопасности на предприятиях машиностроения. Метрологическое обеспечение средств радиационного контроля.</p>	18
5. Оптический контроль и контроль проникающими веществами	<p>1. Физические основы и классификация оптических методов контроля. Использование эффектов отражения, преломления, дифракции, интерференции, поляризации для контроля геометрии, дефектов и структуры изделия. Когерентные и некогерентные источники излучения. Методы и устройства приема оптических сигналов. Чувствительность и производительность оптических методов контроля, их применение для контроля деталей машиностроения. Основные оптические элементы и устройства. Первичные преобразователи оптического излучения. Эндоскопы (разновидности, применение). Фотометрические методы контроля. Интерференционные методы контроля. Голографические методы контроля. Приборы контроля размеров, топографии поверхностей объектов машиностроения. Приборы оптической дефектоскопии. Приборы оптической структуроскопии. Волоконно-оптические приборы. Метрологическое обеспечение средств контроля.</p> <p>2. Контроль проникающими веществами (капиллярный,</p>	16

	<p>течеискание). Капиллярный контроль (физические основы, классификация методов). Дефектоскопические материалы, используемые при капиллярном контроле деталей машиностроения. Технологическая схема капиллярного неразрушающего контроля. Средства и аппаратура для капиллярных методов контроля в машиностроении. Область применения, производительность и чувствительность цветного, люминесцентного и люминесцентно-цветного методов контроля. Автоматизация обработки изображений при капиллярном контроле ответственных деталей машиностроения. Метрологическое обеспечение средств контроля.</p> <p>Течеискание. Понятие герметичности. Основные виды нарушения герметичности. Физические основы методов течеискания. Регистрация проникающих через течи жидких и газообразных пробных веществ. Определение суммарной герметичности и локализация течей. Основные методы течеискания: манометрический, масс-спектрометрический, галогенный, пузырьковый, химический, гидростатический, люминесцентный, акустико-эмиссионный. Чувствительность методов и область применения. Производительность контроля. Средства контроля герметичности. Технические характеристики масс-спектрометрических, галогенных и других течеискателей. Применение методов течеискания для контроля объектов машиностроения. Метрологическое обеспечение средств контроля.</p>	
<p>6. Радиоволновой, тепловой и электрический виды контроля</p>	<p>1. Распространение радиоволн и взаимодействие их с веществом. Диэлектрические характеристики материалов. Источники и приемники СВЧ-излучения. Физические основы радиоволновых методов контроля. Прохождение, отражение и поляризация СВЧ-волн. Классификация и применение радиоволновых методов для контроля продукции машиностроения. Основные устройства для формирования и обработки СВЧ-сигналов и полей. Индикаторы и преобразователи радиоволнового излучения. Принципы построения аппаратуры радиоволнового контроля. Радиоволновой контроль по прошедшему и отраженному излучению. Методы и средства радиоволновой толщинометрии покрытий и слоев. Методы и средства радиоволновой дефектоскопии. Структурные схемы и применение радиоволновых уровнемеров, влагомеров и подповерхностных локаторов на предприятиях машиностроения. Методы и средства контроля динамических характеристик машин и механизмов. Метрологическое обеспечение средств контроля. Техника безопасности при работе с аппаратурой СВЧ.</p> <p>2. Природа теплового излучения. Теплофизические характеристики вещества. Основные законы теплопередачи. Способы регистрации тепловых полей. Физические основы тепловых методов контроля. Активные и пассивные тепловые методы. Схемы контроля. Способы и устройства теплового</p>	<p>18</p>

