

Северский технологический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(СТИ НИЯУ МИФИ)

Кафедра «Машины и аппараты химических и атомных производств»

ОДОБРЕНО
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ
протокол № 5 от 28.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

14.04.02 Ядерные физика и технологии

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Ядерные энерготехнологии нового поколения

Форма обучения: очная

| Семестр | Трудоемкость, ЗЕ | Общий объем курса, час. | Лекции, час. | Практические занятия, час. | Лабораторные работы, час. | В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час. | СРС, час. | Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП) |
|---------|------------------|-------------------------|--------------|----------------------------|---------------------------|---|-----------|--|
| 1 | 3 | 108 | 16 | 16 | 16 | 24 | 60 | Зач. |
| Итого | 3 | 108 | 16 | 16 | 16 | 24 | 60 | |

Аннотация

Рабочая программа дисциплины «Конструкционные материалы для ядерных реакторов» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 14.04.02 «Ядерная физика и технологии», образовательной программы «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

1) знать:

3.1 основные типы, классы и группы материалов, их составы и свойства (конструкционные материалы, материалы защиты);

3.2 механизмы фазовых превращений, основные методы термической и термомеханической обработки, проблемы коррозионной стойкости и совместимости, а также пути их решения;

3.3 поведение различных материалов ядерных реакторов и энергетических установок, в условиях воздействия ионизирующих излучений и сложных температурных полей;

3.4 проблемы снятия с эксплуатации ядерных энергетических установок и их связь с материальным составом и конструкторскими решениями конкретной энергетической установки;

3.5 свойства и области применения инструментальных, конструкционных, специальных сталей, цветных металлов, сплавов и наноматериалов на их основе.

2) уметь:

У.1 пользоваться научно-технической терминологией;

У.2 использовать полученные знания для рационального выбора материалов в профессиональной деятельности;

У.3 использовать полученные знания для анализа проблем, возникающих в связи с применением конкретных материалов;

У.4 использовать полученные знания для рационального изменения структуры материалов с целью улучшения комплекса служебных характеристик.

У.5 работать с технической литературой, научно-техническими отчётами, справочниками и другими информационными источниками.

3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:

В.1 использования основных физико-химических методов исследования строения, свойств материалов, а также методами выбора материалов для деталей и узлов конкретного назначения.

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями освоения дисциплины «Конструкционные материалы для ядерных реакторов» являются:

умение рационального выбора материалов в профессиональной деятельности, выработка способности анализировать проблемы, возникающие в связи с применением конкретных материалов, изучение возможностей рационального изменения структуры материалов с целью улучшения комплекса служебных характеристик.

Основными задачами дисциплины являются:

- освоение теоретических, инженерных, технологических и методологических основ оптимизации выбора конструкционных материалов и разработки конструкций ТВЭЛ и ТВС ядерных реакторов в контексте комплексного подхода к проблемам ЯТЦ в целом;

- проработка наиболее общих, сложных и фундаментальных разделов дисциплины, владение которыми позволяет решать научно-технические задачи, связанные с вопросами выбора, оптимизации и технического воплощения как имеющихся, так и вновь создаваемых в научной и производственной сферах деятельности;

- реализация промежуточного и итогового контролей с использованием вопросов и задач, позволяющих магистру применить на практике необходимые знания и умения.

2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Конструкционные материалы для ядерных реакторов» (Б1.В.ДВ.4.2) - Профессиональный модуль образовательной программы.

