

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 12:14:45

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Металловедение реакторных материалов

Закреплена за подразделением

Кафедра металловедения и физики прочности

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 11

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

часов на контроль

36

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	11 (6.1)		Итого	
	Неделя			
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*ктн, доцент, Ли Э.В.*

Рабочая программа

**Металловедение реакторных материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра металловедения и физики прочности**

Протокол от 22.05.2023 г., №11

Руководитель подразделения Никулин С.А.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель – получение студентами фундаментальных знаний по металловедению конструкционных материалов для ядерной энергетики, их назначению, получению, свойствам и применению.
1.2	Задачи дисциплины - научить:
1.3	1) выбирать материал и способ его обработки для применения в ядерных энергетических установках;
1.4	2) анализировать структурно-фазовое состояние реакторных материалов и его соответствие конкретным условиям эксплуатации в различных типах ядерных энергетических установок;
1.5	3) управлять свойствами реакторных материалов через их состав, структуру и обработку для различных узлов ядерных энергетических установок.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.38
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Высокотемпературные и сверхтвердые покрытия	
2.1.2	Дифракционные и микроскопические методы	
2.1.3	Дифракционные методы исследования неупорядоченных структур	
2.1.4	Кристаллы в квантовой электронике	
2.1.5	Магнитомягкие материалы: технологии получения и обработки	
2.1.6	Неразрушающий контроль и методы диагностики материалов	
2.1.7	Огнеупорные материалы	
2.1.8	Оптические элементы лазерных систем	
2.1.9	Основы физической, биоорганической и коллоидной химии	
2.1.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.11	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.12	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.13	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.14	Углеродные, углерод-углеродные и углерод-карбидокремниевые материалы	
2.1.15	Управление качеством материалов и экспертиза металлопродукции	
2.1.16	Фазовые превращения при получении металлов и соединений	
2.1.17	Введение в органическую электронику	
2.1.18	Высокотемпературные материалы	
2.1.19	Инструментальные стали	
2.1.20	Компьютерное моделирование материалов и процессов	
2.1.21	Математические методы моделирования физических процессов	
2.1.22	Металловедение сварки	
2.1.23	Наноструктурные термоэлектрики	
2.1.24	Проблемы нанотехнологий	
2.1.25	Структура и свойства функциональных наноматериалов	
2.1.26	Технология термической обработки	
2.1.27	Физика дифракции	
2.1.28	Функциональные материалы электроники	
2.1.29	Материалы для биомедицины	
2.1.30	Междисциплинарные задачи материаловедения	
2.1.31	Методы испытания магнитных материалов	
2.1.32	Мехатроника	
2.1.33	Наноматериалы в современной твердотельной электронике	
2.1.34	Порошковая металлургия и процессы обработки материалов	
2.1.35	Спектрофотометрические методы оценки качества кристаллов	
2.1.36	Физика и техника высоких давлений	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.5	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-5: Способен осуществлять и обосновывать рациональный выбор материалов и технологических процессов при разработке технологии производства материалов различного назначения**

**Знать:**

ПК-5-33 закономерности структурообразования, фазовые превращения в материалах, влияние структурных характеристик на свойства материалов

ПК-5-34 основные виды и режимы термической, химико-термической и термомеханической обработок

ПК-5-31 классификацию основных типов ЯЭУ

ПК-5-32 основные классы современных материалов, их свойства и области применения принципы выбора материалов, основные технологические процессы производства и обработки материалов, особенности этапов жизненного цикла материалов и изделий из них

**Уметь:**

ПК-5-У1 Выбирать конструкционные материалы для определенных узлов ЯЭУ, в том числе с использованием информационных технологий

**Владеть:**

ПК-5-В1 навыками составления отчета

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Ядерные энергетические установки. Легкие сплавы.</b>							
1.1	Ядерные энергетические установки, их классификация. Условия работы конструкционных материалов в ЯЭУ, критерии выбора и требования к свойствам конструкционных материалов /Лек/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2			
1.2	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32	Л1.1 Л1.2 Э4			
1.3	Физико-химические основы создания структурно-стабильных материалов. /Лек/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.2 Л1.1			
1.4	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.2 Л1.1 Э4			
1.5	Преимущества и недостатки разных типов реакторов /Пр/	11	2	ПК-5-31	Л1.3 Л1.1 Л1.4 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.1 Л1.7			P2

