

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

## **ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Одобрено на заседании  
УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 30.08.2022 № 1-8/2022

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕХНОЛОГИИ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ**

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

**14.04.02 Ядерные физика и технологии**

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

**Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах**

---

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2022 г.**

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цель дисциплины

- формирование теоретических основ в области физико-химических и технологических процессов на АЭС с жидкометаллическими теплоносителями;
- получение практических навыков по использованию знаний в области жидких металлов в производственной и научной деятельности;
- получение навыков работы с научными и справочными материалами по технологии жидких металлов.

### Задачи дисциплины

- основы проектирования и конструирования ЯЭУ с жидкометаллическими теплоносителями;
- освоение технологий жидкометаллических теплоносителей;
- обеспечение безопасности АЭС с реакторами на быстрых нейтронах.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений и относится к профессиональному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения общенаучных дисциплин.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-20.1	Способен провести инженерно-физическое сопровождение и контроль обеспечения ядерной безопасности, надежности и экономической эффективности в процессе эксплуатации, ремонта перегрузок и пуска реакторной установки.	З-ПК-20.1 Знать основы технологий обращения с жидкометаллическими теплоносителями; особенности физических расчетов ядерных реакторов с жестким спектром нейтронов У-ПК-20.1 Уметь осуществлять расчетное обеспечение эксплуатации ядерных реакторов В-ПК-20.1 Владеть основами управления ядерными энергетическими установками; основными расчетными комплексами для проведения нейтронных физических расчетов реакторных установок с жидкометаллическим теплоносителем.

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

В рамках освоения ОП магистратуры программа воспитания не реализуется.

#### 5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы в семестре:
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	64
В том числе:	
<i>лекции</i>	-
<i>практические занятия</i>	64
<i>лабораторные занятия</i>	-
<b>Промежуточная аттестация</b>	
В том числе:	
<i>экзамен</i>	36
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>	44
<b>Всего (часы):</b>	<b>144</b>
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>4</b>

#### 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

##### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебной работы				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1 - 2	Основные свойства жидкометаллических теплоносителей, достоинства и недостатки.		8			5
3 - 4	Основные положения технологии натрия как теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах.		8			5
5 - 6	Источники примесей в натрии быстрых реакторов.		8			5
7 - 8	Методы очистки натрия от примесей.		8			5
9 - 10	Перенос и осаждение радионуклидов в натриевых контурах.		8			6
11 - 12	Исследования процессов в парогенераторах натрий-вода.		8			6

13 - 14	Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-кислород.		8			6
15 - 16	Поддержание заданного качества свинцового теплоносителя.		8			6
	<b>Всего:</b>		<b>64</b>			<b>44</b>

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

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

### Практические/семинарские занятия

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
<b>1.</b>	<b>Технология натриевого теплоносителя</b>	
1	Основные свойства жидкометаллических теплоносителей, достоинства и недостатки.	Основные свойства жидкометаллических теплоносителей, достоинства и недостатки. Технологические особенности жидких щелочных металлов. Тяжелые жидкометаллические теплоносители, свинец и сплавы на его основе. Области применения жидкометаллических теплоносителей. Реакторные установки с жидкометаллическими теплоносителями и направления их развития.
3	Основные положения технологии натрия как теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах.	Основные положения технологии натрия как теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах. Требования к качеству реакторного натрия. Оборудование натриевых контуров. Коррозия конструкционных материалов в натрии. Взаимодействие натрия с водой и течи натрия в парогенераторах. Течи натрия из контура, противопожарные мероприятия.
5	Источники примесей в натрии быстрых реакторов.	Источники примесей в натрии быстрых реакторов. Поведение примесей в натрии. Массоперенос продуктов коррозии в натриевых контурах, математическое моделирование и экспериментальные исследования. Устройства и методы контроля чистоты натрия и защитного газа.
7	Методы очистки натрия от примесей.	Методы очистки натрия от примесей. Устройство, принцип действия и режимы работы холодных ловушек. Разработка встроенных в бак реактора холодных ловушек. Расчетные методы оптимизации холодных ловушек. Отмывка оборудования от натрия.
9	Перенос и осаждение радионуклидов в натриевых контурах.	Перенос и осаждение радионуклидов в натриевых контурах. Массоперенос трития в трехконтурной ЯЭУ. Взаимодействие натрия с графитом. Исследования в области высокотемпературного натрия.
11	Исследования процессов парогенераторах натрий-вода.	Анализ процесса взаимодействия воды с натрием. Расчет массопереноса продуктов реакции воды с натрием в потоке теплоносителя. Результаты экспериментов и оценка количества взвешенной фазы примесей.
<b>2.</b>	<b>Технология тяжелых жидкометаллических теплоносителей</b>	

