

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный  
исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

## ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 24.04.2023 № 23.4

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

---

*Физические методы контроля*

*название дисциплины*

для направления подготовки

12.03.01 Приборостроение

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

---

Приборы и методы контроля качества диагностики

Форма обучения: заочная

г. Обнинск 2023 г.

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-10	Способен проводить испытания новых и модернизированных образцов продукции	<i>Знать:</i> методы получения экспериментальных данных в области неразрушающего контроля металлов; <i>Уметь:</i> обрабатывать и представлять результаты экспериментальных исследований металлов методами неразрушающего контроля; <i>Владеть:</i> навыками обработки и анализа результатов исследований с использованием современных методов анализа данных и программных сред.
ПК-8	Способен проводить анализ качества сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий	<i>Знать:</i> Физические основы измерительных преобразователей и принципы построения вторичных измерительных схем, информационно-измерительных схем, погрешности измерений, приборы и системы контроля ядерно-физических и теплотехнических параметров ЯЭУ <i>Уметь:</i> Проводить анализ и выбор измерительных преобразователей и вторичных схем приборов и систем контроля ядерно-физических и теплотехнических параметров ЯЭУ, расчет погрешностей приборов и систем контроля

		<i>Владеть:</i> Навыками исследования метрологических характеристик измерительных преобразователей и вторичных схем.
--	--	---

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части. Индекс дисциплины: Б.04.ДВ.01.01.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: информатика, физика, физические основы получения информации.

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: преддипломная практика.

Дисциплина изучается на 3 и 4 курсах.

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 7 зачетных единиц (з.е.), 252 академических часа.

Вид работы	Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам)				
	Заочная				
	Курс				
	№ 3	№4			Всего
	Количество часов на вид работы:				
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>					
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	16	21			37
В том числе:					
лекции (лекции в интерактивной форме)	4	4			8
практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)	8	13			21
лабораторные занятия	4	4			8
<b>Промежуточная аттестация</b>					
В том числе:					

<i>зачет</i>	+	-			
<i>Экзамен</i>	-	+			
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>					
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>	<b>56</b>	<b>159</b>			<b>215</b>
В том числе:					
проработка учебного материала	14	40			54
Подготовка к практическим занятиям	14	40			54
Оформление отчетов и сдача лабораторных работ	14	40			54
подготовка к зачету/экзамену	14	39			53
<b>Всего (часы):</b>	<b>72</b>	<b>180</b>			<b>252</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>3</b>	<b>4</b>			<b>7</b>

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеау д	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеау д	СРО
1.							4	8	4		56
1.1.	Качество продукции и его контроль.						1	2	1		14
1.2.	Вихретоковый контроль.						1	2	1		14
1.3.	Радиографический контроль.						1	2	1		14
	<b>Итого за 3 курс:</b>						1	2	1		14
							4	13	4		159
1.4.	Ультразвуковой контроль.						2	4	2		53
1.5.	Магнитные методы контроля.						1	4	1		53
1.6.	Капиллярный контроль.						1	5	1		53
	<b>Итого за 4 курс:</b>						4	13	4		159

*Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся*

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

##### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.		
1.1.	Качество продукции и его контроль.	Неразрушающий контроль, его роль при разработке изделий, преимущества и ограничения.
1.2.	Вихретоковый контроль.	Физические основы вихретоковой дефектоскопии. Вихретоковые преобразователи (ВТП). Зависимость сигналов преобразователя от параметров объекта контроля. Чувствительность метода. Сигналы от дефектов. Многопараметровый контроль. Классификация ВТП. Область применения вихретоковых методов.
1.3.	Радиографический контроль.	Физические основы радиационной интроскопии. Взаимодействие излучения с веществом. Источники излучения и их характеристики. Радиографические детекторы и их характеристики. Параметры качества при радиографическом контроле. Особенности радиографического контроля сварных соединений.
1.4.	Ультразвуковой контроль.	Физические основы акустических методов контроля. Явления на границе двух сред. Прием и излучение ультразвука. Методики ультразвукового контроля металлов.
1.5.	Магнитные методы контроля	Физические основы. Особенности намагничивания в постоянном, переменном и импульсном магнитных полях. Поле рассеяния дефектов. Технология магнитопорошковой дефектоскопии. Оборудование для проведения контроля.
1.6.	Капиллярный контроль	Капиллярная дефектоскопия: физические основы и классификация методов. Технология контроля.

##### Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.		
1.1.	Вихретоковый контроль.	Определение параметров ВТП.

1.2.	Радиографический контроль.	Расчет параметров радиографического контроля сварных соединений.
1.3.	Ультразвуковой контроль.	Расчет прохождения ультразвука через границу раздела сред. Расчет акустического поля преобразователя. Разработка методики ультразвукового контроля сварных соединений.
1.4.	Магнитные методы контроля	Расчет параметров намагничивающего устройства.

### *Лабораторные занятия*

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.		
1.2.	Радиографический контроль.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Настройка оборудования</li> <li>2. Настройка и расчет параметров контроля</li> <li>3. Расшифровка рентгеновских снимков</li> </ol>
1.3.	Ультразвуковой контроль.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Настройка ультразвукового дефектоскопа</li> <li>2. Проверка и настройка наклонного пьезоэлектрического преобразователя.</li> <li>3. Ультразвуковой контроль плоских сварных соединений.</li> <li>4. Ультразвуковой контроль сварных соединений трубопроводов.</li> </ol>

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

В процессе самостоятельной работы помимо рекомендованной основной и дополнительной литературы обучающиеся используют презентации лекционного курса.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или её)	Наименование оценочного средства
-------	--	---	----------------------------------

	(результаты по разделам)	части) / и ее формулировка	
<b>Текущий контроль, 3 курс</b>			
1.	Качество продукции и его контроль.	ПК-10, ПК-8, знать, владеть	Контрольная работа
2.	Вихретоковый контроль.	ПК-10, ПК-8, знать, уметь, владеть	Контрольная работа
3.	Радиографический контроль	ПК-10, ПК-8, знать, уметь, владеть	Контрольная работа, отчеты по лабораторным работам
<b>Промежуточный контроль, 3 курс</b>			
	зачет	ПК-10, ПК-8 - знать	Вопросы на зачет
<b>Текущий контроль, 4 курс</b>			
1.	Ультразвуковой контроль	ПК-10, ПК-8, знать, уметь	Отчеты по лабораторным работам
2.	Магнитные методы контроля	ПК-10, ПК-8, знать	Контрольная работа
3.	Капиллярный контроль	ПК-10, ПК-8, знать, уметь, владеть	Контрольная работа
<b>Промежуточный контроль, 4 курс</b>			
	Экзамен, курсовая работа	ПК-10, ПК-8 - знать	Вопросы к экзамену, Курсовая работа
	Всего:		

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **6.2.1. Экзамен**

а) типовые вопросы:

1. Взаимодействие излучения с веществом
2. Источники излучения
3. Спектр излучения
4. Мощность экспозиционной дозы
5. Характеристики радиографической пленки
6. Характеристическая кривая радиографической пленки
7. Выбор типа пленки при радиографическом контроле
8. Параметры качества при радиографическом контроле
9. Эталоны чувствительности при радиографическом контроле
10. Нерезкость радиографического изображения
11. Относительная чувствительность при радиографическом контроле
12. Влияние положения дефекта на выявляемость при радиографическом контроле
13. Разделение области радиографического контроля на участки
14. Определение времени экспозиции
15. Определение коэффициента поглощения
16. Выбор фокусного расстояния
17. Основы ксерорадиографии



18. Основы радиоскопии
19. Основы радиометрии
20. Уравнения электромагнитного поля для проводящей среды
21. Контроль проходным ВТП
22. Зависимость сигнала ВТП от параметров объекта контроля
23. Сигналы проходного ВТП от дефектов
24. Сигналы от дефектов в круговом цилиндре при ВТК
25. Сигналы от поверхностных дефектов при ВТК
26. Контроль накладным ВТП
27. Сигналы накладного ВТП от дефектов
28. Особенности использования накладных ВТП
29. Чувствительность ВТП к различным параметрам объекта контроля
30. Многопараметровый ВТК
31. Амплитудный способ выделения информации при ВТК
32. Фазовый способ выделения информации при ВТК
33. Амплитудно-фазовый способ выделения информации при ВТК
34. Особенности ВТК
35. Области применения ВТК
36. Классификация ВТП
37. Особенности вихретокового контроля ферромагнитных объектов

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
- полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
- ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

Экзаменационный билет содержит 2 вопроса по всем разделам дисциплины. Максимальная оценка за ответ на экзамене равна 40 баллам.

