

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института ИЕиС



И.Ю. Мезин

2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ

Направление подготовки (специальность)

12.03.01 Приборостроение

Направленность (профиль) программы

Приборы и методы контроля качества и диагностики

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения

Очная

Институт
Кафедра
Курс
Семестр

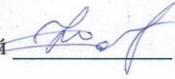
Естествознания и стандартизации
Физики
4
7

Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение, утвержденного приказом МОиН РФ от 03.09.2015 № 959.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физики

«1» 09 2017г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / Ю.И. Савченко /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института естествознания и стандартизации

«25» 09 2017г., протокол № 1.

Председатель  / И.Ю. Мезин /

Рабочая программа составлена:
Старший преподаватель кафедры физики

 / Н.И. Мишенева /

Рецензент:
Профессор кафедры ВТиП, доктор технических наук

 / И.М. Ячиков /

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) «Приборы и методы вихретокового контроля» являются: формирование готовности к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов, в соответствии с требованиями ФГОС ВО и направленностью (профилем) ОП

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Приборы и методы вихретокового контроля» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин «Физика», «Математика», «Информатика и информационные технологии» «Физика магнитных явлений», «Физические основы получения информации», «Теория физических полей», «Обработка экспериментальных данных на ЭВМ», «Теоретические основы электротехники», «Метрология и средства измерения», «Основы проектирования приборов и систем», «Аналоговые измерительные устройства», «Цифровые измерительные устройства».

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при изучении дисциплин: «Проектная деятельность», «Физические методы контроля», «Производственная - преддипломная практика» и для ГИА.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Приборы и методы вихретокового контроля» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-2 готовностью к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов	
Знать	<ul style="list-style-type: none">– физическую сущность ВТ контроля;– основные определения и понятия, используемые в теории вихретокового контроля;– задачи, решаемые вихретоковыми методами контроля;– основные способы и устройства вихретокового контроля;– основы математического и компьютерного моделирования электромагнитных процессов;
Уметь	<ul style="list-style-type: none">– приобретать знания в области вихретокового контроля;– анализировать результаты измерений при вихретоковом контроле;– выбирать режим контроля;– рассчитывать выходные сигналы преобразователя от измеряемых и мешающих факторов;– обсуждать способы эффективного решения задач вихретокового контроля технических объектов;– распознавать эффективное решение от неэффективного;– объяснять (выявлять и строить) типичные модели вихретокового контроля технических объектов;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<ul style="list-style-type: none"> – применять знания области вихретокового контроля в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне; – корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с приборами вихретокового контроля; – работать с вихретоковыми устройствами контроля с микропроцессорным управлением и с выводом информации на персональный компьютер; – практическими навыками использования приборов и методов вихретокового контроля на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на Производственной - преддипломной практике; – способами демонстрации умения анализировать ситуацию при контроле технических объектов вихретоковым методом; – навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности; – способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов; – профессиональным языком предметной области знания; – способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды.

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

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

- контактная работа – 76,1 акад. часов:
 - аудиторная – 72 акад. часов;
 - внеаудиторная – 4,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 32,2 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Физические основы вихретокового контроля						- Подготовка к лабораторно-практическим и семинарским занятиям; - Подготовка докладов по заранее обозначенным в рабочей программе дисциплины темам; - Контрольная работа № 1; - Самостоятельное изучение учебной и научно литературы;	– контрольная работа № 1; - семинар № 1; - доклад;	ПК-2-зу
1.1. Общая характеристика вихретоковых методов контроля	7	2	2/1		1,2			
1.2. Электромагнитные поля и волны. Основные уравнения, описывающие электромагнитные процессы при контроле вихретоковыми методами	7	4	2/2		4			
1.3. Классификация вихретоковых преобразователей	7	2	1		1			
Итого по разделу	7	8	5/3		6,2			
2. Контроль с помощью проходных преобразователей						- Подготовка к лабораторно-практическим и семинарским занятиям; - Подготовка докладов по зара-	- лабораторная работа № 1; - контрольная работа № 2; - семинар № 2; - доклад;	ПК-2-зув
2.1. Контроль цилиндрических изделий проходным ВТП с однородным магнит-	7	3	8/3		4			

