

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 30.10.2023 16:04:03

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)

# Физико-химические основы и технологии тепловыделяющих и поглощающих материалов

Закреплена за подразделением Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий

Направление подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Профиль Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии

Квалификация **Магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 54

самостоятельная работа 36

часов на контроль 54

Формы контроля в семестрах:  
экзамен 3

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Неделя	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	18	18	18	18
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	36	36	36	36
Часы на контроль	54	54	54	54
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*д.т.н., проф., Еремеева Жанна Владимировна*

Рабочая программа

**Физико-химические основы и технологии тепловыделяющих и поглощающих материалов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.04.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.04.02 Металлургия, 22.04.02-ММТ-23-16.plx Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.04.02 Металлургия, Новые материалы. Порошковые и аддитивные технологии, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий**

Протокол от 03.04.2023 г., №11

Руководитель подразделения Левашов Евгений Александрович, д.т.н., профессор

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цели освоения дисциплины: научить основам комплексного научного подхода при создании технологий для получения различных видов поглощающих и тепловыделяющих элементов и материалов для них, обучить выбору технологий их получения с учетом требуемых свойств для их конкретного применения, теоретическим основам конструирования ПЭЛов и ТВЭЛов, особенностям методов контроля свойств данных материалов, управлять технологическими процессами получения ПЭЛов и ТВЭЛов, эксплуатировать оборудование.
-----	---

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.02
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Аддитивные технологии	
2.1.2	Научно-исследовательская практика	
2.1.3	Процессы консолидации порошковых материалов	
2.1.4	Процессы СВС как основы синтеза неорганических материалов	
2.1.5	Введение в цифровое производство	
2.1.6	Закономерности, механизмы и методы диагностики процессов горения в СВС-системах	
2.1.7	Технологии инженерии поверхности	
2.1.8	Технологии получения порошкообразных материалов	
<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	Преддипломная практика	

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

<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-31 Основные принципы технологических операций для получения порошковых материалов для ТВЭЛ и ПЭЛ	
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-3-31 Новые тенденции развития исследований разрабатываемых материалов ПЭЛ и ТВЭЛ	
<b>ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-32 Перспективные методы консолидации порошкообразных материалов при производстве ПЭЛ и ТВЭЛ	
<b>Уметь:</b>	
ПК-4-У1 Разрабатывать технологию смешивания для смесей тепловыделяющих элементов, технологии формования и их режимы и технологии спекания и их режимы	
<b>ОПК-4: Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-4-У1 Находить информацию по основным материалам и технологиям для получения тепловыделяющих элементов и для получения поглощающих элементов ядерного реактора	
<b>ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1 Анализировать количественные критерии работоспособности поглощающих материалов и выбирать методы исследования для оценки работоспособности органов регулирования	

**ПК-4: Способен разрабатывать технологические процессы получения порошков, порошковых, композиционных материалов, покрытий и управлять ими, проводить их анализ для выбора мер и средств управления качеством продукции**

**Владеть:**

ПК-4-В1 Навыками оценки эксплуатационных свойств материалов ПЭЛ

**ПК-3: Способен анализировать результаты эксперимента, выбирать методы исследований, формировать новые направления исследований, определять сферы применения результатов исследований**

**Владеть:**

ПК-3-В1 Навыками обработки результатов эксперимента

#### 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. Введение. Порошковые материалы в атомной промышленности</b>							
1.1	Ядерная энергетическая установка. основные агрегаты ядерной установки. Порошковые материалы используемые в ядерных энергетических установках. /Лек/	3	2	ПК-3-31	Л1.1Л2.4 Э1 Э2			
1.2	Подготовка к контрольной работе №1. /Ср/	3	4	ОПК-4-У1 ПК-3-31	Л1.1 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 2. Технологии получения топливных таблеток для тепловыделяющих элементов</b>							
2.1	Материалы для топливных таблеток на основе соединений радиоактивных металлов и способы их получения /Лек/	3	4	ПК-3-31 ОПК-4-У1	Л1.1Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.8 Л2.12 Э1 Э2			
2.2	Композиционные материалы с дисперсными расщепляющими компонентами и способы их получения /Лек/	3	2	ПК-3-31	Л1.1Л2.4 Э1 Э2			
2.3	Порошковые технологии и свойства тепловыделяющих элементов. Конструкции тепловыделяющих элементов Технологии изготовления тепловыделяющих элементов Тепловыделяющие элементы металлического типа Тепловыделяющие элементы керамического типа /Лек/	3	6	ПК-4-32 ПК-3-31 ПК-4-31	Л1.1Л2.2 Л2.4 Э1 Э2			