3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|---|--|--|---|
| тип задач профессиональной деятельности: экспертный | | | |
| анализ технологий получения новых видов топлива и материалов для ядерной энергетики | ядерные энерготехнологии нового поколения на базе реакторов на быстрых нейтронах (БН, БРЕСТ) с замкнутым ядерным топливным циклом для атомных электростанций, обеспечивающих потребности страны в энергоресурсах и повышение эффективности использования природного урана и отработавшего ядерного топлива | ПК-12 Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение | З-ПК-12 Знать основные критерии оценки предлагаемого решения или проекта по отношению к современному мировому уровню У-ПК-12 Уметь оценивать предлагаемые решения на соответствие современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение В-ПК-12 Владеть навыками подготовки экспертных заключений по предлагаемым проектам |
| анализ технологий получения новых видов топлива и материалов для ядерной энергетики | ядерные энерготехнологии нового поколения на базе реакторов на быстрых нейтронах (БН, БРЕСТ) с | ПК-24.3 Способен анализировать и выбирать критерии безопасной работы, применять методы обоснования безопасности для количественных оценок риска и эффективности | З-ПК-24.3 Знать критерии безопасной работы ядерных реакторов нового поколения У-ПК-24.3 Уметь выбирать критерии безопасной работы и функционирования ядерных реакторов нового поколения |

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД) | Объект или область знания | Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта) | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции |
|--|---|--|--|
| | замкнутым ядерным топливным циклом для атомных электростанций, обеспечивающих потребности страны в энергоресурсах и повышение эффективности использования природного урана и отработавшего ядерного топлива | функционирования ядерных реакторов нового поколения | В-ПК-24.3 Владеть методикой количественных оценок риска и эффективности функционирования ядерных реакторов нового поколения |

4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Формирование воспитательного потенциала по данным образовательным программам не предусмотрено рабочей программой воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ».

5 Структура и содержание учебной дисциплины

5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 14.04.02 «Ядерные физика и технологии», образовательной программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в зачетных единицах – **3, 108 час.**, обучение по дисциплине проходит в семестре **1**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

- **раздел 1** – «Модуль 1. Конструкционные материалы на основе легких металлов»
- **раздел 2** – «Модуль 2. Конструкционные материалы на основе циркония»
- **раздел 3** – «Модуль 3. Конструкционные материалы на основе на основе железа»
- **раздел 4** – «Модуль 4. Конструкционные, инструментальные и специальные стали»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

| № | Наименование раздела | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час | | | | Аттестационные мероприятия | | Макс. балл за раздел |
|------------------------------|---|---|----------------|---------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | | Лекции | Практ. занятия | Лабор. работы | Самост. работа | Текущий контроль (нед/форма) | Аттестация раздела (нед/форма) | |
| 1 семестр (18 недель) | | | | | | | | |
| 1 | Модуль 1. Конструкционные материалы на основе легких металлов | 4 | 4 | 4 | 14 | 2/ЛР1, 4/ЛР2, 3/КИ1 | | 23 |
| 2 | Модуль 2. Конструкционные материалы на основе циркония | 4 | 4 | 8 | 16 | 8/ЛР3, 12/ЛР4 | | 20 |
| 3 | Модуль 3. Конструкционные материалы на основе на основе железа | 6 | 6 | 4 | 18 | 16/ЛР5, 9/КИ2 | | 13 |
| 4 | Модуль 4. Конструкционные, инструментальные и специальные стали | 2 | 2 | | 12 | 15/КИ3 | | 4 |
| | Зачет | | | | | | | 40 |
| Итого за 1 семестр: | | 16 | 16 | 16 | 60 | | | 100 |

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

| Код и наименование индикатора достижения компетенции | Номера разделов | Аттестационные мероприятия |
|---|-----------------|--|
| – Знать основные критерии оценки предлагаемого решения или проекта по отношению к современному мировому уровню (З-ПК-12) | 1, 2, 3, 4 | КИ1, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |
| – Уметь оценивать предлагаемые решения на соответствие современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение (У-ПК-12) | 1, 2, 3, 4 | ЛР1, ЛР2, КИ1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |
| – Владеть навыками подготовки экспертных заключений по предлагаемым проектам (В-ПК-12) | 1, 2, 3 | ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ЛР5, Зачет (1 сем.) |
| – Знать критерии безопасной работы ядерных реакторов нового поколения (З-ПК-24.3) | 1, 2, 3, 4 | КИ1, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |

| | | |
|--|------------|--|
| – Уметь выбирать критерии безопасной работы и функционирования ядерных реакторов нового поколения (У-ПК-24.3) | 1, 2, 3, 4 | ЛР1, ЛР2, КИ1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |
| – Владеть методикой количественных оценок риска и эффективности функционирования ядерных реакторов нового поколения (В-ПК-24.3) | 1, 2, 3 | ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР5, Зачет (1 сем.) |

