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**

|  |
| --- |
| Утверждено на заседании  УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ  Протокол от 30.08.2021 № 1-8/2021 |

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |
| --- |
| Диагностика оборудования АЭС |
| *название дисциплины* |
|  |
| для направления подготовки |
|  |
| 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика |
| *код и название направления подготовки* |
|  |
|  |
| образовательная программа |
| Монтаж, наладка и ремонт оборудования АЭС |
|  |
|  |
| Форма обучения: очная |

**г. Обнинск 2021 г.**

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

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Коды компетенций | **Результаты освоения ООП**  **Содержание компетенций** | **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине** |
| СПК-2 | Готовность к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов в области проектирования ядерных энергетических установок | Знать: основные понятия о неразрушающих методах контроля.  Уметь: пользоваться технической литературой, выбирать методы неразрушающего контроля, использовать эту информацию для технико-экономического обоснования проектных расчетов.  Владеть: навыками нахождения нормативной технической информации; базовыми навыками проведения технико-экономического обоснования проектных расчетов. |
| СПК-3 | Готовность к выполнению работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов | Знать: основы физических явлений при неразрушающих методах контроля, положенные в основу приборов.  Уметь: выбирать приборы для применения методов контроля и разрабатывать методики неразрушающего контроля конкретных изделий, выполнять работы по стандартизации систем и оборудования.  Владеть: навыками выбора приборов для решения конкретных задач и их применения на практике, навыками подготовки к сертификации систем и оборудования. |

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части и является дисциплиной по выбору.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: математический анализ; общая физика; сварка и сварные конструкции.

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

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Вид работы** | **Форма обучения** (вносятся данные по реализуемым формам) | |
| **Очная** | **Заочная** |
| **Семестр** | **Курс** |
| **№ 7** | **№** |
| **Количество часов на вид работы:** | |
| **Контактная работа обучающихся с преподавателем** |  |  |
| **Аудиторные занятия *(всего)*** | **32** |  |
| В том числе: |  |  |
| *лекции*  *(лекции в интерактивной форме)* | 16 |  |
| *практические занятия*  *(практические занятия в интерактивной форме)* | 16 |  |
| *лабораторные занятия* |  |  |
| **Промежуточная аттестация** |  |  |
| В том числе: |  |  |
| *зачет* | **-** |  |
| *экзамен* | - |  |
| **Самостоятельная работа обучающихся** |  |  |
| **Самостоятельная работа обучающихся *(всего)*** | 76 |  |
| В том числе: |  |  |
| *проработка учебного (теоретического) материала* | 50 |  |
| *подготовка ко всем видам контрольных испытаний текущего контроля успеваемости (в течение семестра)* | 26 |  |
| **Всего (часы):** | **108** |  |
| **Всего (зачетные единицы):** | **3** |  |

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) | | | | | | | | | |
| ная форма обучения | | | | | Заочная форма обучения | | | | |
| Лек | Пр | Лаб | Внеауд | СРО | Лек | Пр | Лаб | Внеауд | СРО |
| **1.** | Введение |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1. | Тема 1. Неразрушающий контроль. Основные понятия. | 2 |  |  |  | 7 |  |  |  |  |  |
| 1.2. | Тема 2. Исторические аспекты развития неразрушающего контроля сварных швов и оборудования АЭС. От ручного режима неразрушающего контроля к автоматизированному контролю. | 2 |  |  |  | 7 |  |  |  |  |  |
| **2.** | **Методы неразрушающего контроля** |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1 | Тема 1. Визуально-измерительный неразрушающий контроль | 2 |  |  |  | 7 |  |  |  |  |  |
| 2.2 | Тема 2. Капиллярный неразрушающий контроль | 2 | 2 |  |  | 9 |  |  |  |  |  |
| 2.3 | Тема 3. Магнитный неразрушающий контроль | 2 | 2 |  |  | 10 |  |  |  |  |  |
| 2.4 | Тема 4. Вихретоковый неразрушающий контроль | 2 | 4 |  |  | 12 |  |  |  |  |  |
| 2.5 | Тема 5. Рентгеновский неразрушающий контроль | 2 | 4 |  |  | 12 |  |  |  |  |  |
| 2.6 | Тема 6. Ультразвуковой неразрушающий контроль | 2 | 4 |  |  | 12 |  |  |  |  |  |
|  | **Итого за семестр:** | 16 | 16 |  |  | 76 |  |  |  |  |  |