Оценка	Шкала оценивания	Характеристика	Критерии оценки
Отлично	36-40 баллов (90-100%)	Полный ответ на 2 вопроса	Студент должен: - продемонстрировать знание и понимание излагаемого материала; - привести корректные примеры, иллюстрирующие понятия, излагаемые в каждом вопросе
Хорошо	30-35 баллов	Неполный ответ	Студент должен: - продемонстрировать в

	(75-89%)		целом правильное понимание и достаточные знания излагаемого материала; - привести корректные примеры, иллюстрирующие понятия, излагаемые в каждом вопросе
Удовлетворительно	24-29 баллов (60-74%)	Частичный ответ	Студент должен: - продемонстрировать общее понимание теоретического материала; - привести в целом корректный пример хотя бы по одному вопросу
Неудовлетворительно	0-23 баллов (0-59%)	Неудовлетворительный ответ, отсутствие ответа	Студент демонстрирует: - незнание или непонимание основных понятий и определений первого или второго вопросов; - не способен привести корректный пример ни по одному вопросу

### 6.2.2. Зачет

а) типовые вопросы:

1. Основные положения механики упругого состояния для различных сред.
2. Акустические волны в неограниченных средах.
3. Поверхностные, вытекающие и головные акустические волны.
4. Акустические волны в жидких слоях и тонких пластинах.
5. Акустические свойства среды. Упругая анизотропия.
6. Трансформация акустических волн на границе раздела двух сред.
7. Прохождение УЗ через границу двух сред, разделенных тонким слоем.
8. Акустическое поле ПЭП. Диаграмма направленности. АД-диаграммы.
9. Конструкция ПЭП.
10. Выбор параметров ПЭП.
11. Типы ПЭП.
12. Акустические методы контроля.
13. Разработка методики УЗК.
14. Признаки дефектов и их измеряемые характеристики в УЗК. Измерение размеров дефекта и определение его типа.
15. Системы автоматизированного УЗК.
16. Основные магнитные характеристики материалов.
17. Физические основы МПД. Поле рассеяние дефекта.
18. Технология МПД. Чувствительность метода.
19. Физические основы капиллярной дефектоскопии. Основные методы.
20. Преимущества и недостатки капиллярной дефектоскопии.
21. Технология капиллярной дефектоскопии.
22. Методы течеискания.

23.Радиоволновые методы контроля.

24.Оптические методы контроля.

25.Тепловые методы контроля.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
- полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
- ответы на дополнительные вопросы.

### ***6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций***

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	<b>Контрольная точка № 1</b>	14	22
	Контрольная работа	6	10
	Лабораторная работа №1	4	6
	Лабораторная работа №2	4	6
	<b>Контрольная точка № 2</b>	21	33
	Индивидуальное домашнее задание	12	20
	Лабораторная работа №3	4	6
	Лабораторная работа №4	5	7
<b>Промежуточный</b>	<b>Экзамен</b>		

	Экзаменационный билет	25	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100*

\* при наличии бонусных баллов

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце семестра за активную и регулярную работу на занятиях.

По Положению бонус (премиальные баллы) не может превышать 5 баллов.

Штрафы: при несвоевременной сдаче и передаче контрольной работы или домашнего задания максимальная оценка не может превышать 80% от максимально допустимого балла (8 и 16 баллов соответственно).