1.6	Алюминий и его сплавы. Магний, бериллий и их сплавы /Лек/	11	1	ПК-5-32	Л1.4 Л1.1Л1.1 Л1.1			
1.7	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32	Л1.4 Л1.1Л1.1 Э4			
1.8	Основные сферы применения легких сплавов в реакторах /Пр/	11	2	ПК-5-У1	Л1.3 Л1.4			Р3
1.9	Контрольная работа №1 /Пр/	11	2	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л1.1 Л2.7 Л1.1 Л1.1 Л1.1		КМ1	
1.10	Работа над ошибками (КР №1) /Пр/	11	1	ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.1Л2.1 Л2.2			
	<b>Раздел 2. Жаропрочные материалы</b>							
2.1	Классификация сталей. Теплоустойчивые и жаропрочные стали /Лек/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.3Л1.1			
2.2	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.3Л1.1 Э4			
2.3	Термическая обработка сталей перлитного класса /Пр/	11	2	ПК-5-34	Л1.1			Р4
2.4	Хромистые стали. Мартенситно-старяющие стали /Лек/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.3Л1.1			
2.5	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34	Л1.3Л1.1 Э4			
2.6	Жаропрочные коррозионно-стойкие стали аустенитного класса. Типы упрочнения сталей аустенитного класса /Пр/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.3Л1.1			
2.7	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.3Л1.1 Э4			
2.8	Коррозионная стойкость аустенитных сталей /Пр/	11	2	ПК-5-33	Л1.3Л1.1			
2.9	Жаропрочные никелевые сплавы /Пр/	11	3	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.4 Л1.1			
2.10	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.4 Л1.1 Э4			
2.11	Термическая обработка никелевых сплавов /Пр/	11	2	ПК-5-34	Л1.4			Р6
2.12	Контрольная работа №2 /Пр/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34	Л1.3 Л1.1 Л1.4		КМ2	
2.13	Работа над ошибками (КР №2) /Пр/	11	1	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-34	Л1.3 Л1.1			
	<b>Раздел 3. Цирконий, титан и тугоплавкие металлы</b>							

3.1	Титан и его сплавы /Лек/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.4Л1.1			
3.2	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.4Л1.1 Л1.1 Э4			
3.3	Цирконий и его сплавы /Лек/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.3 Л1.4Л1.1 Л1.1 Л2.14			
3.4	Применение сплавов циркония в реакторах /Пр/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.4Л1.1			Р7
3.5	Коррозионная и радиационная стойкость сплавов циркония /Пр/	11	2	ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.4 Л1.1 Л2.14			
3.6	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.4 Л1.1 Л2.14 Э4			
3.7	Тугоплавкие металлы с ОЦК-решеткой. Сплавы на основе ванадия, ниобия, тантала /Лек/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.4Л2.15			
3.8	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.4Л2.15 Э4			
3.9	Сплавы на основе хрома, молибдена, вольфрама /Лек/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.1 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.8			
3.10	Окисление тугоплавких ОЦК металлов /Пр/	11	2	ПК-5-33	Л1.5 Л1.6Л2.8			
3.11	Освоение материала лекции, в том числе с использованием Канвас /Ср/	11	3	ПК-5-32 ПК-5-33	Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.8 Л2.9 Л2.13 Э4			
3.12	Применение тугоплавких металлов в реакторах /Пр/	11	3	ПК-5-У1 ПК-5-32	Л1.5Л2.13			
3.13	Контрольная работа №3 /Пр/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.1 Л1.4 Л1.5 Л2.7 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.8 Л2.13		КМ3	
3.14	Работа над ошибками (КР №3) /Пр/	11	2	ПК-5-32 ПК-5-33 ПК-5-У1	Л1.3 Л1.1 Л1.5 Л1.6Л2.1 Л2.2 Л2.5 Л2.8 Л2.13 Л2.14 Л2.15			
3.15	Выполнение курсовой работы /Ср/	11	70	ПК-5-31 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-5-32 ПК-5-34 ПК-5-33	Л1.1 Л1.3 Л1.1 Л1.4 Э1 Э2 Э3 Э4			Р1