5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

| Содержание разделов / тематика разделов | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|--|-------------------------------------|
| Раздел 1 Модуль 1. Конструкционные материалы на основе легких металлов | |
| 1.1 Алюминий и его сплавы. Влияние легирования на структуру и механические свойства алюминия. Металлокерамические алюминиевые материалы. Влияние легирования на коррозионную стойкость алюминия. Применение алюминиевых сплавов. | 2 |
| 1.2 Титан и его сплавы. Свойства титана. Взаимодействие титана с легирующими элементами. Классификация и структура сплавов титана. Термическая обработка и фазовый состав титановых сплавов. Коррозионная стойкость сплавов титана. Промышленные сплавы титана и их применение | 2 |
| <i>Итого по разделу 1:</i> | 4 |
| Раздел 2 Модуль 2. Конструкционные материалы на основе циркония | |
| 2.1 Сплавы на основе циркония в ядерной энергетике. Свойства циркония. Влияние легирования на структуру, механические свойства и жаропрочность циркония. Коррозионная стойкость циркония и его сплавов. Взаимодействие циркония и его сплавов с водородом. Коррозионное растрескивание под напряжением. Радиационная стойкость циркония и его сплавов | 4 |
| <i>Итого по разделу 2:</i> | 4 |
| Раздел 3 Модуль 3. Конструкционные материалы на основе на основе железа | |
| 3.1 Классификация и маркировка сталей. Способы классификации конструкционных сталей. Стали обыкновенного качества. Углеродистые качественные конструкционные стали. Легированные конструкционные стали | 2 |
| 3.2 Хромистые стали. Сплавы системы Fe–Cr. Влияние легирования на структуру и свойства хромистых сталей. Коррозионная стойкость хромистых сталей. Применение хромистых сталей в ядерных реакторах. | 3 |
| 3.3 Жаропрочные коррозионно-стойкие стали аустенитного класса. Влияние легирования на структуру и свойства аустенитных сталей. Стали с карбидным упрочнением. Стали с интерметаллидным упрочнением. Коррозионная стойкость аустенитных сталей. Применение аустенитных коррозионно-стойких сталей в ЯЭУ. | 1 |
| <i>Итого по разделу 3:</i> | 6 |

| Содержание разделов / тематика разделов | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|--|-------------------------------------|
| Раздел 4 Модуль 4. Конструкционные, инструментальные и специальные стали | |
| 4.1 Влияние легирующих элементов на структуру и свойства никелевых сплавов. | 2 |
| <i>Итого по разделу 4:</i> | 2 |
| Всего по теоретическому разделу дисциплины: | 16 |

5.3 Содержание лабораторного практикума

В таблице 4 представлено содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины.

Таблица 4 – Содержание и трудоемкость лабораторного практикума дисциплины

| Перечень лабораторных работ по разделам и их содержание | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|--|-------------------------------------|
| Раздел 1 Модуль 1. Конструкционные материалы на основе легких металлов | |
| 1.1 Анализ структуры и механических свойств прутков из титанового сплава BT16. | 2 |
| 1.2 Исследования структуры материала твэльных труб из сплава Э110. | 2 |
| <i>Итого по разделу 1:</i> | 4 |
| Раздел 2 Модуль 2. Конструкционные материалы на основе циркония | |
| 2.1 Комплексный структурный анализ микровыделений в сплаве Циркалой 4, выплавленном на основе шихты различного состава. | 4 |
| 2.2 Исследования структуры материала твэльных труб из сплава Э110. | 4 |
| <i>Итого по разделу 2:</i> | 8 |
| Раздел 3 Модуль 3. Конструкционные материалы на основе на основе железа | |
| 3.1 Исследования микроструктуры трубы из стали 08X14МФ . | 4 |
| <i>Итого по разделу 3:</i> | 4 |
| Всего по лабораторному практикуму дисциплины: | 16 |