13	Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-кислород.	Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-кислород. Динамика формирования оксидных покрытий на поверхности стали в свинце и сплаве свинец-висмут. Перенос и распределение взвесей в первом контуре установки со свинцом.
15	Поддержание заданного качества свинцового теплоносителя.	Поддержание заданного качества свинцового теплоносителя. Очистка от примесей теплоносителей на основе свинца. Теория и расчет массопереноса продуктов коррозии в контурах со свинцовым теплоносителем. Эрозионное воздействие свинца на конструкционные материалы.

*Практические/семинарские занятия*

Неделя	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание (дополнение к основному материалу)
1.	<b>Технология натриевого теплоносителя</b>	
2	Свойства жидкометаллических теплоносителей. Реакторные установки с жидкометаллическими теплоносителями.	Щелочные металлы и сплавы на основе свинца. Использование в технике и ядерной энергетике. АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. Реакторные установки с жидкометаллическими теплоносителями 4-го поколения. Уровень развития ЯЭУ с жидкометаллическими теплоносителями в различных странах.
4	Технологические особенности натрия как теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах. Источники примесей в натрии. Допустимое содержание примесей.	Основные положения технологии натрия как теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах. Физико-химические процессы в натриевом теплоносителе. Требования к качеству реакторного натрия. Источники примесей в натрии. Допустимое содержание примесей. Взаимодействие натрия с водой и течи натрия в парогенераторах. Течи натрия из контура, противопожарные мероприятия.
6	Оборудование натриевых контуров. Коррозия конструкционных материалов в натрии.	Оборудование натриевых контуров. Основные элементы первого и второго контуров ЯЭУ с реакторами на быстрых нейтронах. Используемые материалы. Коррозия конструкционных материалов в натрии. Поведение примесей в циркуляционных натриевых контурах.
8	Очистка натрия от примесей. Холодные ловушки.	Методы очистки натрия от примесей. Устройство, принцип действия и режимы работы холодных ловушек. Разработка встроенных в бак реактора холодных ловушек. Расчетные методы оптимизации холодных ловушек. Отмывка оборудования от натрия.
10	Контроль содержания примесей в натрии и защитном газе.	Устройства и методы контроля чистоты натрия защитного газа. Пробковый индикатор, индикатор водорода ИВА, электрохимические методы контроля. Методы пробоотбора натрия из контура. Контроль содержания трития и углерода в натрии. Контроль примесей в защитном газе.
12	Массоперенос трития в трехконтурной ЯЭУ. Перенос и осаждение	Перенос и осаждение радионуклидов в натриевых контурах. Классификация групп радионуклидов и их происхождение. Массоперенос трития в трехконтурной ЯЭУ, математическая модель и результаты расчетов. Взаимодействие натрия с графитом. Исследования в области высокотемпературного

	радионуклидов в натриевых контурах. Взаимодействие натрия с графитом.	натрия.
<b>2.</b>	<b>Технология тяжелых жидкометаллических теплоносителей</b>	
14	Технология тяжелого жидкометаллического теплоносителя. Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-кислород.	Особенности теплоносителей на основе свинца. Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-кислород. Преимущества свинцового теплоносителя. ЯЭУ с теплоносителями на основе свинца. Основные элементы первого контура реакторов с тяжелым теплоносителем. Поддержание заданного качества свинцового теплоносителя. Очистка от примесей теплоносителей на основе свинца.
16	Теория и расчет массопереноса продуктов коррозии в контурах со свинцовым теплоносителем.	Перенос и распределение взвесей в первом контуре установки со свинцом. Теория и расчет массопереноса продуктов коррозии в контурах со свинцовым теплоносителем. Основные уравнения и результаты вычислений. Эрозионное воздействие свинца на конструкционные материалы.