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
ным полем						нее обозначенным в рабочей программе дисциплины темам;		
2.1. Контроль цилиндрических изделий проходным ВТП с неоднородным магнитным полем	7	2	0,5		2	- Контрольная работа № 2; - Самостоятельное изучение учебной и научно литературы;		
2.3. Сопоставление наружных, внутренних и экранных проходных преобразователей.	7	2	0,5		1			
Итого по разделу	7	7	9/3		7			
3. Контроль с помощью накладных преобразователей						- Подготовка к лабораторно-практическим и семинарским занятиям;	- лабораторная работа № 2; - контрольная работа № 2; - семинар № 3; - доклад;	ПК-2-зув
3.1. Накладной преобразователь над проводящим полупространством	7	2	4/2		2	- Подготовка докладов по заранее обозначенным в рабочей программе дисциплины темам;		
3.2. Контроль листов.	7	2	4/2		1	- Контрольная работа № 2; - Самостоятельное изучение учебной и научно литературы;		
3.3. Контроль многослойных объектов.	7	2	0,5		1			
3.4. Контроль шаров и сфер.	7	1	0,5		1			
Итого по разделу	7	7	9/4		5			
4. Вихретоковая дефектоскопия и контроль физико-механических параметров						- Подготовка к лабораторно-практическим и семинарским занятиям;	- лабораторные работы № 3 и № 4; - контрольная работа № 3; - семинар № 4;	ПК-2-зув
4.1. Чувствительность преобразователей к дефектам.	7	2	2/1		2	- Подготовка докладов по зара-		

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
4.2. Методы выделения полезной информации. Отстройка от мешающих факторов	7	4	2/1		2	нее обозначенным в рабочей программе дисциплины темам; - Контрольная работа № 3; - Самостоятельное изучение учебной и научно литературы;	- доклад;	
4.3. Особенности контроля ферромагнитных изделий	7	1	4/1		1			
4.4. Вихретоковая толщинометрия	7	2	1		2			
4.5. Вихретоковая интроскопия	7	2	1		1			
Итого по разделу	7	11	10/3		8			
5. Основы конструирования приборов вихретокового контроля						- Подготовка к лабораторно-практическим и семинарским занятиям; - Подготовка докладов по заранее обозначенным в рабочей программе дисциплины темам; - Контрольная работа № 3; - Самостоятельное изучение учебной и научно литературы;	- лабораторные работы № 3 и № 4; - контрольная работа № 3; - семинар № 5; - доклад;	ПК-2-зув
5.1. Основные структурные схемы приборов.	7	1	1		2			
5.2. Расчет и конструирование первичных преобразователей. Схемы включения преобразователей.	7	2	2/1		4			
Итого по разделу	7	3	3/1		6			
Итого за семестр	7	36	36/14И		32,2		Экзамен	

5 Образовательные и информационные технологии

При реализации различных видов учебной работы наиболее эффективные результаты освоения дисциплины «Приборы и методы вихретокового контроля» дают традиционные образовательные технологии, технологии проблемного обучения, технологии проектного обучения, интерактивные технологии, информационно-коммуникационные образовательные технологии.

1. **Традиционные образовательные технологии** ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Семинар – беседа преподавателя и студентов, обсуждение заранее подготовленных сообщений по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы.

Лабораторно-практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. **Технологии проблемного обучения** – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

Лабораторно-практическое занятие в форме практикума – организация учебной работы, направленная на решение комплексной учебно-познавательной задачи, требующей от студента применения как научно-теоретических знаний, так и практических навыков.

3. **Технологии проектного обучения** – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексию.

Основные типы проектов:

Исследовательский проект – структура приближена к формату научного исследования (доказательство актуальности темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, выдвижение гипотезы, обобщение результатов, выводы, обозначение новых проблем).

Информационный проект – учебно-познавательная деятельность с ярко выраженной эвристической направленностью (поиск, отбор и систематизация информации о каком-то

объекте, ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение для презентации более широкой аудитории).

4. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия.

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

5. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Лабораторно-практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных сред.

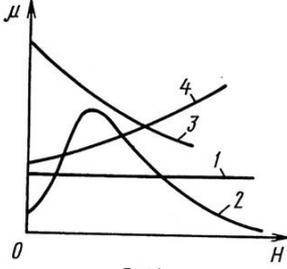
6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Приборы и методы вихретокового контроля» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных работ на лабораторно-практических занятиях и представление докладов по заранее обозначенным в рабочей программе дисциплины темам.

Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

Контрольная работа № 1 «Физические и электротехнические основы вихретокового контроля»

Вариант 1	
1	<p>Электропроводность ферромагнитных материалов зависит от:</p> <p>а) напряженности окружающего магнитного поля; б) температуры объекта; в) твердости объекта; г) все ответы верны.</p>
2	<p>Какая кривая соответствует зависимости магнитной проницаемости стали от напряженности магнитного поля (рис. 1)?</p> <p>а) кривая 1; б) кривая 2; в) кривая 3; г) кривая 4.</p> <div style="text-align: right;">  <p>Рис. 1</p> </div>
3	<p>По типу преобразования параметров объекта контроля в выходной сигнал ВТП подразделяются на:</p> <p>а) абсолютные и дифференциальные; б) параметрические и трансформаторные; в) проходные и накладные; г) погружные и экранные; д) верны ответы 3 и 4.</p>
4	<p>Магнитное поле вне ВТП в виде катушек с переменным током при помещении ее в электропроводящем корпусе:</p> <p>а) усилится; б) ослабится; в) не изменится; г) возможно 1 или 2, в зависимости от частоты тока</p>
5	<p>Вносимое напряжение вихретокового преобразователя это приращение напряжения на выводах измерительной обмотки при:</p> <p>а) нахождении его вдали от объекта контроля; б) внесении в его электромагнитное поле объекта контроля; в) внесении в его электромагнитное поле дефекта объекта контроля; г) внесении в его электромагнитное поле эталонного образца.</p>
6	<p>Как надо изменить количество витков плоской катушки, чтобы ее индуктивность уменьшилась в 4 раза:</p> <p>а) увеличить в 2 раза; б) уменьшить в 4 раза; в) увеличить в 4 раза; г) уменьшить в 2 раза.</p>
7	<p>Чему равно напряжение на катушке с активным сопротивлением 3 Ом, индуктивным</p>

	сопротивлением 4 Ом, если по ней пропустить переменный ток 2 А? а) 14,0 В; б) 8,0 В; в) 10,0 В; г) 5,0 В.
8	<p>Какой из изображенных на рис.3 преобразователей соответствует:</p> <p>а) проходному;; б) трансформаторному накладному; в) экранному накладному; г) параметрическому накладному</p>
	<p> П – преобразователь ВО – возбуждающая обмотка ИО – измерительная обмотка ОК – объект контроля </p> <p>Рис. 3</p>
9	<p>Какой магнитный поток возбуждается в тороидальном магнитопроводе, изготовленном из электротехнической стали, кривая намагничивания которой приведена на рис. 2, если длина средней линии кольца магнитопровода $l_{ср} = 2,5$ дм, площадь поперечного сечения магнитопровода $S = 8$ см², ток в обмотке $I = 4$ А, а количество витков обмотки $W = 200$?</p> <p>а) $1,6 \cdot 10^{-3}$ Вб; б) $1,2 \cdot 10^{-3}$ Вб; в) 2 Вб; г) 1,2 Вб.</p>
	<p>Рис. 2</p>
10	<p>Значение коэффициента заполнения трансформаторного проходного ВТП с радиусами возбуждающей обмотки $R_B = 3$ мм и измерительной обмотки $R_{и} = 4$ мм при контроле проволоки $R = 1,5$ мм равно:</p> <p>а) 0,75; б) 0,5; в) 0,375; г) 0,25.</p>
11	<p>Если удельная электрическая проводимость объекта контроля уменьшится, то плотность вихревых токов в ОК:</p> <p>а) увеличится; б) уменьшится; в) останется неизменной; г) может увеличиться или уменьшиться.</p>
12	<p>Чему равна глубина проникновения плоской волны электромагнитного поля в медную пластину ($\sigma = 57$ МСм/м) на частоте 10 кГц:</p> <p>а) 0,1 мм; б) 0,2 мм; в) 0,66 мм; г) 6,6 мм</p>
13	<p>Как изменится напряжение измерительной обмотки накладного абсолютного ВТП, если его приблизить к ферромагнитному электропроводящему листу?</p> <p>1) уменьшится;</p>