5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

| Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
|--|-------------------------------------|
| Раздел 1 Модуль 1. Конструкционные материалы на основе легких металлов | |
| 1.1 Алюминий и его сплавы. Системы на основе Al. Металлокерамические алюминиевые материалы | 2 |
| 1.2 Титан и его сплавы. Сплавы с α-структурой. Сплавы с β-структурой. Двухфазные ($\alpha + \beta$)-сплавы титана | 2 |

| | |
|--|-------------------------------------|
| Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание | Трудоемкость разделов/тем, ауд. час |
| <i>Итого по разделу 1:</i> | |
| <i>4</i> | |
| Раздел 2 Модуль 2. Конструкционные материалы на основе циркония | |
| 2.1 Сплавы на основе циркония в ядерной энергетике. | 4 |
| <i>Итого по разделу 2:</i> | |
| <i>4</i> | |
| Раздел 3 Модуль 3. Конструкционные материалы на основе на основе железа | |
| 3.1 Классификация и маркировка сталей. Железо и взаимодействие его с другими элементами | 2 |
| 3.2 Хромистые стали. Сплавы системы Fe–Cr. | 2 |
| 3.3 Жаропрочные коррозионно-стойкие стали аустенитного класса. Сплавы систем Fe–Cr–Ni и Fe–Cr–Mn. | 2 |
| <i>Итого по разделу 3:</i> | |
| <i>6</i> | |
| Раздел 4 Модуль 4. Конструкционные, инструментальные и специальные стали | |
| 4.1 Влияние легирующих элементов на структуру и свойства никелевых сплавов. Диаграммы состояния Ni–Cr, Ni–Ti, Ni–Al (типичные сплавы на их основе). | 2 |
| <i>Итого по разделу 4:</i> | |
| <i>2</i> | |
| Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины: | |
| 16 | |

5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Методы проблемного обучения, Обучение на основе опыта.

При проведении лабораторных работ используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Поисковый метод.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Проектный метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: IT-методы, Опережающая самостоятельная работа.

Общее число часов занятий, проводимых в интерактивной форме – 24 час.

7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

| Компетенция | Индикаторы освоения | Аттестационные мероприятия |
|-------------|---------------------|--|
| ПК-12 | З-ПК-12 | КИ1, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |
| ПК-12 | У-ПК-12 | ЛР1, ЛР2, КИ1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |

| | | |
|---------|-----------|--|
| ПК-12 | В-ПК-12 | ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР4, ЛР5, Зачет (1 сем.) |
| ПК-24.3 | З-ПК-24.3 | КИ1, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |
| ПК-24.3 | У-ПК-24.3 | ЛР1, ЛР2, КИ1, ЛР3, ЛР4, ЛР5, КИ2, КИ3, Зачет (1 сем.) |
| ПК-24.3 | В-ПК-24.3 | ЛР1, ЛР2, ЛР3, ЛР5, Зачет (1 сем.) |

Шкалы оценки образовательных достижений. Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Зачета.

Аттестация в 1 семестре:

| Вид контроля | Наименование видов контроля | Максимальная положительная оценка в баллах | Минимальная положительная оценка в баллах |
|---------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Текущая аттестация | | | |
| ЛР1 | Лабораторная работа | 10 | 6 |
| ЛР2 | Лабораторная работа | 10 | 6 |
| КИ1 | Контроль по итогам | 3 | 1.8 |
| ЛР3 | Лабораторная работа | 10 | 6 |
| ЛР4 | Лабораторная работа | 10 | 6 |
| ЛР5 | Лабораторная работа | 10 | 6 |
| КИ2 | Контроль по итогам | 3 | 1.8 |
| КИ3 | Контроль по итогам | 4 | 2.4 |
| Сумма: | | 60 | 36 |
| Промежуточная аттестация | | | |
| Зачет | | 40 | 24 |
| Итого: | | 100 | 60 |