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Контрольная работа №1	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34	<p>1-1 Дайте классификацию ядерных энергетических реакторов по спектру нейтронов, по распределению нейтронов в активной зоне, по применяемому ядерному топливу, по виду замедлителя, по виду теплоносителя, по конструктивным особенностям.</p> <p>1-2 Дайте определение коэффициента размножения нейтронов и реактивности ядерного реактора.</p> <p>1-3 Какими основными группами свойств должен обладать конструкционный материал ЯЭУ?</p> <p>1-4 Назовите наиболее напряженные конструктивные элементы ядерного энергетического реактора. Назовите основные факторы, влияющие на условия их работы.</p> <p>1-5 Опишите принцип работы реактора ВВЭР.</p> <p>2-1 В каких случаях влияние легирующего элемента на прочность основы сплава может быть усилено путем термической обработки?</p> <p>2-2 Опишите влияние интервала кристаллизации сплава на технологические свойства: жидкотекучесть, трещинообразование при кристаллизации и сварке, склонность к порообразованию при кристаллизации.</p> <p>2-3 Дайте классификацию возможных химических соединений двух и более химических элементов.</p> <p>2-4 Дайте определение и назовите основные закономерности радиационных упрочнения и охрупчивания.</p> <p>2-5 Опишите основные методы упрочнения основы.</p> <p>3-1 Назовите основные легирующие элементы для создания прочных алюминиевых сплавов.</p> <p>3-2 Что общего и в чем различие между естественным и искусственным старением сплавов на основе Al?</p> <p>3-3 Дайте характеристику деформируемым и литейным сплавам алюминия.</p> <p>3-4 Опишите преимущества и недостатки алюминиевых сплавов как материала для ЯЭУ.</p> <p>3-5 Какие сплавы алюминия относятся к металлокерамическим?</p> <p>4-1 Основные сферы применения сплавов бериллия в ЯЭУ.</p> <p>4-2 Назовите примеры использования магниевых сплавов в ЯЭУ. Каковы их преимущества и недостатки?</p> <p>4-3 Назовите достоинства и недостатки бериллия.</p> <p>4-4 Назовите основные легирующие элементы для создания прочных магниевых сплавов.</p> <p>4-5 Как можно улучшить механические свойства прессованного бериллия?</p>
-----	-----------------------	---------------------------------	--

КМ2	Контрольная работа №2	ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34	<p>1-1 Дайте состав «классического» нимоника и объясните причину его высокой жаропрочности.</p> <p>1-2 Объясните роль Mo, W, Nb, Al, Ti, В и PЗМ в создании жаропрочных сплавов на основе никеля. Почему в таких сплавах содержание углерода сильно ограничено?</p> <p>1-3 Объясните, какие процессы происходят в закаленной дисперсионно-упрочняемом сплаве ХН77ТЮ в процессе последующего нагрева при 550 °С, 700 °С, 850 °С?</p> <p>1-4 Приведите условия выбора вспомогательных легирующих элементов и модификаторов в никеле. С какой целью эти элементы вводятся в жаропрочный никелевый сплав? Какие примеси в никелевых сплавах являются вредными?</p> <p>1-5 Какая морфология упрочняющих фаз наиболее эффективна в повышении жаропрочности никелевых сплавов и почему?</p> <p>2-1 Какие стали относятся к мартенситному классу? Назовите преимущества и недостатки этих сталей.</p> <p>2-2 Какие элементы образуют в сталях устойчивые карбиды? Дайте классификацию карбидов в легированных сталях. Какие карбиды более вероятны в равновесных условиях в структуре стали, содержащей Сг и V?</p> <p>2-3 Назовите основные легирующие элементы и их роль в аустенитных сталях. С чем связано эффективное влияние Mo и W, Ti и Nb, Al и Ti на жаропрочность аустенитных сталей? Для чего вводят небольшие количества В, Y, PЗМ?</p> <p>2-4 Что такое межкристаллитная коррозия? Назовите основные пути повышения стойкости аустенитных коррозионно- стойких сталей против МКК. Какие легирующие элементы наиболее эффективны в подавлении этого вида коррозии?</p> <p>2-5 Дайте классификацию двойных диаграмм состояния железа. Охарактеризуйте растворимость химических элементов в <math>\alpha</math> - и <math>\gamma</math>-модификациях железа.</p> <p>3-1 Используя диаграмму Шеффлера, определите к какому классу сталей относятся следующие марки сталей: 30X13, 08X22Н6Т, 09X15Н9Ю.</p> <p>3-2 Используя диаграмму Шеффлера, определите к какому классу сталей относятся следующие марки сталей: 1X18Н11Б, 09X16Н15М3Б, 15X2МФА.</p> <p>3-3 Используя диаграмму Шеффлера, определите к какому классу сталей относятся следующие марки сталей: 08X13, 15X11МФ, 10X17Н13М2Т.</p> <p>4-1 В чем особенность МСС? Какую термообработку к ним применяют?</p> <p>4-2 Назовите источники появления избыточного водорода в реакторах типа ВВЭР. К чему это может привести?</p> <p>4-3 Какие способы повышения коррозионных свойств применимы к стали 10ХН2МА?</p> <p>4-4 Чем опасно КРН? Каков его механизм и способы борьбы с ним?</p> <p>4-5 К какому классу сталей относится сталь марки 22К? Какой термообработке ее подвергают и в качестве материала для каких узлов ЯЭУ используют?</p>
-----	-----------------------	-------------------------	---