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2013
2. Кретов Е.Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении – СПб.: СВЕН, 2014
3. Алешин Н.П., Бобров В.Т., Ланге Ю.В., Щербинский В.Г. Ультразвуковой контроль: учеб. пособие / под общ. ред. В.В. Клюева – М.: Издательский дом «Спектр», 2013
4. Артемьев Б.В., Буклей А.А. Радиационный контроль: учеб. пособие / под общ. ред. В.В. Клюева – М.: Издательский дом «Спектр», 2013
5. Трофимов А.И. Пьезоэлектрические преобразователи и фильтрация сигналов в ультразвуковой дефектоскопии : учеб. пособие / А.И. Трофимов, С.И. Минин, М.А. Трофимов. - М.: НИЯУ МИФИ, 2013
6. Маслов Б.Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении : учеб. пособие для студ. вузов. - М.: Академия, 2008
7. Березкин, Е. Ф. Надежность и техническая диагностика систем [Электронный ресурс] [Текст] : учебное пособие / Березкин Е. Ф. - Санкт-Петербург : Лань, 2019. - 260 с. <https://e.lanbook.com/book/115514>

### ***б) дополнительная учебная литература:***

1. Неразрушающий контроль // Под ред. В.В. Сухорукова, в 5 тт. — М.: Высшая школа, 1992
2. Неразрушающий контроль и диагностика // Справочник под ред. В.В. Клюева — М.: Машиностроение, 1995
3. Подсекин А.К. Основы неразрушающих методов контроля сварных соединений АЭС // Учебное пособие. — Обнинск, ИАТЭ, 1990
4. Трофимов А.И. Методы контроля и снятия напряжений в основном металле и сварных соединениях конструкций АЭС : науч. издание / А. И. Трофимов, С. И. Минин, М. А. Трофимов. - М. : Энергоатомиздат, 2005. - 269 с.
5. Трофимов А.И. Ультразвуковой метод снятия остаточных напряжений в

процессе сварки : монография / А. И. Трофимов. - М. : Энергоатомиздат, 2008. - 224 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Вид учебного занятия	Организация деятельности студента
Лекция	Перед лекцией повторить материал прошлой лекции. После лекции просмотреть дополнительные материалы.
Контрольная работа	Ознакомиться со списком вопросов к контрольной, повторить материал. На вопросы контрольной отвечать кратко.
Лабораторные работы	Проработать теоретический материал. Изучить технологию реализации задачи. Выполнить задание.
Подготовка к экзамену	Ознакомиться со списком вопросов. Перед экзаменом повторить материал.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

### ***10.1. Перечень информационных технологий***

В качестве информационных технологий можно указать на использование электронных презентаций при проведении лекционных занятий.

### ***10.2. Перечень программного обеспечения***

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Компьютерный класс с операционной системой Windows, учебный класс с экраном и компьютерным проектором, лаборатория с ультразвуковыми дефектоскопами, оборудованием для проведения расшифровки рентгеновских снимков, оборудованием для проведения капиллярного и визуально-измерительного контроля.

## **12. Иные сведения и (или) материалы**

### ***12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине***

**12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)**

Задания	Самостоятельная работа	Число часов
Проработка лекционного курса	Подготовка к лекциям, просмотр дополнительных материалов.	10
Подготовка к контрольной работе	Изучение лекционного материала, выносимого на контрольную работу.	4
Оформление отчетов и подготовка к сдаче лабораторных работ	Оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и изучение теоретического материала для их успешной сдачи.	8
Подготовка к семинарским занятиям	Изучение лекционного материала по теме практического занятия, а также повторение материала предыдущих семинаров.	8

**12.3. Краткий терминологический словарь**

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего образования НИЯУ МИФИ по направлению подготовки 12.03.01 Приборостроение.

Программу составил:

\_\_\_\_\_ А.В. Нахабов, к.т.н., доцент отделения ЯФиТ(О)

Рецензент:

\_\_\_\_\_ П.А. Белоусов, доцент, к.т.н., доцент отделения ЯФиТ(О)

Программа рассмотрена на заседании отделения ЯФиТ(О)

(протокол №  1  от «  31  »  августа  2019 г.)

Начальник отделения  
ядерной физики и технологий  
\_\_\_\_\_ Д.С. Самохин  
«  31  »  августа  2019 г.