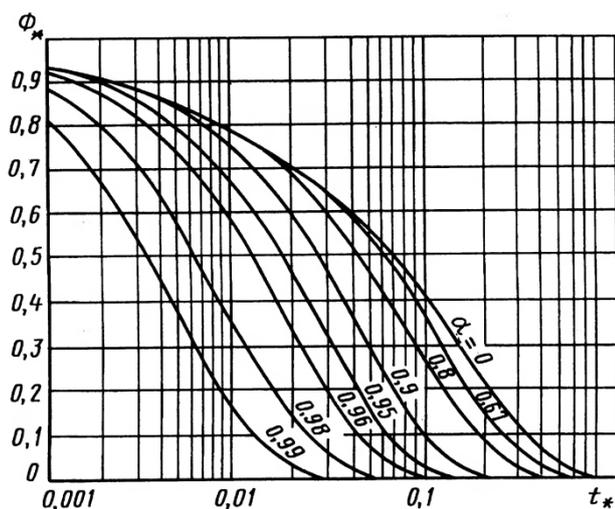
- г) чувствительность ВТП не зависит от частоты.
5. В каком случае целесообразно применять дифференциальные проходные ВТП?
- а) при контроле изменения диаметра цилиндрических изделий;
 - б) при контроле изменений толщины стенки трубы;
 - в) при контроле удельной электропроводности;
 - г) при обнаружении дефектов.
6. В чем заключается достоинство экранных накладных ВТП?
- а) увеличивается чувствительность к толщине листов;
 - б) увеличивается чувствительность к удельной электропроводности;
 - в) увеличивается чувствительность к толщине диэлектрических покрытий листов;
- г) уменьшается влияние поперечного перемещения контролируемых проводящих листов.
7. Как влияет увеличение зазора между контролируемой пластиной и параметрическим накладным ВТП на его сопротивление:
- а) индуктивное сопротивление возрастает, а активное не изменяется;
 - б) индуктивное сопротивление уменьшается, а активное не изменяется;
 - в) уменьшаются и активное и индуктивное сопротивления;
 - г) индуктивное сопротивление увеличивается, а активное уменьшается.
8. Как изменяются активное R и индуктивное X сопротивления параметрического проходного ВТП с немагнитным ОК при увеличении коэффициента заполнения?
- а) R уменьшается, X увеличивается;
 - б) R увеличивается, X уменьшается;
 - в) R и X уменьшаются;
 - г) R и X увеличиваются.
9. Как зависит чувствительность к изменению удельной электрической проводимости ОК от частоты возбуждающего тока ВТП:
- а) чем выше частота, тем больше чувствительность;
 - б) чем ниже частота, тем больше чувствительность;
 - в) чувствительность от частоты не зависит;
 - г) чувствительность максимальна при определенной частоте.
10. Если в проходной трансформаторный ВТП поместить немагнитный электропроводящий цилиндр, то напряжение измерительной катушки:
- а) увеличится;
 - б) останется неизменным;
 - в) уменьшится;
 - г) изменится по фазе на 90° .
11. Можно ли использовать вихретоковый метод для дефектоскопии внутренней поверхности труб нефтепроводов, заполненных нефтью?
- а) нельзя из-за изменений удельной электропроводности нефти;
 - б) можно если температура нефти не более 15°C ;
 - в) можно если скорость перемещения нефти не более 1 м/с ;
- г) можно, если выполнить конструкцию прибора во взрывоопасном исполнении с хорошей герметичностью.
12. Пользуясь годографом относительного вносимого напряжения наружного проходного ВТП при контроле круглого неферромагнитного цилиндра, определить напряжение наружного проходного ВТП, если короткая измерительная катушка радиусом

$R_n = 10$ мм охватывает длинную возбуждающую катушку ($I_b = 40$ мм) радиусом $R_b = 6,9$ мм. Радиус контролируемого цилиндра $R = 6$ мм, $\mu_r = 1$, удельная электропроводность $16,3$ МСм/м, ток возбуждения $I_b = 0,1$ А, частота тока $f = 1,9$ кГц, количество витков возбуждающей катушки $W_b = 500$, измерительной $W_i = 200$. Расчет привести полностью.

13. Определить изменение комплексного напряжения $\frac{\Delta U}{U_0}$ накладного ВТП с радиусом $R_b = R_n = R = 10$ мм и начальным напряжением $U_0 = 1$ В при изменении на 1% удельной электропроводности неферромагнитного листа с номинальной толщиной $T = 2$ мм и $\sigma = 15,5$ МСм/м, если частота тока возбуждения оптимальна. Определить эту частоту.

Контрольная работа № 3 «Вихретоковая дефектоскопия и контроль физико-механических параметров. Основы конструирования приборов вихретокового контроля»

1. При амплитудно-фазовом методе отстройки от влияния мешающих параметров используют проекцию вектора сигнала на вектор, совпадающий по фазе:
 - а. с вектором тока возбуждающей катушки;
 - б. с вектором напряжения возбуждающей катушки;
 - в. с вектором влияния мешающего фактора;
 - г. с вектором, перпендикулярным вектору мешающего фактора.
2. Порог срабатывания вихретокового дефектоскопа устанавливают:
 - а. по контрольному образцу с дефектом заданной максимальной глубины;
 - б. без контрольного образца;
 - в. по контрольному образцу с дефектом заданной минимальной глубины;
 - г. глубина дефекта значения не имеет
3. Какой глубины дефект можно выявить в диэлектрической пластине толщиной 5 мм с помощью накладного ВТП?
 - а. более 0, 1 мм;
 - б. любой глубины в пределах толщины пластины;
 - в. ВТП не пригоден для этой цели;
 - г. глубиной более половины толщины пластины
4. Металлическая труба, содержащая прорезь, проходящую от одного конца к другому и имеющую одинаковую ширину и глубину, при движении ее вдоль дифференциального проходного ВТП будет создавать:
 - а. одинаковое постоянное напряжение;
 - б. изменяющийся во времени сигнал;
 - в. переменное напряжение с постоянной амплитудой;
 - г. нулевой сигнал.
5. Найти относительный вносимый в наружный проходной ВТП магнитный поток $\Phi_{вн}^*$ при возбуждении магнитного поля прямоугольным импульсом $H(t)$ в трубе с $R_1/R_2 = 0,95$ в момент времени $t^* = 0,01$. Пояснить решение.