КМЗ	Контрольная работа №3	ПК-5-32;ПК-5-34;ПК-5-33	<p>1-1 Назовите разновидности промышленных титановых сплавов. Охарактеризуйте каждый вид.</p> <p>1-2 Назовите достоинства и недостатки титана.</p> <p>1-3 Назовите виды термической обработки, применяемой к титановым сплавам.</p> <p>1-4 Дайте характеристику классификации сплавов титана в зависимости от их фазового состояния.</p> <p>2-1 Какие модификации циркония вы знаете? При каких условиях они существуют в чистом цирконии?</p> <p>2-2 Что такое фреттинг-коррозия циркониевых сплавов? От чего она зависит? Какие последствия этого вида коррозионного повреждения?</p> <p>2-3 Чем обеспечивается коррозионная стойкость Zr в кислородосодержащих средах? Почему воздух является более агрессивной средой по отношению к Zr, чем CO<sub>2</sub>?</p> <p>2-4 Опишите процессы, происходящие при коррозии Zr в воде и паре. Какие механизмы приводят к росту оксидной пленки?</p> <p>2-5 Какие свойства циркония способствуют его использованию в ядерной промышленности, а какие – наоборот?</p> <p>3-1 Что такое «замедленное гидридное растрескивание», каковы его причины и последствия?</p> <p>3-2 Какие требования нужно выполнять при подборе легирующих элементов для сплавов на основе циркония?</p> <p>3-3 В каких сплавах циркония термообработка существенно влияет на коррозионную стойкость? Какое структурное состояние циркониевых сплавов является наиболее коррозионно-стойким?</p> <p>3-4 Что такое «радиационный рост» циркония? Каков его механизм? Как влияют предварительная пластическая деформация и флюенс нейтронов на скорость радиационного роста?</p> <p>3-5 Что такое нодулярная коррозия? Каковы механизмы ее проявления?</p> <p>4-1 Основные достоинства и недостатки ОЦК металлов Va и VIa подгрупп таблицы химических элементов.</p> <p>5-1 Основные стадии окисления тугоплавких ОЦК металлов (V, Nb, Mo).</p> <p>5-2 Особенности распухания тугоплавких ОЦК металлов.</p> <p>5-3 Требования к защитным покрытиям для тугоплавких ОЦК-металлов. Приведите примеры таких покрытий.</p> <p>5-4 Какие фазы можно использовать для дисперсионного упрочнения сплавов на основе тугоплавких ОЦК металлов?</p> <p>5-5 Факторы, определяющие радиационное упрочнение ОЦК металлов при нейтронном облучении.</p>
-----	-----------------------	-------------------------	--