2.4	Методы формования и спекания тепловыделяющих элементов. Контроль и свойства тепловыделяющих элементов. Сборка тепловыделяющих элементов. Контрольная работа №1. /Лек/	3	2	ПК-4-31 ПК-3-31 ОПК-4-У1 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1Л2.4 Э1 Э2		КМ1	
2.5	Изучение основной технологической схемы производства топливных таблеток /Пр/	3	2	ПК-4-31 ПК-3-В1	Л1.1Л2.4 Э1 Э2			Р1
2.6	Изучение технологической схемы производства уран-эрбиевых таблеток "мокрая" схема /Пр/	3	2	ПК-4-31 ПК-3-В1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.4 Э1 Э2			Р2
2.7	Изучение технологической схемы производства уран-гадолиниевых таблеток "сухая" схема /Пр/	3	2	ПК-4-У1 ПК-3-В1 ПК-4-32	Л1.1Л2.4 Э1 Э2			Р3
2.8	Наноструктурные материалы в атомной промышленности /Пр/	3	2	ОПК-4-У1 ПК-3-31	Л1.1Л2.4 Э1 Э2			Р4
2.9	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №1. /Ср/	3	14	ПК-4-32 ПК-4-В1 ПК-3-В1 ПК-3-31	Л1.1Л2.2 Л2.4 Л2.5 Л2.6 Л2.8 Л2.12 Э1 Э2 Э3			
	<b>Раздел 3. Технологии получения таблеток для поглощающих элементов</b>							
3.1	Поглощающие материалы и органы регулирования ядерных реакторов Классификация поглощающих материалов Основные требования к поглощающим материалам и критерии их выбора Использование поглощающих материалов в ядерных реакторах /Лек/	3	2	ПК-3-31 ОПК-4-У1	Л1.1 Э1 Э2			
3.2	Технологии получения поглощающих материалов на основе карбида бора Структура карбида бора Физические и механические свойства карбида бора /Лек/	3	2	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.10 Л2.11 Э1 Э2			

3.3	Технологии получения поглощающих элементов на основе бористых сталей, боридов металлов и боросодержащих дисперсных материалов Бористые стали Бориды металлов Боросодержащие дисперсионные поглотители Их физические и механические свойства /Лек/	3	2	ОПК-4-У1 ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.1 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Э1 Э2			
3.4	Технологии получения поглощающих материалов на основе титаната диспрозия Структура титаната диспрозия Физико-механические свойства титаната диспрозия /Лек/	3	2	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.5 Л2.8 Л2.12 Э1 Э2			
3.5	Технологии получения поглощающих материалов на основе гафния Характеристики и структура гафния Физико-механические свойства гафния /Лек/	3	2	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.3 Э1 Э2			
3.6	Поглощающие материалы на основе оксида европия и его соединений, дисперсные композиции, сложнокислородные соединения на основе оксидов редкоземельных металлов Кристаллическая структура Физико-механические свойства Технологии получения /Лек/	3	2	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1Л2.5 Л2.6 Л2.8 Л2.12 Э1 Э2			
3.7	Радиационные эффекты и структурные повреждения в поглощающих материалах /Лек/	3	2	ПК-3-31 ПК-4-31 ПК-4-32	Л1.1 Э1 Э2			
3.8	Химическое и механическое взаимодействие поглощающих элементов и конструкционных материалов /Лек/	3	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-4-31	Л1.1 Э1 Э2			
3.9	Критерии работоспособности поглощающих элементов Коррозионная стойкость поглощающих элементов Методы реакторных испытаний поглощающих элементов /Лек/	3	2	ОПК-4-У1 ПК-3-31 ПК-4-В1	Л1.1 Э1 Э2			