6. Определить приращение ΔU измерительной обмотки радиусом $R_{и} = 10$ мм наружного проходного ВТП с однородным полем от узкой продольной поверхностной трещины глубиной $h = 2$ мм в немагнитном проводящем цилиндре радиусом $R = 5$ мм с $\sigma = 25,3$ МСм/м на частоте $f = 1$ кГц, начальное напряжение ВТП $U_0 = 0,5$ В.
7. Определить приращение напряжения ΔU измерительной обмотки накладного ВТП ($R_{в} = R_{и} = 5$ мм) от узкого подповерхностного дефекта глубиной $h = 3$ мм и глубиной залегания $\delta = 0,2$ мм в проводящей ($\sigma = 58,4$ МСм/м) пластине большой толщины (толщина пластины значительно больше глубины проникновения магнитного поля в пластину) при $f = 2,0$ кГц, если начальное напряжение $U_0 = 0,5$ В, а зазор между ВТП и ОК $\zeta = 3,75$ мм

Перечень тем докладов

1. Современные методы и средства вихретокового контроля
2. Применение методов компьютерного моделирования для решения задач вихретокового контроля.
3. Современные схемы и конструкция вихретоковых приборов и преобразователей.
4. Новые области применения вихретокового контроля и анализа параметров.
5. Контроль наноструктур вихретоковым методом.
6. Контроль композитных материалов вихретоковым методом.
7. Вихретоковая интроскопия.
8. Комбинированные методы электромагнитного контроля.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя: проработку лекционного материала, изучение литературы по соответствующему разделу; подготовку к выполнению лабораторных работ, подготовку к отчету по лабораторным работам, подготовку к семинарам.

Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа № 1 «Построение годографа относительного вносимого напряжения проходного преобразователя на немагнитном стержне»

Лабораторная работа № 2 «Построение годографа относительного вносимого напряжения накладного преобразователя над немагнитным электропроводящим листом»

Лабораторная работа № 3 «Изучение работы вихретокового дефектоскопа ВИТ-4»

Лабораторная работа № 4 «Изучение работы вихретокового дефектоскопа «Константа ВД-1»»

Перечень вопросов к семинарам

Семинар № 1 «Физические и электротехнические основы вихретокового контроля»

1. Вихревые токи. Основные свойства вихревых токов. Способы возбуждения.
2. Основные уравнения, описывающие электромагнитные процессы при вихретоковом контроле.
3. Распределение плотности вихревых токов в электропроводящем слое, расположенном под витком с током. Магнитный поверхностный эффект. Понятие и физический смысл глубины проникновения.
4. Влияющие факторы. Многопараметровость. Области применения вихретокового контроля.
5. Классификация ВТП
6. Электротехнические параметры ВТП. Электрическая схема замещения ВТП.
7. Способы представления информации при вихретоковом контроле. Символьный метод
8. Что называется годографом. Принцип построения.

Семинар № 2 «Контроль с помощью ПВТП»

1. Общая характеристика проходных ВТП. Устройство и основные схемы.
2. Основные соотношения геометрических размеров катушек возбуждения и измерения для создания однородного магнитного поля
3. Обобщенный параметр контроля ПВТП. Годографы.
4. Относительное вносимое напряжение ВТП. Коэффициент заполнения.
5. Способы включения ПВТП
6. Контроль цилиндрических изделий наружным проходным ВТП с однородным магнитным полем
7. Оптимальный режим контроля
8. Чувствительность ПВТП
9. Способы создания неоднородного магнитного поля. Контроль ПВТП с неоднородным магнитным полем
10. Основные области применения ПВТП. Основные недостатки ПВТП.
11. Импульсное возбуждение ПВТП

Семинар № 3 «Контроль с помощью НВТП»

1. Общая характеристика накладных ВТП
2. Типы НВТП
3. Начальные параметры и расчет вносимого напряжения накладных ВТП
4. Контроль электропроводящих изделий большой толщины.
5. Контроль толщины покрытий
6. Контроль листов накладным трансформаторным и экранным ВТП
7. Особенности расчета НВТП с ферритовым сердечником
8. Импульсное возбуждение НВТП