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| | | | | | | | |
|------------------------------|----------------|---------------|-------|-------|----------------------------|-------|-----------------------------|
| Сумма баллов по дисциплине | 100–90 | 89–85 | 84–75 | 74–70 | 69–65 | 64–60 | ниже 60 |
| Оценка (ECTS) | A | B | C | D | | E | F |
| Оценка по 4-х балльной шкале | отлично (отл.) | хорошо (хор.) | | | удовлетворительно (удовл.) | | неудовлетворительно (неуд.) |
| Зачет | Зачтено | | | | | | Не зачтено |

Оценка «*отлично*» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка «*хорошо*» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка «*удовлетворительно*» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно

правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы для Зачета (1 семестр):

- 1 Дайте характеристику растворимости химических элементов в алюминии.
- 2 Назовите основные легирующие элементы для создания прочных алюминиевых сплавов.
- 3 Дайте характеристику видов упрочнения на основе легирования алюминия.
- 4 Назовите вредные примеси в алюминии с точки зрения механических свойств.
- 5 Дайте характеристику сплавов типа дюралюминий.
- 6 Дайте характеристику оксидной пленке на Al как защите металла от коррозии.
- 7 Опишите особенности коррозии Al в воде при температуре выше 100°C.
- 8 Назовите принципы легирования с целью повышения коррозионной стойкости Al в воде при повышенных температурах.
- 9 Назовите меры борьбы с интеркристаллической коррозией Al в воде.
- 10 Дайте характеристику свойств сплавов Al, применяемых в ЯЭУ.
- 11 Дайте характеристику радиационной стойкости сплавов Al, их совместимости с топливом и другими конструкционными материалами.
- 12 Назовите достоинства и недостатки титана.
- 13 Каковы особенности пластической деформации титана?
- 14 Дайте характеристику титану как основе для создания жаропрочных сплавов.
- 15 Дайте обоснование и назовите основные легирующие элементы титана при разработке прочных сплавов на его основе.
- 16 Назовите вредные примеси и дайте характеристику их взаимодействия с титаном.
- 17 Дайте характеристику классификации сплавов титана в зависимости от их фазового состояния.
- 18 Дайте характеристику мартенситного превращения в титановых сплавах.
- 19 Назовите пути упрочнения β -сплавов титана.
- 20 Дайте характеристику коррозионной стойкости Ti в различных средах.
- 21 Дайте характеристику коррозионного растрескивания сплавов титана.
- 22 Назовите основные причины водородного охрупчивания сплавов титана.
- 23 Дайте характеристику технологических свойств сплавов титана.
- 24 Назовите основные причины и степень радиационного охрупчивания и набухания сплавов титана.
- 25 Назовите области применения сплавов титана.
- 26 Какова роль текстуры в обеспечении высокой коррозионной стойкости циркониевых сплавов? Каковы механизмы ее влияния на прочность оксидной пленки?
- 27 Как влияет облучение на коррозионную стойкость циркониевых сплавов, каковы предполагаемые механизмы такого влияния?
- 28 Что такое нодулярная коррозия? Каковы механизмы ее проявления?
- 29 Как влияет ориентация гидридов на охрупчивание изделий из циркониевых сплавов? Что такое показатель ориентации гидридов?
- 30 Что такое «замедленное гидридное растрескивание», каковы причины и последствия его проявления?
- 31 Каковы особенности взаимодействия Zr с топливом и осколками деления? Какие продукты деления наиболее опасны с точки зрения охрупчивания циркониевых оболочек ТВЭЛов и почему?