	<p>нагружения объектов. Способы регистрации тепловых полей. Характеристики преобразователей теплового излучения. Аппаратура односточного теплового контроля. Сканирующие пирометры. Методы визуализации тепловых полей. Тепловизоры. Чувствительность и производительность тепловых методов контроля. Применение тепловых методов для контроля параметров технологических процессов, дефектоскопии и толщинометрии объектов машиностроения. Метрологическое обеспечение средств контроля.</p> <p>3. Физические основы взаимодействия электрического поля с веществом. Возникновение электрического поля под влиянием внешних воздействий. Физическая сущность и особенности применения в машиностроении электроемкостного метода контроля. Физическая сущность и особенности применения в машиностроении электропотенциального метода контроля. Физическая сущность и применение термоэлектрического метода контроля. Термоэлектрическая толщинометрия покрытий. Контроль химсостава деталей, разбраковка сталей по маркам. Физическая сущность и применение электроискрового, трибоэлектрического, электростатического порошкового метода и метода высокочастотной фотографии (метода Кирлиана) для контроля объектов машиностроения. Метрологическое обеспечение средств контроля.</p>	
<p>7. Обработка экспериментальных результатов</p>	<p>1. Общая схема измерений и обработки их результатов. Интерпретация результатов измерений. Прямая и обратная задачи измерений. Корректные обратные задачи: единственность и стабильность решения. Некорректные задачи измерений. Основы корреляционного и регрессионного анализа. Статистические методы обработки результатов контроля. Оценка достоверности методов контроля.</p> <p>2. Полезный сигнал и шумы. Аддитивная, мультипликативная и функциональные комбинации сигнала и шумов. Регулярные и случайные сигналы и шумы. Ошибки измерений. Виды ошибок: инструментальные и алгоритмические; систематические и случайные.</p> <p>3. Математические модели регулярных сигналов. Функциональное представление и представление в виде рядов. Преобразование Фурье. Спектральное представление регулярных сигналов.</p> <p>4. Математические модели случайных сигналов. Стационарные и нестационарные случайные процессы. Корреляционная функция и спектральная плотность стационарных процессов.</p> <p>5. Оценка случайной погрешности прямых измерений. Выявление и исключение промахов из серии измерений. Погрешности косвенных измерений. Нахождение параметров эмпирической зависимости методом наименьших квадратов.</p> <p>6. Экспертные системы. Нейронные сети.</p>	<p>18</p>
	<p>ИТОГО</p>	<p>120</p>

2.2.2. Практические занятия, их наименование, содержание, объем в часах.  
Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

### 2.2.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудовое
		мкость Час.
<p>Раздел 1. Качество продукции машиностроения, неразрушающий контроль, техническая диагностика.</p> <p>Тема 1.1. Контроль и диагностика в машиностроении (основные понятия и требования)</p> <p>Тема 1.2. Автоматизация контроля в машиностроении.</p>	<p>Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.</p>	18
<p>Раздел 2. Акустический контроль</p> <p>Тема 2.1. Акустические волны в конденсированных средах (типы волн, особенности их распространения, акустические свойства сред, отражение, преломление и поглощение акустических волн).</p> <p>Тема 2.2. Классификация методов акустического контроля (характеристики, области применения).</p> <p>Тема 2.3. Контактные и бесконтактные способы излучения и приема ультразвуковых колебаний.</p> <p>Тема 2.4. Методы и аппаратура ультразвуковой дефектоскопии поверхностных и внутренних дефектов в деталях машиностроения</p> <p>Тема 2.5. Акустико-эмиссионный метод (физические основы, регистрируемые параметры, аппаратура, области применения).</p> <p>Тема 2.6. Виброметрия</p>	<p>Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.</p>	18
<p>Раздел 3. Магнитный и вихретоковый виды контроля.</p> <p>Тема 3.1. Физическое и численное моделирование магнитных полей и потоков рассеяния на дефектах сплошности. Обратная задача дефектоскопии.</p> <p>Тема 3.2. Численное</p>	<p>Анализ научной литературы, периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Подготовка доклада.</p>	18