*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. | | Введение | |
| **1.1.** | | Тема 1. Неразрушающий контроль. Основные понятия. | Методы неразрушающего контроля. Основные понятия. Приборы неразрушающего контроля. Специальная терминология, применяемая в неразрушающем контроле. |
| **1.2.** | | Тема 2. Исторические аспекты развития неразрушающего контроля сварных швов и оборудования АЭС. От ручного режима неразрушающего контроля к автоматизированному контролю. | Историческое развитие неразрушающего контроля. Аспекты развития. Неразрушающий контроль сварных швов и оборудования АЭС. Производительность и качество контроля. Ручной и автоматизированный контроль. |
| 2. | | Методы неразрушающего контроля | |
| **2.1.** | | Тема 1. Визуально-измерительный неразрушающий контроль | Инструменты. Нормативные документы. |
| **2.2.** | | Тема 2. Капиллярный неразрушающий контроль | Физические основы метода. Материалы для выполнения контроля |
| **2.3.** | | Тема 3. Магнитный неразрушающий контроль | Физические основы метода. Материалы для проведения контроля |
| **2.4.** | | Тема 4. Вихретоковый неразрушающий контроль | Физические основы метода. Приборы. |
| **2.5.** | | Тема 5. Рентгеновский неразрушающий контроль | Физические основы метода. Излучение. Регистрация. Способы просветки. Аппараты контроля |
| **2.6.** | | Тема 6. Ультразвуковой неразрушающий контроль | Физические основы метода. Пьезоэлектрические преобразователи. Дефектоскопы. Методы прозвучивания. Контактные среды. |

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

- Радиографический контроль сварных соединений // В.И. Горбачев, А.П.Семенов. – М.; Из-во «Спутник+» 2009.-486 с.

- Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении //Е.Ф. Кретов. . - М, Из-во «Спутник+» 2014.-312 с.

- Инфракрасная термография и тепловой контроль // В.П. Вавилов. - М, Из-во «Спектр» 2013.-242 с.

- Визуальный и измерительный контроль в документах и фотографиях // А.В. Полупан. –М., Из-во «Спектр» 2013.-108 с.

- Магнитопорошковый контроль изделий// Г.С. Шелехов –М., Из-во «Спектр» 2013.-176 с.

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 (результаты по разделам)** | **Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка** | **Наименование оценочного средства** |
| **Текущий контроль, 1 семестр** | | | |
| 1. | Введение | СПК-2, СПК-3 | Тесты, контрольная работа |
| 2. | Раздел 1 | СПК-2, СПК-3 | Тесты, контрольная работа |
|  | зачет/экзамен |  |  |
| 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 (задания):

1. Назовите основные виды неразрушающих методов контроля
2. Классификация радиационного неразрушающего контроля. Назовите способы регистрации радиационных изображений.
3. Каковы требования, предъявляемые к неразрушающим методам контроля
4. Объясните процесс получения рентгеновского и гамма-излучения.
5. Дайте определения основных критериев эффективности неразрушающих методов контроля
6. В каких материалах могут возникнуть трещины? Назовите основные причины возникновения трещин. Какие виды неразрушающих методов контроля обнаруживают усталостные трещины?
7. Перечислите основные недостатки неразрушающих методов контроля
8. Каким образом материал изделия определяет возможный вид неразрушающих методов контроля
9. Назовите основные дефекты типа нарушения сплошности. Дайте их основные качественные характеристики. Что, на ваш взгляд, является основной причиной возникновения дефектов.
10. В каких материалах могут возникнуть трещины? Назовите основные причины возникновения трещин. Какие виды неразрушающих методов контроля обнаруживают усталостные трещины?
11. Какие виды неразрушающего контроля позволяют обнаружить подповерхностные дефекты в металле
12. Назовите основные преимущества и недостатки визуально-оптических методов контроля
13. Как классифицируются приборы визуально-оптического метода контроля ?
14. Для изделий из каких материалов можно применять магнитные методы неразрушающего контроля. Какие дефекты можно обнаружить этим методом контроля? Назовите основные способы и приемы намагничивания.
15. Чем определяется верхний и нижний порог чувствительности капиллярного метода контроля? Какие дефекты выявляются наиболее полно капиллярным методом контроля?
16. Назовите основные виды регистрации дефектов при магнитном неразрушающем контроле. Каким образом можно сохранить результаты магнитного неразрушающего контроля для последующего анализа?
17. Назовите основные этапы капиллярного неразрушающего контроля.
18. Перечислите основные операции необходимые для магнитного неразрушающего контроля.
19. Перечислите основные приборы, приспособления и материалы, применяемые при капиллярном неразрушающем контроле.
20. От каких факторов зависит глубина проникновения магнитного поля?
21. Назовите основные дефекты типа нарушения сплошности. Дайте их основные качественные характеристики. Что, на ваш взгляд, является основной причиной возникновения дефектов.
22. Объясните процесс получения рентгеновского и гамма-излучения
23. От каких факторов зависит глубина проникновения магнитного поля?
24. Что понимается под видимостью объектов и от каких факторов она зависит?
25. Перечислите основные достоинства и недостатки разрушающих методов контроля
26. Перечислите основные операции необходимые для капиллярного неразрушающего контроля.
27. Физические основы ультразвукового метода контроля. Типы ультразвуковых волн. Распространение ультразвуковых волн в различных средах.
28. Методики ультразвукового контроля.
29. Ультразвуковые преобразователи. Пьезокерамика.
30. Диаграммы направленности. Затухание и рассеивание ультразвуковых волн.
31. Ультразвуковые дефектоскопы и толщиномеры.
32. Контактные среды для ультразвукового контроля.
33. Автоматизированный и ручной ультразвуковой контроль. Обработка информации контроля.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

– уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;

– умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;

– обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

15-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;

- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета;

- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

8-14 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- Сделал все, что требуется для получения оценки высшего балла, однако при этом допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;

- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов

- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач;

- выполнил одну из двух задач в индивидуальной работе.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;

- не умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;

- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

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 один раз в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1).