3.10	Перспективные поглощающие элементы. Поглощающие материалы и органы регулирования зарубежных ядерных реакторов. Контрольная работа №2. /Лек/	3	2	ПК-3-31 ПК-4-В1 ОПК-4-У1 ПК-3-У1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1	Л1.1 Э1 Э2		КМ2	
3.11	Изучение критериев работоспособности поглощающих элементов. Физическая эффективность. Целостность и размерная стабильность. /Пр/	3	2	ПК-4-В1	Л1.1 Э1 Э2			Р5
3.12	Изучение коррозионной стойкости поглощающих элементов в различных средах и при облучении /Пр/	3	2	ПК-4-В1 ПК-3-В1	Л1.1 Э1 Э2			Р6
3.13	Изучение совместимости материалов поглощающих элементов с конструкционными материалами /Пр/	3	2	ПК-4-В1 ПК-3-У1	Л1.1 Э1 Э2			Р7
3.14	Критерии выбора материала поглощающего элемента и технологии получения. Изучение работоспособности органов регулирования отечественных ядерных реакторов. /Пр/	3	2	ПК-4-В1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Э1 Э2			Р8
3.15	Обращение с отработанными органами регулирования Утилизация органов регулирования /Пр/	3	2	ПК-4-В1 ПК-3-У1 ПК-3-31	Л1.1 Э1 Э2			Р9
3.16	Подготовка к практическим занятиям и контрольной работе №2. /Ср/	3	18	ПК-3-В1 ПК-4-В1 ОПК-4-У1	Л1.1 Л2.1 Л2.3 Л2.5 Л2.6 Л2.7 Л2.8 Л2.9 Л2.10 Л2.11 Л2.12 Э1 Э2 Э3			

## 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	ОПК-4-У1;ПК-3-31;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что такое ТВЭЛ?</li> <li>2. Назначение твэла в активной зоне реактора</li> <li>3. Что такое ТВС?</li> <li>4. Назначение ТВС в активной зоне реактора.</li> <li>5. Охарактеризуйте условия работы ТВЭЛов.</li> <li>6. Как влияет на ТВЭЛ процесс накопления в нем продуктов деления?</li> <li>7. Как влияет на ТВЭЛ нейтронное облучение?</li> <li>8. Каковы требования к ТВЭЛ?</li> <li>9. Классификация ТВЭЛов по назначению реакторов.</li> <li>10. Классификация ТВЭЛов по виду и состоянию ядерного топлива, классификация по форме и конструкции</li> <li>11. Каковы основные задачи, решаемые при создании ТВЭЛ?</li> <li>12. Какова принципиальная конструкция ТВЭЛ?</li> <li>13. Что понимается под работоспособностью ТВЭЛа?Каковы основные факторы, определяющие работоспособность ТВЭЛа?</li> <li>14 Как влияет на работоспособность ТВЭЛа его конструкция. Как влияют на работоспособность ТВЭЛа материалы твэла?</li> <li>15. Как влияет на работоспособность ТВЭЛа технология изготовления?</li> <li>16. Почему керамическое ядерное топливо используется преимущественно в виде таблеток? Какой ядерный делящийся материал используется преимущественно в твэлах с таблеточным керамическим топливом?</li> <li>17. Принципиальная конструкция ТВЭЛа с таблеточным керамическим топливом.</li> <li>18. Технологическая схема изготовления таблеток керамического ядерного топлива.</li> <li>19. Каково поведение таблетки из диоксида урана при работе твэла? Что влияет на ее состояние в процессе работы?</li> <li>20. Каковы температурные параметры современного энергетического реактора с твэлами на основе керамического топлива?</li> <li>21. В чем преимущества использования уплотненного порошкообразного керамического топлива перед брикетированным керамическим топливом? Каковы его недостатки?</li> <li>22. Принципиальная технология изготовления твэлов с уплотненным порошкообразным керамическим топливом?</li> <li>23. Каково поведение сердечника твэла из уплотненного порошкообразного керамического топлива при работе твэла в реакторе?</li> <li>24. Что такое твэл дисперсионного типа? Его достоинства и недостатки.</li> <li>25. Используемые конструкции дисперсионных твэлов.</li> </ol>
-----	-----------------------	--	---