- 32 Чем вызвано коррозионное растрескивание под напряжением циркониевых сплавов? Как влияет состав и состояние сплава на проявление этого явления?
- 33 Какие способы используют для борьбы против коррозионного растрескивания циркониевых оболочек?
- 34 Как влияет облучение на механические свойства циркония? Что такое радиационно-водородное охрупчивание?
- 35 Какие критерии сопротивления хрупкому разрушению используют? Дайте их характеристики.
- 36 Каковы механизмы радиационного формоизменения циркониевых сплавов?
- 37 Перечислите механизмы радиационной ползучести циркония и дайте их характеристику.
- 38 Как зависит радиационный рост от химического состава циркониевых сплавов?
- 39 Дайте характеристику кристаллической структуры и свойств железа?
- 40 Назовите условия выбора основных и вспомогательных легирующих элементов в железе. По каким критериям элемент причисляется к вредным примесям? Приведите примеры.
- 41 Какая сталь называется углеродистой?
- 42 Как выбираются легирующие комплексы при создании жаропрочных сталей? Назовите основные легирующие комплексы, применяемые в сталях.
- 43 Назовите способы классификации конструкционных сталей. Дайте классификацию сталей по равновесной структуре и по структуре, получаемой при охлаждении на воздухе.
- 44 Дайте классификацию сталей по химическому составу и по качеству.
- 45 Расшифруйте принципы маркировки отечественных легированных конструкционных сталей. Какие элементы, и в каком количестве содержатся в сталях: 15X2НМФАА, 10X13М2БФР, 12X18Н12Т, 04X15Н35М2БТЮР?
- 46 Какие карбиды имеют структуру фаз внедрения? Каков критерий возможности образования фаз внедрения? Дайте классификацию карбидов в легированных сталях.
- 47 Перечислите типы основных упрочняющих фаз в стали. Назовите их достоинства, недостатки и эффективность.
- 48 Назовите основные виды термических обработок сталей и их применение.
- 49 От чего зависит температура закалки, и какие процессы при этом происходят?
- 50 Какова роль углерода в хромистых сталях? Предскажите структуру сталей 05X13, 12X13, 25X13 и 40X13 в равновесном состоянии.
- 51 Какие примеси в теплоносителях оказывают отрицательное влияние на коррозионную стойкость аустенитных сталей? Каковы механизмы такого влияния?
- 52 Что такое межкристаллитная коррозия? В чем причина подверженности аустенитных коррозионно-стойких сталей межкристаллитной коррозии? При каких температурах она проявляется?
- 53 Назовите основные пути повышения стойкости аустенитных коррозионно-стойких сталей против межкристаллитной коррозии. Какие легирующие элементы наиболее эффективны в подавлении этого вида коррозии аустенитных сталей?
- 54 В чем смысл стабилизирующего отжига в подавлении межкристаллитной коррозии аустенитных сталей? Какие режимы отжига при этом используют?
- 55 Что такое коррозионное растрескивание аустенитных сталей, при каких условиях проявляется? В каких средах, и по какой причине оно наиболее интенсивно протекает?
- 56 Назовите пути повышения сопротивляемости аустенитных сталей коррозионному растрескиванию.
- 57 К каким последствиям может привести протекание межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания оболочки твэлов, сделанной из аустенитной коррозионно-стойкой стали?

58 Каковы причины науглероживания аустенитных коррозионностойких сталей в жидкометаллических теплоносителях?

59 Обоснуйте выбор основных легирующих элементов с точки зрения создания основы для жаропрочного никелевого сплава. Приведите примеры.

60 Чем вызвана высокая жаростойкость и коррозионная стойкость в пароводяных и жидкометаллических средах никелевых сплавов? Укажите температурные интервалы применимости никелевых сплавов в различных теплоносителях.

61 Как влияет нейтронное облучение на структуру, механические свойства и жаропрочность никелевых сплавов?

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

8.1 Основная литература

Л1.1 Физическое материаловедение: в 7 томах / Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ" ; под ред. Б. А. Калина - М.: Изд-во НИЯУ МИФИ, 2012Т. 6: Конструкционные материалы ядерной техники: Т. 6: Конструкционные материалы ядерной техники / Б. А. Калинин [и др.] - 733, [1] с.

8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Жиганов А. Н. Технология диоксида урана для керамического ядерного топлива: учебное пособие для вузов / А. Н. Жиганов, В. В. Гусев, Г. Г. Андреев - Томск: STT, 2002 - 328 с.