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вид контроля** | **Этап рейтинговой системы Оценочное средство** | **Балл** | |
| Минимум | Максимум |
| **Текущий** | **КТ №1** | 36 | 60 |
| **Промежуточный** | **Зачет** |  |  |
|  | Список вопросов | 24 | 40 |
|  |  |  |  |
| **ИТОГО по дисциплине** | | 60 | 100 |

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

а) основная учебная литература:

* Неразрушающий контроль и диагностика // Справочник под ред. В.В. Клюева — М.: Машиностроение, 1995
* Методы акустического контроля металлов. // Алешин Н.П. М., Машиностроение, 1989.
* Ультразвуковой контроль. Учебник для специалистов I и II уровней квалификации // Ермолов И.Н., Ермолов М.И. М., Машиностроение, 1989.
* Ультразвуковой контроль сварных соединений.// Щербинский В.Г., Алешин Н.П. М., Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана., 2000.
* Теория и практика радиационного контроля // Клюев В.В., Соснин Ф.Р. Москва, Машиностроение, 1998.
* Радиационная дефектоскопия // Румянцев С.В.. Москва, Атомиздат, 1974.
* Шелихов Г.С. Магнитопорошковая дефектоскопия в рисунках и фотографиях. -Москва.: ДНТЦ «Дефектоскопия», 2002.
* Радиографический контроль сварных соединений // В.И. Горбачев, А.П.Семенов. – М.; Из-во «Спутник+» 2009.-486 с.
* Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении //Е.Ф. Кретов. . - М, Из-во «Спутник+» 2014.-312 с.
* Магнитопорошковый контроль изделий// Г.С. Шелехов –М., Из-во «Спектр» 2013.-176 с.

б) дополнительная учебная литература:

* Неразрушающий контроль // Под ред. В.В. Сухорукова, в 5 тт. — М.: Высшая школа, 1992
* Визуальный и измерительный контроль // Клюев В.В., Соснин Ф.Р., Мужицкий В.Ф. и др. М., РОНКТД, 1998.
* Справочник (в семи томах) Неразрушающий контроль. Том 2. Вихретоковый контроль. // Под общ. редакцией Клюева В.В. М., Машиностроение, 2003.
* Международная инженерная энциклопедия. Неразрушающие методы контроля. // Под ред. В.С. Кершенбаума. М., Машиностроение, 2003.
* Общие вопросы неразрушающего контроля. Технологический справочник.// Составитель В.А. Воронков. М., Машиностроение, 2003 г.
* Журнал “Дефектоскопия”
* Журнал “Контроль и диагностика”
* Журнал “В мире НК”

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

- Российское общество по неразрушающему контролю и диагностике, http://www.ronktd.ru/information-policy/publishing/books/.

- Неразрушающий контроль. Оборудование для дефектоскопии и технической диагностики, http://www.ncontrol.ru/Spravochnaya-literatura.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

|  |  |
| --- | --- |
| Вид учебных занятий | Организация деятельности студента |
| Лекция | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. |
| Практические занятия | При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятий и формулы по темам домашнего задания. Решая упражнения и задачи, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. Решить типовую задачу из данной темы на доске с преподавателем. Написать план решения задач, попробовать на его основе решить 1-2 аналогичные задачи самостоятельно. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задач вопросы преподавателю |
| Контрольная работа | При подготовке к контрольной работе необходимо проработать конспект лекций. Самостоятельно решить типовые задачи из каждой темы. При решении задач необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержании интерпретации. |
| Подготовка к экзамену/зачету | При подготовке к промежуточной аттестации необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины. |

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

Программное обеспечение для редактирования и отображения файлов MS PowerPoint и PDF.

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

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием.

12. Иные сведения и (или) материалы

**Программу составил:**

А.В. Нахабов, к.т.н., доцент

**Рецензент:**

П.А. Белоусов, к.т.н., доцент

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

|  |  |
| --- | --- |
| Программа рассмотрена на заседании отделения ядерной физики и технологий  (протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.) | Руководитель образовательной программы 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика  «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г. \_\_\_\_\_ А.В. Нахабов  Начальник отделения ядерной физики и технологий  «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г. \_\_\_\_\_ Д.С. Самохин |