<p>моделирование полей и потоков в локально намагничиваемых объектах. Оптимизация преобразователей.</p> <p>Тема 3.3. Методы и средства измерения полей рассеяния.</p> <p>Тема. 3.4. Основные параметры магнитной структуроскопии, способы и средства их определения на реальных объектах</p> <p>Тема 3.5. Вихретоковая дефектоскопия</p> <p>Тема 3.6. Вихретоковая структуроскопия.</p> <p>Тема 3.7. Вихретоковая толщинометрия.</p>		
<p>Раздел 4. Радиационный контроль.</p> <p>Тема 4.1. Радиационные методы контроля (классификация, источники ионизирующего излучения, индикаторы и первичные преобразователи, области применения).</p> <p>Тема 4.2. Физические основы, методы и аппаратура дозиметрии ионизирующих излучений.</p>	<p>Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.</p>	18
<p>Раздел 5. Оптический контроль и контроль проникающими веществами</p> <p>Тема 5.1. Физические основы, классификация и области применения оптических методов контроля.</p> <p>Тема 5.2. Устройства оптического контроля (первичные преобразователи, фотометры, волоконно-оптические приборы, эндоскопы и др.)</p> <p>Тема 5.3. Капиллярный контроль (физические основы, классификация методов, области применения, материалы, устройства, технологическая схема капиллярного контроля).</p> <p>Тема 5.4. Физические основы течеискания (регистрация проникающих через течи жидких и газообразных пробных веществ, определение суммарной герметичности и локализация течей, основные методы течеискания).</p>	<p>Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.</p>	20

<p>6. Радиоволновой, тепловой и электрический виды контроля  Тема 6.1. Применение радиоволновых методов для контроля продукции машиностроения (физические основы радиоволновых методов, прохождение, отражение и поляризация СВЧ-волн, классификация методов и области применения)  Тема 6.2. Основные устройства для формирования и регистрации СВЧ-сигналов и полей.  Тема 6.3. Физические основы тепловых методов контроля, активные и пассивные тепловые методы, схемы контроля.  Тема 6.4. Тепловизоры.  Тема 6.5. Физическая сущность и особенности применения в машиностроении электроемкостного, электропотенциального и термоэлектрического методов контроля.</p>	<p>Анализ периодических научных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины. Технический перевод зарубежных первоисточников. Подготовка доклада.</p>	<p>20</p>
<p>7. Обработка экспериментальных результатов  Тема 7.1. Обработка результатов прямых измерений (устранение промахов, анализ погрешностей, сглаживание и т.д.).  Тема 7.2. Спектральный анализ регулярных сигналов  Тема 7.3. Вейвлет-анализ сигналов.</p>		<p>20</p>
<p>ИТОГО</p>		<p>132</p>

### 2.3 Учебно-методические материалы по дисциплине

#### 2.3.1. Основная и дополнительная литература

##### *Основная литература*

1. Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник. Под ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 2005. – 656 с.
2. Технические средства диагностирования / Под ред. В.В.Клюева.– М.: Машиностроение, 1989, 672 с.
3. Методы акустического контроля металлов / Н.П.Алешин, В.Е.Белый, А.Х.Вопилкин и др.: Под ред. Н.П.Алешина. – М.: Машиностроение, 1989. – 456 с.; ил.
4. Бакунов А.С., Горкунов Э.С., Щербинин В.Е. Магнитный контроль. М.: ИД «Спектр», 2011. - 192 с.
5. Федосенко Ю.К., Шкатов Т.Н., Ефимов А.Г. Вихретоковый контроль. М.: ИД «Спектр», 2011. – 224 с.