КМ2	Контрольная работа №2	ОПК-4-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1;ПК-4-В1	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Какие существуют способы регулирования ядерных реакторов?</li><li>2. Какой величиной оценивают степень поглощения нейтронов</li><li>3. Каковы основные свойства поглощающих элементов?</li><li>4. Какие поглощающие материалы нашли применение в органах регулирования ядерных реакторов?</li><li>5. Сформулируйте основные требования, предъявляемые к поглощающим материалам</li><li>6. Назовите основные радиационные эффекты в поглощающих материалах</li><li>7. Что понимается под совместимостью поглощающих и конструкционных материалов?</li><li>8. Чем определяется совместимость материалов и от чего она зависит?</li><li>9. Что следует понимать под коррозионной стойкостью поглощающих материалов?</li><li>10. Какие эффекты наблюдаются в поглощающих материалах при их взаимодействии с тепло-ригелем (водой, натрием, гелием и т.п.)?</li><li>11. Чем объясняема высокая коррозионная стойкость карбида бора?</li><li>12. Какие существуют пути повышения физической эффективности поглощающих материалов?</li><li>13. Какие химические соединения присутствуют на диаграмме состояния системы <math>Du_2O_3—TiO_2</math>?</li><li>14. Опишите схему реакторных испытаний новых поглощающих материалов.</li><li>15. Что такое замкнутый цикл в использовании поглощающих материалов?</li><li>16. Куда помещают отработавшие в ядерных реакторах органы регулирования?</li><li>17. Сколько времени хранят органы регулирования после эксплуатации в ядерных реакторах?</li><li>18. Каковы преимущества сложнокислородных соединений европия?</li><li>19. Как изменяются механические свойства гафния при реакторном облучении?</li><li>20. К каким структурным повреждениям гафния приводит реакторное облучение ?</li></ol>
-----	-----------------------	--	---

КМЗ	Экзамен	ОПК-4-У1;ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-У1;ПК-4-В1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите основные радиационные эффекты в поглощающих материалах. В чем основное различие в радиационном повреждении п. а- н ч. у-поглотителей?</li> <li>2. Каковы основные свойства поглощающих элементов?</li> <li>3. Сформулируйте основные требования, предъявляемые к поглощающим материалам.</li> <li>4. Какие поглощающие материалы нашли применение в органах регулирования ядерных реакторов</li> <li>5. Охарактеризуйте условия работы ТВЭЛов</li> <li>6. Каковы требования к ТВЭЛам</li> <li>7. Классификация ТВЭЛов по форме и конструкции ТВЭЛа</li> <li>8. Как влияет на работоспособность ТВЭЛа технология изготовления</li> <li>9. Принципиальная конструкция ТВЭЛа с таблеточным керамическим топливом</li> <li>10. Принципиальная технология изготовления твэлов с уплотненным порошкообразным керамическим топливом</li> <li>11. Механизмы формирования пор в карбиде бора при реакторном облучении.</li> <li>12. Какие поглощающие материалы могут применяться в органах регулирования ядерных реакторов на быстрых нейтронах</li> <li>13. Что понимается под совместимостью поглощающих и конструкционных материалов</li> <li>14. Что может происходить с поглощающими материалами при разгерметизации защитной оболочки</li> <li>15. Опишите кристаллическую структуру карбида бора. Чем объясняются различия в фазовых диаграммах бор—углерод? Чем характеризуется микроструктура карбида бора? Какие вторые фазы присутствуют в карбиде бора? Как связана пористость с плотностью карбида бора? Назовите наиболее важные эксплуатационные свойства карбида бора.</li> <li>16. Каковы температурные параметры современного энергетического реактора с ТВЭЛами на основе керамического топлива</li> <li>17. В чем преимущества использования уплотненного порошкообразного керамического топлива перед брикетированным керамическим топливом? Каковы его недостатки?</li> <li>18. Что такое замкнутый цикл в использовании поглощающих материалов? На каких поглощающих материалах впервые был реализован замкнутый цикл</li> <li>19. Куда помещают отработавшие в ядерных реакторах органы регулирования? Сколько времени хранят органы регулирования после эксплуатации в ядерных реакторах?</li> <li>20. За счет чего обеспечиваются необходимые теплотехнические характеристики ТВЭЛа? За счет чего обеспечивается механическая прочность ТВЭЛа? Каково соотношение поверхности и объема ТВЭЛа?</li> </ol>
-----	---------	--	---