Семинар № 4 «Вихретоковая дефектоскопия и контроль физико-механических параметров»

1. Чувствительность проходных и накладных ВТП к дефектам
2. Общая характеристика способов выделения полезной информации при вихретоковой дефектоскопии
3. Двухпараметровые способы отстройки от мешающих факторов: амплитудный способ
4. Двухпараметровые способы отстройки от мешающих факторов: фазовый способ.
5. Двухпараметровые способы отстройки от мешающих факторов: способ проекции (амплитудно-фазовый).
6. Двухпараметровый контроль с помощью параметрического ВТП, включенного в колебательный контур.
7. Спектральные способы анализа сигналов

8. Дефектоскопия прутков, проволоки и труб проходными ВТП
9. Дефектоскопия накладными ВТП
10. Вихретоковая толщинометрия
11. Принципы вихретоковой интроскопии

Семинар № 5 «Вихретоковые приборы неразрушающего контроля»

1. Конструкция ВТП
2. Классификация и технические характеристики вихретоковых дефектоскопов
3. Дефектоскопы с работой в статическом режиме
4. Дефектоскопы с работой в динамическом режиме
5. Классификация и технические характеристики вихретоковых толщиномеров
6. Толщиномеры изоляционных покрытий на электропроводящих основаниях
7. Толщиномеры электропроводящих неферромагнитных слоев
8. Приборы для контроля физико-механических характеристик электропроводящих объектов