Л2.2 Макаров Ф. В. Изучение микроструктур и свойств цветных сплавов [Электронный ресурс]: руководство к лабораторной работе / Ф. В. Макаров; Федеральное агентство по образованию, Северский технологический институт - филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего проф. образования НИЯУ МИФИ - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010 - 31 с.

Л2.3 Макаров Ф. В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Микроанализ материалов и сплавов [Электронный ресурс]: практическое руководство / Ф. В. Макаров - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2010 - 15 с.

8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 <http://naukaran.ru> – сборник статей по материаловедению;

Э2 <http://bibliofond.ru/> - лекции по материаловедению;

Э3 <http://lomonosov-fund.ru> - лекции по материаловедению;

Э4 <http://nanometer.ru> – открытый видеоархив лекций;

Э5 <http://library.mephi.ru> - Распределенный сводный каталог библиотек институтов НИЯУ МИФИ;

Э6 <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - это крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.

9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

Лекции. Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: помечать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

Практические занятия. Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.

На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При обсуждении основных положений и выводов, объяснении явлений и фактов, ответа на поставленные вопросы:

1) вырабатываются умения и навыки использовать приобретенные знания для различного рода профессиональной деятельности;

2) выступление должно строиться свободно, убедительно и аргументированно и не должно сводиться к простому воспроизведению текста, не допускается и простое чтение конспекта. Необходимо, чтобы выступающий проявлял собственное отношение к тому, о чем он говорит, высказывал свое личное мнение, понимание, обосновывал его и мог сделать правильные выводы из сказанного. При этом студент может обращаться к записям конспекта и лекций, непосредственно к первоисточникам, использовать факты и наблюдения современной жизни и т. д.

Лабораторные работы. Подготовка к лабораторной работе включает в себя работу с конспектом лекций, рекомендуемой литературой, подготовку ответов к контрольным вопросам для допуска к выполнению лабораторной работы, написание отчета.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях института.

Прежде чем начать занятия в данной лаборатории студент знакомится с правилами техники безопасности, о чем расписывается в журнале. В лабораториях кафедры запрещается находиться в верхней одежде. На рабочем столе должно находиться только необходимое оборудование и приборы для записей и расчетов. Запрещается класть на рабочий стол сумки, пакеты, шапки и другие посторонние предметы. Студент приступает к выполнению лабораторной работы только после ознакомления с описанием работы и подготовки к ней. Запрещается включать какие-либо приборы или без предварительной проверки их преподавателем или лаборантом. После окончания работы студент должен сдать лаборанту выданные принадлежности, привести в порядок рабочее место, получить отметку в журнале о выполнении работы, предъявив для этого полученные результаты преподавателю.

Не начинайте выполнение опыта пока не уясните себе полностью его цель, метод и не составите план проведения опыта. Так как время проведения опыта ограничено учебными часами, отведенными на него, то всю подготовку необходимо провести самостоятельно до занятий.

Для записи результатов измерения в отчете должны быть заранее подготовлены таблицы, включающие как сами измерения, так и их погрешности.

К следующему занятию студент готовит очередную работу и предъявляет отчет о работе, выполненной на предыдущем занятии. Работа считается окончательно сданной после защиты отчета. Студент должен оформить отчет по прилагаемой форме:

- 1) название работы;
- 2) цель работы;
- 3) краткие сведения из теории, схема установки и основные рабочие формулы;
- 4) результаты измерений, представленные в виде таблиц и графиков;
- 5) расчет искомой величины и ее значение;
- 6) расчет ошибки измерения;
- 7) окончательный результат, полученный после округления, с указанием абсолютной и относительной ошибок измерения;
- 8) выводы, заключение о достижении цели, поставленной данной работой, с анализом полученного результата.

Промежуточная аттестация. Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей

На лекционных, практических, лабораторных занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Подготовка к лабораторным работам
- Оформление отчетов по лабораторным работам
- Подготовка к практическим занятиям, семинарам
- Самостоятельное изучение тем (вопросов) теоретической части курса
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (1 семестр)

В течение 1 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

Автор(ы): Г.В. Шляхова