### 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
Р1	Изучение основной технологической схемы производства топливных таблеток	ПК-4-31;ПК-3-В1	Изучение свойств порошков оксида урана, пластификаторов и основных добавок, изучение процесса приготовления пресс-порошка и последующего его формования, изучение основных режимов спекания данных таблеток и последующей механической обработки.
Р2	Изучение технологической схемы производства уран-эрбиевых таблеток "мокрая" схема	ПК-4-31;ПК-3-В1;ПК-4-У1	Изучение свойств исходного порошка оксида урана и добавок, изучение режимов их смешивания, изучение режимов введения пластификатора. Методы формования данной шихты. Режимы дробления и измельчения гранул и рассева шихты. Режимы сушки пресс-порошка. Изучение технологии формования и спекания таблеток. параметры контроля качества таблеток.

P3	Изучение технологической схемы производства уран-гадолиниевых таблеток "сухая" схема	ОПК-4-У1;ПК-3-В1;ПК-4-32	Изучение свойств исходных порошков оксида урана и оксида гадолиния. Изучение технологии смешивания шихты и оборудования, в котором данный процесс можно производить. Изучение процесса измельчения и грануляции порошковой шихты и оборудования. Введение пластификатора, его свойства. Изучение процесса формования и спекания и оборудования, на которых эти операции осуществляются. Изучение по каким параметрам проводится контроль качества данных изделий.
P4	Наноструктурные материалы в атомной промышленности	ОПК-4-У1;ПК-3-31	Изучение основных методов и технологий получения нанопорошков и наноструктурных материалов. Изучение для каких материалов атомной промышленности применяются нанопорошки и наноструктурные материалы.
P5	Изучение критериев работоспособности поглощающих элементов. Физическая эффективность. Целостность и размерная стабильность.	ПК-4-В1	Методика оценки физической эффективности органов регулирования. Методы оценки целостности органов регулирования. Методы оценки размерной стабильности органов регулирования. основные количественные критерии работоспособности.
P6	Изучение коррозионной стойкости поглощающих элементов в различных средах и при облучении	ПК-4-В1;ПК-3-В1	Критерии оценки коррозионной стойкости материалов поглощающих элементов в воде и паре. Критерии оценки коррозионной стойкости материалов ПЭЛ в органических и неорганических средах. Критерии оценки ПЭЛ на воздухе и при облучении в воде.
P7	Изучение совместимости материалов поглощающих элементов с конструкционными материалами	ПК-3-В1;ПК-3-У1	Критерии совместимости материалов ПЭЛ со сталями и сплавами. Критерии совместимости карбида бора с конструкционными материалами.
P8	Критерии выбора материала поглощающего элемента и технологии получения. Изучение работоспособности органов регулирования отечественных ядерных реакторов.	ПК-4-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Изучение основных требований для поглощающих материалов органов регулирования. Критерии высокой эффективности поглощения нейтронов, малой скорости выгорания, стойкость к радиационным повреждениям, высокая коррозионная стойкость в теплоносителе.
P9	Обращение с отработанными органами регулирования. Утилизация органов регулирования	ПК-4-В1;ПК-3-У1;ПК-3-31	Изучение замкнутого цикла использования поглощающих материалов. Изучение возможности и технологий утилизации органов регулирования.

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

Образец билета для экзамена по дисциплине "Физико-химические основы и технологии тепловыделяющих и поглощающих материалов"

Национальный исследовательский технологический университет "МИСИС"  
Институт технологий

Кафедра порошковой металлургии и функциональных покрытий  
Направление подготовки "Металлургия", 22.04.02  
Процессы консолидации порошковых материалов

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2**

1. Перечислите основные варианты и формы конструкции органов регулирования.
2. Принципиальная конструкция ТВЭЛа с таблеточным керамическим топливом. Технологическая схема изготовления таблеток керамического ядерного топлива
3. Опишите кристаллическую структуру карбида бора. Как изменяется период кристаллической решетки карбида бора от содержания свободного углерода. Чем объясняются различия в фазовых диаграммах бор—углерод. Чем характеризуется микроструктура карбида бора

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой, проф., д.т.н.