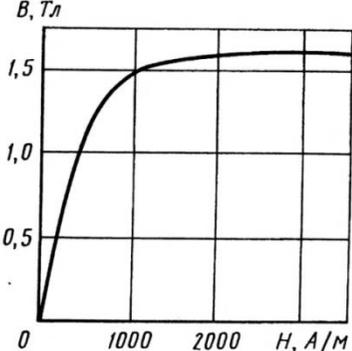
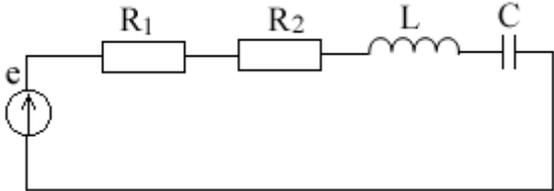
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2 готовностью к математическому моделированию процессов и объектов приборостроения и их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – физическую сущность ВТ контроля; – основные определения и понятия, используемые в теории вихретокового контроля; – задачи, решаемые вихретоковыми методами контроля; – основные способы и устройства вихретокового контроля; – основы математического и компьютерного моделирования электромагнитных процессов; 	<p><i>Перечень теоретических вопросов к экзамену</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Общая характеристика метода. Основные уравнения, описывающие электромагнитные процессы при контроле. 2. Классификация вихретоковых преобразователей. 3. Контроль цилиндрических объектов наружными, внутренними, экранными преобразователями. 4. Сопоставление преобразователей. Контроль цилиндров с эллиптической формой сечения. 5. Контроль преобразователями с неоднородным полем. 6. Накладной преобразователь над проводящим полупространством. Контроль листов. 7. Контроль многослойных объектов. 8. Контроль шаров и сфер. 9. Чувствительность преобразователей к дефектам. Методы выделения полезной информации. 10. Влияние скорости движения преобразователя относительно объекта. 11. Особенности контроля ферромагнитных изделий. 12. Вихретоковые дефектоскопы. 13. Толщинометрия. 14. Основные структурные схемы приборов. 15. Расчет и конструирование первичных преобразователей. 16. Схемы включения преобразователей. 17. Общая характеристика многоэлементных преобразователей. 18. Строчные и матричные преобразователи. Их конструкция и чувствительность. 19. Принципы построения и структурные схемы интроскопов.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – приобретать знания в области вихретокового контроля; – анализировать результаты измерений при вихретоковом контроле; – выбирать режим контроля; – рассчитывать выходные сигналы преобразователя от измеряемых и мешающих факторов; – обсуждать способы эффективного решения задач вихретокового контроля технических объектов; – распознавать эффективное решение от неэффективного; – объяснять (выявлять и строить) типичные модели вихретокового контроля технических объектов; – применять знания области вихретокового контроля в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне; – корректно выражать и аргументированно обосновывать положения предметной области знания. 	<p>Примерный перечень практических заданий для экзамена</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Определить комплексное напряжение \underline{U} измерительной обмотки накладного ВТП с $R_b = R_n = R = 10$ мм на частоте 1 кГц при контроле немагнитного листа с $\sigma = 31$ МСм/м, толщиной 4 мм, зазор между катушками ВТП и листом $h = h_b = h_n \rightarrow 0$. Начальное напряжение ВТП $U_0=1$В. 2. Пользуясь годографом относительного вносимого напряжения наружного проходного ВТП при контроле круглого неферромагнитного цилиндра, определить напряжение наружного проходного ВТП, если короткая измерительная катушка радиусом $R_n = 10$ мм охватывает длинную возбуждающую катушку ($l_b = 40$ мм) радиусом $R_b = 8,5$ мм. Радиус контролируемого цилиндра $R = 6$ мм, $\mu_r = 1$, удельная электропроводность 15,8 МСм/м, ток возбуждения $I_b = 0,1$ А, частота тока $f = 2$ кГц, количество витков возбуждающей катушки $W_b = 500$, измерительной $W_n = 200$. 3. Определить приращение напряжения ΔU проходного ВТП с диаметром измерительной обмотки $D_n = 28,2$ мм и начальным напряжением $U_0 = 1$ В при изменении на 1% диаметра неферромагнитного цилиндра с номинальным диаметром $D_0 = 20$ мм и $\sigma = 33,6$ МСм/м, если частота тока возбуждения $f=3$кГц 4. Определить приращение напряжения ΔU проходного ВТП с диаметром измерительной обмотки $D_n = 28,2$ мм и начальным напряжением $U_0 = 1$ В при изменении на 1% удельной электропроводности неферромагнитного цилиндра с номинальным диаметром $D_0 = 20$ мм и $\sigma = 33,6$ МСм/м, при контроле на самой оптимальной частоте. Определить эту частоту. 5. Определить комплексное напряжение \underline{U} измерительной обмотки накладного ВТП с $R_b = R_n = R = 10$ мм на частоте 1 кГц при контроле немагнитного листа с $\sigma = 15,5$ МСм/м, толщиной 2 мм, зазор между катушками ВТП и листом $h = h_b = h_n \rightarrow 0$. Начальное напряжение ВТП $U_0=1$В. 6. Найти относительный вносимый в наружный проходной ВТП магнитный поток $\Phi_{вн}^*$ при возбуждении магнитного поля прямоугольным импульсом $H(t)$ в трубе с $R_1/R_2 = 0,95$ в момент времени $t^* = 0,01$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>7. Определите приращение напряжения ΔU измерительной обмотки радиусом $R_{и} = 10$ мм наружного проходного ВТП с однородным полем от узкой продольной поверхностной трещины глубиной $h = 2$ мм в немагнитном проводящем цилиндре радиусом $R = 5$ мм с $\sigma = 25,3$ МСм/м на частоте $f = 1$ кГц, начальной напряжением ВТП $U_0 = 0,5$ В</p> <p>8. Определите приращение напряжения ΔU измерительной обмотки накладного ВТП ($R_{в} = R_{и} = 5$ мм) от узкого подповерхностного дефекта глубиной $h = 3$ мм и глубиной залегания $\delta = 0,2$ мм в проводящей ($\sigma = 58,4$ МСм/м) пластине большой толщины (толщина пластины значительно больше глубины проникновения магнитного поля в пластину) при $f = 2,0$ кГц, если начальное напряжение $U_0 = 0,5$ В, а зазор между ВТП и ОК равен 3,75 мм.</p> <p>9. Определить комплексное напряжение \underline{U} измерительной обмотки накладного ВТП с $R_{в} = R_{и} = R = 10$ мм на частоте 1 кГц при контроле немагнитного листа с $\sigma = 62$ МСм/м, толщиной 2 мм, зазор между катушками ВТП и листом $h = h_{в} = h_{и} \rightarrow 0$. Начальное напряжение ВТП $U_0 = 1$ В</p> <p>10. Какой магнитный поток возбуждается в тороидальном магнитопроводе, изготовленном из электротехнической стали, кривая намагничивания которой приведена на рисунке, если длина средней линии кольца магнитопровода $l_{ср} = 2$ дм, площадь поперечного сечения магнитопровода $S = 10$ см², ток в обмотке $I = 5$ А, а количество витков обмотки $W = 100$?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<div style="text-align: center;">  </div> <p>11. Чему равна глубина проникновения плоской волны электромагнитного поля в медную пластину ($\sigma = 57 \text{ МСм/м}$) на частоте $f = 10 \text{ кГц}$?</p> <p>12. Определить относительный вносимый векторный потенциал поля $A_{\text{вн}}^*$ накладного ВТП с прямоугольным импульсом тока $i_{\text{в}}(t)$ при возбуждении магнитного поля в листе толщиной $T^* = 0,2$ в момент времени $t^* = 0,1$</p> <p>13. Рассчитать комплексным методом распределение токов и напряжений в цепи (рис.). Закон изменения ЭДС $e = 141 \sin \omega t$. Сопротивления $R_1 = 3 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, индуктивность $L = 38,22 \text{ мГн}$, емкость $C = 1061,6 \text{ мкФ}$. Частота $f = 50 \text{ Гц}$. Постройте векторную диаграмму напряжений</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками работы с приборами вихретокового контроля; – работать с вихретоковыми устройствами контроля с микропроцессорным управлением и с выводом информации на персональный 	<p>Перечень вопросов и заданий</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Конструкции ВТП. Структурные схемы 2. Классификация и технические характеристики дефектоскопов 3. Статические дефектоскопы

