

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 22 » мая 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Теоретические основы современных методов неразрушающего  
контроля  
\_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
\_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** магистратура  
\_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
\_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Машины, аппараты химических производств и  
нефтегазопереработки  
\_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель- формирование комплекса знаний, умений и навыков в области современных методов неразрушающего контроля оборудования нефтегазопереработки.  
Задачи: изучение нормативно-технической документации современных методов неразрушающего контроля и методов НК для проверки технического состояния технологического оборудования;  
формирование умения использовать современные методы неразрушающего контроля при диагностике оборудования;  
формирование навыков проверки технического состояния технологического оборудования и практической работы с приборами НК.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Нормативно-техническая документация современных методов НК;  
Современные методы и приборы неразрушающего контроля технологического оборудования.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знает современные методы неразрушающего контроля (НК), основные требования безопасной эксплуатации объектов химического и нефтегазового комплекса и основные мероприятия по снижению износа при разработке оборудования химических производств.	Знает современные методы неразрушающего контроля (НК), основные требования безопасной эксплуатации объектов химического и нефтегазового комплекса и основные мероприятия по снижению износа при разработке оборудования химических производств.	Экзамен
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Умеет проводить диагностику оборудования методами НК, анализ эксплуатационных рисков и угроз, определять степень износа и выбирать конструкционные материалы машин и аппаратов химических производств.	Умеет проводить диагностику оборудования методами НК, анализ эксплуатационных рисков и угроз, определять степень износа и выбирать конструкционные материалы машин и аппаратов химических производств.	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет навыками работы с приборами НК, разработки мероприятий по снижению эксплуатационных рисков и угроз, вероятностной оценки безаварийной и надежной работы химического оборудования.	Владеет навыками работы с приборами НК, разработки мероприятий по снижению эксплуатационных рисков и угроз, вероятностной оценки безаварийной и надежной работы химического оборудования.	Экзамен
ПК-2.2	ИД-1ПК-2.2	Знает основные нормативные документы и ГОСТ, необходимые для моделирования, расчета, проектирования и диагностики химического оборудования	Знает основные нормативные документы и ГОСТ, необходимые для моделирования, расчета, проектирования и диагностики химического оборудования.	Экзамен
ПК-2.2	ИД-2ПК-2.2	Умеет использовать нормативную документацию при расчете, проектировании и диагностике машин и аппаратов химических производств.	Умеет использовать нормативную документацию при расчете, проектировании и диагностике машин и аппаратов химических производств.	Экзамен
ПК-2.2	ИД-3ПК-2.2	Владеет навыками работы с проектной и нормативной документацией, используемой для моделирования, проектирования и диагностики оборудования химических производств и нефтегазопереработке.	Владеет навыками работы с проектной и нормативной документацией, используемой для моделирования, проектирования и диагностики оборудования химических производств и нефтегазопереработке.	Экзамен

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	43	43	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	12	12	
- лабораторные работы (ЛР)	27	27	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	101	101	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Ультразвуковая дефектоскопия	2	8	0	25
Тема 1 Теоретические основы метода. Основные понятия волнового процесса и акустические свойства сред. Отражение и преломление акустических волн. Акустический импеданс. Понятие первого и второго критического угла. Тема 2 Аппаратурное оформление метода. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффект. Ультразвуковые пьезоэлектрические преобразователи. Эхо-метод, теневой метод, зеркально-теневой метод, метод "Тандем".				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Метод акустической эмиссии	2	0	0	25
Тема 3 Физическая сущность метода акустической эмиссии. Понятие акустической эмиссии. Акустическая эмиссия как метод неразрушающего контроля. Тема 4 Обработка результатов контроля. Методика диагностирования и порядок нагружения ОК. Эффект Кайзера. Классификация АЭ-источников, обработка результатов и оценка технического состояния объекта контроля.				
Метод магнитной памяти металла	4	9	0	25
Тема 5 Физические основы метода. Физические основы метода ММП. Образование дислокаций и диполей. Градиент магнитного поля рассеяния. Магнитный показатель и его предельное значение. Тема 6 Аппаратура процесса и обработка результатов. Методика контроля, определение зон концентрации напряжений (ЗКН). Порядок обработки результатов.				
Виброакустический контроль	4	10	0	26
Тема 7 Параметры метода. Простейшие гармонические колебания, уравнение колебаний. Основные параметры виброакустического контроля: виброперемещение, виброскорость, виброускорение. Понятие среднеквадратичного значения (СКЗ). Тема 8 Технические средства измерения вибрации. Вибропреобразователи и способы их установки. Методика диагностирования, анализ и обработка результатов.				
ИТОГО по 3-му семестру	12	27	0	101
ИТОГО по дисциплине	12	27	0	101

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Определение дефектов в сварных швах методом ультразвуковой дефектоскопии
2	Диагностирование технологического оборудования методом ММП
3	Виброакустический контроль машин и механизмов
4	Определение скорости ультразвука в различных материалах

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Акустические методы контроля / И. Н. Ермолов, Н. П. Алешин, А. И. Потапов. - Москва: Высш. шк., 1991. - (Неразрушающий контроль : практическое пособие : в 5 кн.; Кн. 2).	14
2	Кретов Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении / Е. Ф. Кретов. - Санкт-Петербург: СВЕН, 2011.	15
3	Петрухин В. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации : учебное пособие / В. В. Петрухин, С. В. Петрухин. - Москва: Инфра-Инженерия, 2010.	8
4	Ушаков В.М. Незагрушающий контроль и диагностика горно-шахтного и нефтегазового оборудования : учебное пособие для вузов / В.М. Ушаков. - М.: Мир горн. кн., 2006.	25