КМ4	Экзамен	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34;ПК-5-У1	<p>1-1 Влияние легирующих элементов на технологические свойства железа и его сплавов. Какая термообработка применяется к сталям с карбидным упрочнением?</p> <p>1-2 Перечислите виды упрочняющих фаз в сталях, приведите примеры. Какой вид упрочнения осуществляется в стали 04ХН35М2БТЮР? Какую термообработку применяют к данному классу сталей?</p> <p>1-3 Дайте классификацию сталям и сплавам, предназначенным для работы при повышенных и высоких температурах. На примере одной марки стали опишите вид термообработки для дальнейшего применения в условиях высокой температуры и коррозионной атмосферы.</p> <p>1-4 Приведите примеры марок аустенитных сталей. Каковы их преимущества и недостатки по сравнению с хромистыми сталями? Какая термообработка применяется к аустенитным сталям?</p> <p>1-5 Каким образом можно восстановить свойства облученных перлитных сталей? Сферы применения и термическая обработка перлитных сталей для ЯЭУ.</p> <p>2-1 Возможно ли использование алюминиевых сплавов в ЯЭУ? Если да, то в каких и для чего?</p> <p>2-2 Что такое САП? Каким способом получают этот материал?</p> <p>2-3 Дайте классификацию алюминиевых сплавов, приведите примеры.</p> <p>3-1 Коррозионные свойства бериллия.</p> <p>3-2 Дайте характеристику сплавам Лакеллой и Мэйтекс.</p> <p>3-3 Возможно ли использование магниевых сплавов в ЯЭУ? Если да, то в каких реакторах и в качестве чего?</p> <p>3-4 Сферы применения бериллия и его сплавов в ядерной энергетике.</p> <p>4-1 Какие процессы протекают при старении закаленных никелевых сплавов?</p> <p>4-2 Какие легирующие элементы надо вводить в Ti для получения <math>\beta</math>-сплава? Термообработка для данного класса сплавов.</p> <p>4-3 Коррозионные свойства никелевых сплавов.</p> <p>4-4 Коррозионные свойства титана и его сплавов.</p> <p>4-5 Принципы легирования никелевых сплавов в зависимости от температуры эксплуатации.</p> <p>5-1 Примеси, ухудшающие коррозионные свойства циркония. Каковы механизмы их влияния? Какие сплавы циркония применяются для ЯЭУ?</p> <p>5-2 В каких реакторах и в качестве чего можно использовать сплавы тугоплавких металлов? Какое топливо при этом лучше использовать?</p> <p>5-3 Материал для технологических каналов РБМК. Опишите его структуру и термообработку.</p> <p>5-4 Материал для оболочек твэлов ВВЭР. Опишите его структуру и термообработку.</p> <p>5-5 Способ защиты сплавов тугоплавких металлов от окисления на примере силицидных покрытий. В каких условиях они теряют свои защитные свойства?</p> <p>5-6 Какие сплавы используются в качестве материала оболочек твэлов в зарубежных реакторах, аналогичных ВВЭР? В чем отличие этих материалов от отечественных сплавов?</p>
-----	---------	---	---

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
------------	-----------------	------------------------------------	-------------------

P1	Курсовая работа на тему: «Анализ принципа работы и материалов реактора ...»	ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-33;ПК-5-34;ПК-5-В1;ПК-5-У1	В курсовой работе должны быть следующие разделы: 1 Устройство реактора 1.1 Схема и принцип работы реактора 1.2 Вид топлива, замедлителя, теплоносителя; температура теплоносителя на входе/выходе, давление теплоносителя, температура оболочки твэла, объемное энерговыделение 1.3 Система защиты в аварийных ситуациях 2 Материалы для оболочек твэлов, корпуса реактора, парогенератора 2.1 Химический состав, структура, термическая обработка 2.2 Технология получения изделия 2.3 Механические, коррозионные и радиационные свойства 2.4 Преимущества и недостатки по сравнению с российскими аналогами Выводы Список использованных источников Название реактора выдается преподавателем
P2	Практическая работа №1 "Типы реакторов"	ПК-5-31	Преимущества и недостатки разных типов реакторов
P3	Практическая работа №2 "Легкие металлы и их сплавы"	ПК-5-32	Особенности легких сплавов. Основные сферы применения легких сплавов в реакторах
P4	Практическая работа №3 "Термическая обработка сталей перлитного класса"	ПК-5-34;ПК-5-32	Термическая обработка сталей перлитного класса. Разбор примеров
P5	Практическая работа №4 "Стали аустенитного класса"	ПК-5-32;ПК-5-33	Типы упрочнения сталей аустенитного класса. Разбор примеров
P6	Практическая работа №5 "Никелевые сплавы"	ПК-5-32;ПК-5-34	Термическая обработка никелевых сплавов
P7	Практическая работа №6 "Циркониевые сплавы"	ПК-5-32;ПК-5-У1	Применение сплавов циркония в реакторах

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационный билет из 5 теоретических вопросов. Билеты хранятся на кафедре.