6. Неразрушающий контроль. В 5-ти кн. Кн. 1 Общие вопросы. Контроль проникающими веществами / А.К.Гурвич, И.Н.Ермолов, С.Г.Сажин. Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992. – 242 с.
7. Неразрушающий контроль. В 5-ти кн. Кн. 2. Акустический контроль / И.Н.Ермолов, Н.П.Алешин, А.И.Потапов. Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992. – 283 с.
8. Неразрушающий контроль. В 5-ти кн. Кн. 3. Электромагнитный контроль / В.Г.Герасимов, А.Д.Покровский, В.В.Сухоруков. Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992. – 312 с.
9. Неразрушающий контроль. В 5-ти кн. Кн. 4. Контроль излучениями / Б.Н.Епифанцев, Е.А.Гусев, В.И.Матвеев, Ф.Р.Соснин. Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1992. – 321 с.
10. Неразрушающий контроль. В 5-ти кн. Кн. 5. Интроскопия и автоматизация контроля / В.В.Сухоруков, Э.И.Вайнберг, Р.-Й.Ю.Кажис, А.А.Абакумов. Под ред. В.В.Сухорукова. – М.: Высшая школа, 1993. – 329 с.
11. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 1: В 2 кн.: Кн. 1: Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2: Радиационный контроль. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.: ил.
12. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 2: В 2 кн. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с: ил. Контроль герметичности. Книга 1/А.И.Евлампиев, Е.Д.Попов, С.Г.Сажин, Л.Д.Муравьева, С.А.Добротин, А.В.Половинкин, Ю.А.Кондратьев. Вихретоковый контроль. Книга 2 / Ю.К.Федосенко, В.Г.Герасимов, А.Д.Покровский, Ю.Я.Останин.
13. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И.Н.Ермолов, Ю.В.Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с.: ил.
14. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 4: В 3 кн. Кн. 1: Акустическая тензометрия. / В.А.Анисимов, Б.И.Каторгин, А.Н.Куценко и др. Кн. 2: Магнитопорошковый метод контроля / Г.С.Шелихов. Кн. 3: Капиллярный контроль / М.В.Филинов. – М.: Машиностроение, 2004. – 736 с.: ил.
15. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 5: В 2 кн. Кн. 1: Тепловой контроль / В.П.Вавилов. Кн. 2: Электрический контроль / К.В.Подмастерьев, Ф.Р.Соснин, С.Ф.Коридорф, Т.И.Ногачева, Е.В.Пахолкин, Л.А.Бондарева, В.Ф.Мужицкий. – М.: Машиностроение, 2004. – 679 с.: ил.
16. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 6: В 3 кн. Кн. 1: Магнитные методы контроля / В.В.Клюев, В.Ф.Мужицкий, Э.С.Горкунов, В.Е.Щербинин. Кн. 2: Оптический контроль / В.Н.Филинов, А.А.Кеткович, М.В.Филинов. Кн. 3: Радиоволновой контроль / В.И.Матвеев. – М.: Машиностроение, 2004. – 832 с.: ил.
17. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 1: В.И.Иванов, И.Э.Власов. Метод акустической эмиссии / Кн. 2: Ф.Я.Балицкий, А.В.Барков, Н.А.Баркова и др. Вибродиагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.: ил.
18. Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. Под общ. ред. В.В.Клюева. Т. 8: В 2 кн. Кн. 1: В.В.Клюев, А.А.Кеткович, В.Ф.Крапивин и др. Экологическая диагностика / Кн. 2: А.В.Ковалев. Антитеррористическая и криминалистическая диагностика. – М.: Машиностроение, 2005. – 789 с.: ил.
19. Янош Л. Теория и практика обработки результатов измерений.— М.: Мир, 1968.
20. Пытьев Б.П. Математические методы интерпретации эксперимента. Учеб. пособие для ВУЗов.—М.: Высш. шк., 1989.
21. Сизиков В.С. Математические методы обработки результатов измерений: Учебник для вузов.— СПб: Политехника, 2001.