Е.А. Левашов

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

Методика оценки обучающегося на экзамене

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие знания в объеме программы дисциплины, уверенно устанавливает логические связи между отдельными разделами дисциплины, грамотно и непротиворечиво излагает материал при ответе, знает источники дополнительной информации.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов и установлении логических связей между отдельными разделами дисциплины, четко излагает материал без существенных противоречий в информации.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, исправляет допущенные ошибки после уточняющих вопросов преподавателя, знает основные и дополнительные источники информации по программе дисциплины.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не способен установить логические связи между разделами дисциплины, не может дать ответ на основной и/или дополнительный вопрос .

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

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

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	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

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Самсонов Г. В., Упадхя Г. Ш., Нешпор В. С., Гриценко Э. Е.	Физическое материаловедение карбидов	Электронная библиотека	Киев: Наукова думка, 1974

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.2	Зайцев П. А., Олейников П. П., Таубин М. Л.	Теплофизические характеристики тугоплавких материалов тепловыделяющих сборок реактора ЯРД: практическое пособие	Электронная библиотека	Москва: Техносфера, 2017
Л2.3	Барышников Н. В., Гегер В. Э., Денисова Н. Д., др., Нехамкин В. А.	Металлургия циркония и гафния	Библиотека МИСиС	М.: Metallurgy, 1979
Л2.4	Андреев Эдуард Иванович, Басов Владимир Валентинович, Лопатин Владимир Юрьевич	Технология изготовления тепловыделяющих элементов: учебно-метод. пособие	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2006
Л2.5	Кулифеев Владимир Константинович, Тарасов Вадим Петрович, Кропачев Андрей Николаевич	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Физико-химические основы и технология получения редких, редкоземельных и радиоактивных металлов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. Metallurgy	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л2.6	Кропачев Андрей Николаевич, Будин О. Н., Черепов В. В., Кулифеев Владимир Константинович	Металлургия редкоземельных и радиоактивных редких металлов (N 3707): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
Л2.7	Ильина Е. А., Дзидзигури Элла Леонтьевна	Магнетермическое получение и изучение физико-химических свойств нанопорошка гафния: автореф. дис... к.т.н., спец. 05.16.09 - "Материаловедение (металлургия)"	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2011
Л2.8	Кулифеев Владимир Константинович, Тарасов Вадим Петрович, Кропачев Андрей Николаевич	Металлургия редкоземельных и радиоактивных металлов. Физико-химические основы и технология получения редких, редкоземельных и радиоактивных металлов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. Metallurgy	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л2.9	Яцюк И. В., Левашов Евгений Александрович	Получение методом СВС перспективных керамических материалов на основе боридов, силицидов циркония и карбида кремния: автореф. дис... к.т.н., спец. 05.16.06 - "Порошковая металлургия и композиционные материалы"	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018
Л2.10	Манухин А. Н., Пегов В. С.	Разработка методов получения порошков в плазме и эффективных составов для создания керамики на основе нитрида кремния и карбида бора: Отчет по НИР. Заключит.	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1986

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.11	Меерсон Г. А., Самсонов Г. В.	Разработка технологии изготовления изделий из карбида бора и борида алюминия	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 1954
Л2.12	Кропачев Андрей Николаевич, Будин О. Н., Черепов В. В., Кулифеев Владимир Константинович	Металлургия редкоземельных и радиоактивных редких металлов (N 3707): лаб. практикум	Библиотека МИСиС	М.: [МИСиС], 2019

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

Э1	Учебно-методическая литература для студентов	<a href="https://www.studmed.ru/">https://www.studmed.ru/</a>
Э2	Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a>
Э3	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»	Сайт Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Teams
П.2	Acrobat Reader DC
П.3	Microsoft Office

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

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Читальный зал №4 (Б)		комплект учебной мебели на 20 рабочих мест, компьютеры с подключением к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
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.

К-107	Лаборатория	демонстрационное оборудование, в том числе доска учебная мультимедийный проектор, экран проекционный, гидравлический пресс ручной, гидравлический пресс с электроприводом, два оптических микроскопа, технические весы, аналитические весы, твердомеры (по Бринеллю и Виккерсу, две муфельные печи, шкаф вытяжной (2 секции), оборудование для определения физических технологических свойств порошков
-------	-------------	--

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При подготовке к экзамену обучающемуся рекомендуется просмотреть базы данных патентных ведомств для сбора информации по новым материалам для ТВЭЛ и ПЭЛ.