НИТУ «МИСиС»  
КАФЕДРА МЕТАЛЛОВЕДЕНИЯ И ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ  
курс «Металловедение реакторных материалов»  
для групп ММТМ-5-5 (институт ИНМиН) (3 семестр)

Экзаменационный билет №1

- 1 Влияние легирующих элементов на технологические свойства железа и его сплавов. Какая термообработка применяется к сталям с карбидным упрочнением?
- 2 Дайте классификацию алюминиевых сплавов, приведите примеры.
- 3 Достоинства и недостатки магния и его сплавов.
- 4 Какие процессы протекают при старении закаленных никелевых сплавов?
- 5 Примеси, ухудшающие коррозионные свойства циркония. Каковы механизмы их влияния? Какие сплавы циркония применяются для ЯЭУ?

Заведующий кафедрой С.А. Никулин

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу. Студент верно решил 5 заданий из билета.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал. Студент верно решил 4 задания из билета.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике. Студент верно решил 3 задания из билета.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы. Студент решил менее 3 заданий из билета.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

Преподаватель может выставить досрочно оценку за курс студенту, успешно и своевременно освоившему всю программу курса:

оценка "отлично" при условии среднего балла по контрольным работам не менее 4,75 и сданной курсовой работы;

оценка "хорошо" при условии среднего балла по контрольным работам не менее 4 (при отсутствии "3") и сданной курсовой работы.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Пронкин Н. С.	Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Логос, 2012
Л1.2	Едчик И. А.	Физико-технические основы ядерной энергетики: монография	Электронная библиотека	Минск: Беларуская навука, 2017
Л1.3	Гуляев А. П., Гуляев А. А.	Металловедение: учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Альянс, 2011
Л1.4	Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А.	Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: Учебник для вузов по спец. 'Металловедение и термообработка металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 1999
Л1.5	Зеликман А. Н.	Металлургия тугоплавких редких металлов: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1986
Л1.6	Коликов А. П., др.	Технология и оборудование для обработки тугоплавких, порошковых и композиционных материалов: Учеб. пособие для спец. 'Обраб. металлов давлением'	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1989
Л1.7	Беломытцев Михаил Юрьевич	Физика прочности. Анализ механических характеристик материалов (N 3423): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
--	---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Зайцев П. А., Олейников П. П., Таубин М. Л.	Теплофизические характеристики тугоплавких материалов тепловыделяющих сборок реактора ЯРД: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2017
Л2.2	Коротаев А. Д., Тюменцев А. Н., Суховаров В. Ф., Дударев Е. Ф.	Дисперсное упрочнение тугоплавких металлов	Библиотека МИСиС	Новосибирск: Наука, 1989
Л2.3	Лахтин Ю. М.	Металловедение и термическая обработка металлов: учебник для машиностроит. и металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1993
Л2.4	Белов Николай Александрович, Аксенов Андрей Анатольевич	Металловедение цветных металлов. Алюминиевые, магниевые и титановые сплавы: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов спец. 150105	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2005
Л2.5	Корнеев Н. И., Певзнер С. Б., Разуваев Е. И., Емельянов В. Б.	Обработка давлением тугоплавких металлов и сплавов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1975
Л2.6	Ханжин Владислав Георгиевич, Никулин Сергей Анатольевич	Применение метода акустической эмиссии при испытаниях материалов для ядерной энергетики: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. - Физика металлов и спец. - Металловедение и термическая обработка металлов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.7	Панов Владимир Сергеевич, Лопатин Владимир Юрьевич	Составы, технология и свойства порошковых материалов для ядерной техники: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. - Порошковая металлургия, композиционные материалы, покрытия	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2008
Л2.8	Копецкий Ч. В.	Структура и свойства тугоплавких металлов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1974
Л2.9	Челноков Валентин Сергеевич, Елютин Вячеслав Петрович	Общая металлургия: Разд.: Рафинирующая плавка тугоплавких металлов в электронно-лучевой печи: Учеб. пособие для практик. занятий с использованием ЭВМ для студ. спец. 11.04	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1989
Л2.10	Захаров А. М., Золоторевский Вадим Семенович, Новиков Илья Изриэлович, др.	Металловедение цветных, редких и радиоактивных металлов: Лаб. практик. для студ. спец. 0407: Ч.2.	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 1986