<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Мельников В.И. Акустические методы диагностики газожидкостных потоков / В.И. Мельников, В. П. Дробков, В. В. Контелев. - М.: Энергоатомиздат, 2006.	1
2	Углов А.Л. Акустический контроль оборудования при изготовлении и эксплуатации / А.Л. Углов, В.И. Ерофеев, А.Н. Смирнов. - Москва: Наука, 2009.	1
3	Чумичев А. М. Техника и технология неразрушающих методов контроля деталей горных машин и оборудования : учебное пособие для вузов / А. М. Чумичев. - Москва: Изд-во МГГУ, 2003.	9
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Химическое и нефтегазовое машиностроение : международный научно-технический и производственный журнал / Российская инженерная академия; Газпром; Московский государственный университет инженерной экологии. - Москва: Изд-во МГУИЭ, 1932 - .	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
1	Долганов В. Л. Трубопроводная арматура. Техническое обслуживание, ревизия и ремонт : учебное пособие / В. Л. Долганов. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011.	50
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
1	Юнусов Г. С. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Курсовое проектирование : учебное пособие для вузов / Г. С. Юнусов, А. В. Михеев, М. М. Ахмадеева. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2011.	11

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Юнусов, Г.С. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Курсовое проектирование : учебное пособие / Г.С. Юнусов, А.В. Михеев, М.М. Ахмадеева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 160 с.	<a href="https://e.lanbook.com/book/2043?category=2578">https://e.lanbook.com/book/2043?category=2578</a>	локальная сеть; свободный доступ

### **6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	Компас-3D V14, ПНИПУ 2013 г.

### **6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Виброметр балансировщик VALTECH VP-3470	1
Лабораторная работа	Индикатор концентрации напряжений ИКН-1М-4	1
Лабораторная работа	Толщиномер ультразвуковой А-1208	1
Лабораторная работа	Ультразвуковой дефектоскоп USM 35	1
Лекция	Мультимедиа комплекс на базе проектора Toshiba TLP-X3000, доска, парты, стол преподавателя	1

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Пермский национальный исследовательский политехнический  
университет»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Теоретические основы современных методов неразрушающего контроля»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	15.04.02 «Технологические машины и оборудование»
<b>Направленность:</b>	«Машины, аппараты химических производств и нефтегазопереработки»
<b>Квалификация выпускника:</b>	Магистр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс:</b> 2	<b>Семестр:</b> 3
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	5 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	180 ч.
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Экзамен:	3 семестр

Пермь 2023

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (3 семестр) и включает 3 раздела. В каждом разделе предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарной компетенции *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Таблица 1.1– Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	Текущий		Рубежный		Промежуточный Экзамен
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	
<b>Усвоенные знания</b>					
<b>З.1</b> знает теоретические основы методов НК;		ТО		КР	ТВ
<b>З.2</b> знает нормативные документы современных методов НК;	С	ТО		КР	ТВ
<b>З.3</b> знает основные методы НК для проверки технического состояния оборудования;		ТО		КР	ТВ
<b>З.4</b> знает назначение и устройство приборов, используемых для диагностики технологического оборудования.		ТО			ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1</b> умеет использовать современные методы НК для проверки технического состояния машин и аппаратов;			ОЛР		ПЗ
<b>У.2</b> умеет проводить диагностику и анализировать техническое состояние технологического оборудования;			ОЛР		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1</b> владеет навыками работы с нормативно-технической документацией по методам НК;			ОЛР		КЗ
<b>В.2</b> владеет опытом практической работы с приборами НК			ОЛР		КЗ

*ТО – теоретический опрос; ТКР – текущая контрольная работа по теме; ОЛР – отчет по лабораторной работе; РТ/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание, КП – курсовое проектирование.*

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретённых

владений осуществляется в рамках текущего и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчётов лабораторных работ и экзамена.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарной компетенции (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

### **2.1 Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2 Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексной оценки усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты лабораторных работ, рубежных контрольных работ и рубежного тестирования (после изучения каждого раздела учебной дисциплины).

#### **2.2.1 Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 4 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.2.2 Рубежное тестирование (контрольная работа)**

Рубежные тестирования (РТ) и контрольные работы (КР) запланированы после освоения студентами учебных разделов дисциплины.

#### **Типовые задания рубежного тестирования:**

##### **Типовые задания КР:**

1. Физическая сущность метода УЗД - дефектоскопии.
2. Основные параметры виброакустического контроля.
3. Физические основы метода магнитной памяти металла.
4. Понятие пьезоэлектрического эффекта. Прямой и обратный пьезоэффект.
5. Применение капиллярного метода на малогабаритных деталях.
6. Физическая основа метода акустической эмиссии.

### **2.3 Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных

умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.1 Типовые вопросы и задания для экзаменов по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Нормативные документы современных методов НК.
2. Физические основы основных методов (магнитной памяти металла, УЗД - контроля, метода акустической эмиссии).
3. Назначение и устройство основных приборов, используемых для диагностики технологического оборудования.
4. Понятие прямого и обратного пьезоэлектрического эффекта.
5. Классификация источников АЭ – сигнала.

#### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Сделать вывод о наличии развивающихся дефектов на основе анализа графиков локаций и суммарного счета импульсов.
2. Провести предварительный анализ наличия развивающихся дефектов, используя эффект Кайзера.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Провести настройку толщиномера ДМ-4 для работы и произвести измерения.
2. Провести диагностирование сварного шва объекта контроля методом ультразвуковой дефектоскопии.
3. Определить скорость ультразвука в материале с помощью прибора А-1208.

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2 Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене и при защите курсового проекта**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3 Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1 Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент*