*Дополнительная литература*

1. Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд. Й.Крауткремер, Г.Крауткремер; Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.
2. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Основы технической диагностики.–М.: Энергия, 1981, 320 с.
3. Вонсовский С.В. Магнетизм. М.: Наука, 1971. – 1032 с.
4. Вонсовский С.В., Шур Я.С. Ферромагнетизм. М.: Л.: ОГИЗ, 1948. – 816 с.
5. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1983. – 279 с.
6. Боровик Е.С., Еременко В.В., Мильнер А.С. Лекции по магнетизму. – М.: Физматлит, 2005. – 510 с.
7. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. Пер. с японского под ред. Р.В. Писарева. - М.: Мир, 1987. - 420 с.
8. Колесов С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов. – М.: Высшая школа, 2007. – 535 с.
9. Щербинин В.Е., Костин В.Н. Магнитные методы дефектоскопии и структурного анализа металлов. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007, электронное издание.
10. Апаев Б.А. Фазовый магнитный анализ сплавов. М.: Металлургия, 1976. - 198 с.
11. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. – М.: Наука, 1993. – 252 с.
12. Щербинин В.Е., Горкунов Э.С. Магнитный контроль качества металлов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 265с.
13. Мельгуй М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей. – Минск: Наука и техника, 1980. – 184 с.
14. Зацепин Н.Н. Метод высших гармоник в неразрушающем контроле. – Минск: Наука и техника, 1980. – 168 с.
15. Венгринович В.Л. Магнитошумовая структуроскопия.– Минск.: Наука и техника, 1991, 295 с.
16. Шелихов Г.С. Магнитопорошковая дефектоскопия деталей и узлов. – М.: МТЦ «Эксперт», 1995. – 223 с.
17. Испытания магнитных материалов и систем / Под ред. А.Я.Шихина. – М.: Электроатомиздат, 1984. – 376 с.
18. Чечерников В.И. Магнитные измерения. М.: Изд-во МГУ, 1969. – 387 с.
19. Finite Element Method Magnetics. <http://www.femm.info/wiki/HomePage> .
20. Ключев С.В. Комбинированные методы вихретокового, магнитного и электропотенциального контроля: уч. пособие / Ключев С.В., Шкатов П.Н.; под общ. ред. В.В. Ключева – 1-е изд. – М.: Спектр, 2011. – 191 с.
21. Герасимов В.Г., Останин Ю.А., Покровский А.Д. и др. Неразрушающий контроль качества изделий электромагнитными методами. М.: Энергия, 1978. - 216 с.
22. Лухвич А.А., Каролик А.С., Шарандо В.И. Структурная зависимость термоэлектрических свойств и неразрушающий контроль.–Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 192 с.
23. Прохоренко П.П., Мигун Н.П. Введение в теорию капиллярного контроля. – Минск: Наука и техника, 1988. – 207 с.
24. Прохоренко П.П., Мигун Н.П., Секерин А.М., Стойчева И.В. Капиллярный неразрушающий контроль. – Минск, 1988. – 159с.
25. Баев А.Р., Коновалов Г.Е., Майоров А.Л. Магнитные жидкости в технической акустике и неразрушающем контроле.– Мн.: Тэхналогія, 1999.– 300 с.
26. Артемьев В.М., Наумов А.О., Ёениш Г.-Р. Реконструкция динамических изображений в томографии процессов. – Мн.: Издательский центр БГУ, 2004.– 167с.
27. Михнев В.А. Реконструктивная микроволновая структуроскопия многослойных диэлектрических сред.– Мн.: Светоч, 2002.–192 с.
28. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 томах. Т.9.Техническая диагностика / Под ред. В.В.Ключева.– М.:Машиностроение, 1987, 352 с.

29. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов измерений.– М.: Наука,1970.
30. Лоторейчук Е.А. Теоретические основы электротехники. Иркутск: Инфра-М, 2009. – 320 с.

### 2.3.2. Примерный перечень тем рефератов и докладов

1. Классификация физических методов неразрушающего контроля.
2. Виды дефектов, причины их образования, влияние на эксплуатационные характеристики изделий.
3. Преимущества и ограничения методов ультразвуковой, магнитной и вихретоковой дефектоскопии.
4. Классификация и особенности применения методов акустического контроля.
5. Контактные и бесконтактные способы излучения и приема ультразвуковых колебаний.
6. Современные методы обработки ультразвуковых сигналов.
7. Магнитные и вихретоковые методы контроля, области применения, преимущества и ограничения.
8. Определение свойств ферромагнетиков в открытой и составной магнитных цепях.
9. MFL-метод дефектоскопии. Основы магнитной томографии.
10. Магнитный контроль термической обработки стальных изделий.
11. Магнитный контроль напряженно-деформированного состояния ферромагнитных объектов.
12. Вихретоковая дефектоскопия.
13. Вихретоковая толщинометрия.
14. Классификация и особенности применения в машиностроении радиационных методов контроля.
15. Рентгеновская томография.
16. Современные методы и средства оптического контроля.
17. Контроль изделий машиностроения проникающими веществами (физические основы, классификация методов, особенности применения).
18. Методы, средства и объекты радиоволнового контроля.
19. Тепловизоры.
20. Термоэлектрический контроль в машиностроении.
21. Метрологическое обеспечение средств неразрушающего контроля.
22. Современные программные средства обработки экспериментальных данных.
23. Комплексное использование методов неразрушающего контроля и диагностики.
24. Методы и средства технической диагностики.