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.11	Золоторевский Вадим Семенович, Белов Николай Александрович	Металловедение цветных металлов: Разд.: Алюминиевые сплавы. Металловедение, применение, стандарты: Учеб. пособие для студ. спец. 1105	Библиотека МИСиС	М.: Учеба, 2000
Л2.12	Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А.	Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учебник для студ. вузов спец. 'Металловедение и терм. обработка металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005
Л2.13	Челноков Валентин Сергеевич, Блинков Игорь Викторович, Аникин Вячеслав Николаевич, Волхонский Алексей Олегович	Тугоплавкие металлы. Применение и свойства тугоплавких металлов: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2011
Л2.14	Никулин С. А., Рожнов А. Б.	Коррозионное растрескивание под напряжением циркониевых сплавов: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л2.15	Никулин С. А., Вотинов С. Н., Рожнов А. Б.	Ванадиевые сплавы для ядерной энергетики: монография	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2014

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Springer Materials	<a href="https://materials.springer.com/">https://materials.springer.com/</a>
Э2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp?">https://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Э3	Science Direct	<a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
Э4	LMS Canvas	<a href="https://lms.misis.ru/">https://lms.misis.ru/</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> - Электронно-библиотечная система;
И.2	<a href="https://misis.ru/media-library/">https://misis.ru/media-library/</a> - Медиатека НИТУ "МИСиС";
И.3	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система Единое окно доступа к образовательным ресурсам;
И.4	<a href="http://lib.misis.ru/links.html">http://lib.misis.ru/links.html</a> - список электронных ресурсов НИТУ "МИСиС"

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
А-211	Лаборатория	"дистанц. радиоуправл. д/экр., моноблок - 1 шт, документ-камера, проектор мультимедийный, система видеоконференции, экран настенный, коллекция образцов, микроскопы 11 ед., твердомер"
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
--------------------------------	--	---

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint. Лекционные занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов реакторного материаловедения.

Практические занятия проводятся, в том числе, с разбором практических вопросов и проблем реального производства. Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);
- использование при проведении занятий специализированной лаборатории;
- использование платформы LMS Canvas для контроля усвоения материала.

Текущий контроль, контрольные работы и экзамен проводятся с целью выявления полученных в результате изучения дисциплины знаний, навыков и умений студентов. Для подготовки к контрольным мероприятиям необходимо использовать базовую информацию, полученную во время лекций и практических занятий, а также информацию, полученную при изучении соответствующих разделов основной и дополнительной литературы.

Для самостоятельной работы и текущего контроля в системе «смешанного обучения» студенты также используют специальные базы данных (электронные учебники) в электронной библиотеке НИТУ «МИСиС». Самостоятельная работа студентов организуется и контролируется с помощью электронных версий конспекта лекций и вопросов для самопроверки в среде LMS Canvas, а также индивидуального опроса студентов во время практических занятий и в результате письменных контрольных работ.

Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail и лично в назначенные часы консультаций.

Экзамен является заключительным этапом процесса формирования компетенций студента при изучении дисциплины или её части и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и применению полученных знаний, умений и навыков.

Экзамен проводится по расписанию, сформированному учебным отделом, в сроки, предусмотренные календарным графиком учебного процесса. Расписание экзаменов доводится до сведения студентов не менее чем за две недели до начала экзаменационной сессии. По данной дисциплине экзамен проводится в письменной форме и студентам на экзамене предоставляется право выбрать один из билетов. При написании экзамена можно пользоваться лекционными записями. Длительность экзамена составляет 90 минут. По истечении установленного времени студент должен сдать билет и свои ответы.

Экзамен принимается преподавателем - ведущим лектором. Экзамен проводится только при предъявлении студентом зачетной книжки и при условии выполнения всех контрольных мероприятий и защиты курсовой работы, предусмотренных учебным планом и рабочей программой по изучаемой дисциплине (сведения фиксируются допуском в ведомости).

Для полноценного изучения дисциплины «Металловедение реакторных материалов» студентам необходимо понимать и анализировать связь данной дисциплины с требованиями к подготовке магистров профиля Металловедение и термическая обработка металлов. Студенты должны знать, какое место занимает данная дисциплина в структуре их образования, а также, какое значение имеют знания, полученные в результате изучения этой дисциплины, для успешной работы в выбранном направлении.