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>компьютер;</p> <ul style="list-style-type: none"> – практическими навыками использования приборов и методов вихретокового контроля на других дисциплинах, на занятиях в аудитории и на Производственной - преддипломной практике; – способами демонстрации умения анализировать ситуацию при контроле технических объектов вихретоковым методом; – навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности; – способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов; – профессиональным языком предметной области знания; – способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использования возможностей информационной среды. 	<ol style="list-style-type: none"> 4. Динамические дефектоскопы 5. Вихретоковые толщиномеры 6. Приборы для контроля физико-механических параметров электропроводящих объектов 7. Дефектоскоп «Константа ВД-1». Проверить работоспособность. Осуществить проведение контроля на стандартных образцах в статическом режиме 8. Дефектоскоп «Константа ВД-1». Проверить работоспособность. Осуществить проведение контроля на стандартных образцах в динамическом режиме 9. Дефектоскоп «ВИТ-4». Проверить работоспособность. Осуществить проведение контроля на стандартных образцах

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Приборы и методы вихретокового контроля» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена (7 семестр).

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Федосенко, Ю. К. Вихретоковый контроль : учебное пособие / Ю. К. Федосенко, П. Н. Шкатов, А. Г. Ефимов ; под общ. ред. В. В. Клюева ; РОНКТД. - М. : Спектр, 2011. - 223 с. : ил., диагр., схемы, табл. - (Диагностика безопасности). - ISBN 978-5-904270-64-3. - Текст : непосредственный

б) Дополнительная литература:

1. Ушаков, В. М. Неразрушающий контроль и диагностика горно-шахтного и нефтегазового оборудования : учебное пособие / В. М. Ушаков. — Москва : Горная книга, 2006. — 318 с. — ISBN 5-91003-001-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3513> (дата обращения: 10.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Физические методы контроля. Дефекты продукции. Контроль качества продукции : учебное пособие / [Ю. И. Савченко, И. В. Рыскужина, Н. И. Мишенева и др.] ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2015 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2906.pdf&show=dcatalogues/1/1134421/2906.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

в) Методические указания:

1. Магнитные и вихретоковые методы контроля и приборы : практикум / М. Б. Аркулис [и др.] ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - 2-е изд. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3840.pdf&show=dcatalogues/1/1530280/3840.pdf&view=true> (дата обращения: 23.10.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
MS Office Visio Prof 2007(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: http://window.edu.ru/
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: http://www1.fips.ru/
--	--

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лаборатория «Электричества и оптики»	Лабораторные установки, измерительные приборы для проведения лабораторных работ: 1. Лабораторная установка для исследования электростатического поля с помощью одинарного зонда. 2. Установка для шунтирования миллиамперметра. 3. Установка лабораторная для определения индуктивности соленоида и магнитной проницаемости. 4. Установка лабораторная для изучения резонанса напряжений и определения индуктивности 5. Лабораторная установка для изучения длины световой волны и характеристик дифракционной решетки. 6. Лабораторная установка для определения радиуса кривизны линзы и длины световой волны с помощью колец Ньютона. 7. Лабораторная установка для определения концентрации растворов сахара и постоянной вращения. 8. Источники питания постоянного тока. 9. Магазин емкостей Time Electronics 1071. 10. Магазин емкости P-513. 11. Магазин индуктивностей Time Electronics 1053. 12. Магазины сопротивлений P-33. 13. Мультиметры цифровые MAS-838. 14. Мультиметры АРРА 106,203,205. 15. Осциллограф двухканальный GOS-620 FG. 16. Поляриметр СМ. 17. Мерительный инструмент.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лаборатория неразрушающего контроля	- Мультимедийное оборудование; - стандартные образцы, фольги. - дефектоскоп вихретоковый «Константа ВД-1»; - электромагнит; - дефектоскоп вихретоковый «ВИТ-4»; - набор для построения годографов относительного вносимого напряжения накладного и проходного преобразователей.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля	Интерактивная доска, проектор; Мультимедийный проектор, экран.

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
и промежуточной аттестации	
Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы.	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, с выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования. Инструменты для ремонта оборудования.