*Лекционные и Лабораторные занятия не предусмотрены.*

## **7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Раздаточный материал справочных таблиц;
2. Презентации курса
3. Статьи в периодических изданиях: «Атомная энергия», «Известия вузов. Ядерная энергетика».

## **8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения**

<b>№ п/п</b>	<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)</b>	<b>Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>
1	Основные свойства жидкометаллических теплоносителей, достоинства и недостатки.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Собеседование
2	Основные положения технологии натрия как теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Собеседование
3	Источники примесей в натрии быстрых реакторов.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Собеседование
4	Методы очистки натрия от примесей.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Контрольная работа
5	Перенос и осаждение радионуклидов в натриевых контурах.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Собеседование

6	Исследования процессов в парогенераторах натрий-вода.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Собеседование
7	Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-кислород.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Презентация
8	Поддержание заданного качества свинцового теплоносителя.	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Реферат
<b>Промежуточный контроль, 3 семестр</b>			
	Экзамен	3-ПК-20.1; У-ПК-20.1; В-ПК-20.1	Экзаменационные билеты

## 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

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

- Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.
- Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.
- Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.
- Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:
  - контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
  - контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.
- Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум**
Текущая аттестация	1-16	36 - 60% от максимума	60
Контрольная точка № 1	7-8	18 (60% от 30)	30

Оценочное средство № 1.1	Н	60% от М1	М1
Оценочное средство № 1.2	Н	60% от М2	М2
...		...	...
Оценочное средство № 1.X	Н	60% от МХ	МХ
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
Оценочное средство № 2.1	Н	60% от Т1	Т1
Оценочное средство № 2.2	Н	60% от Т2	Т2
...		...	...
Оценочное средство № 2.Y	Н	60% от ТУ	ТУ
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Экзамен	-		
Оценочное средство № 2.1	-	60% от К1	К1
Оценочное средство № 2.2	-	60% от К2	К2
...	-	...	...
Оценочное средство № 2.P	-	60% от КР	КР
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

\* - Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

#### 8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных обучающимся при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, 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
85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70--74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не
60-64		E	



			усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
<b>0-59</b>	<i>2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»</i>	<i>F</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

- 1 Эксплуатационные режимы АЭС: учебное пособие / Р.П. Баклушин. – 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательский дом МЭИ, 2012, - 532 с., ил.
- 2 Кузнецов И.А., Поплавский В.М. Безопасность АЭС с реакторами на быстрых нейтронах. / Под общей редакцией члена-корреспондента АН РФ В.И. Рачкова / Кузнецов И.А., Поплавский В.М. – М.: ИздАт, 2012. – 632 с.
- 3 Соловьев В.А., Белозеров В.И., Орлова Е.А., Алексеев В.В. Исследования процессов коррозии в жидких металлах. – М.: НИЯУ «МИФИ», 2014. – 349 с.
- 4 Алексеев В.В., Орлова Е.А., Козлов Ф.А., Торбенкова И.Ю., Кондратьев А.С. Моделирование процессов массопереноса и коррозии сталей в ядерных энергетических установках со свинцовым теплоносителем (часть 2: разработка одномерной модели массопереноса): препринт ГНЦ РФ-ФЭИ – Обнинск: ГНЦ РФ-ФЭИ, 2009. – № 3154.
- 5 Субботин В.И., Ивановский М.Н., Арнольдов М.Н. Физико-химические основы применения жидкометаллических теплоносителей. М.: Атомиздат, 1970. 295 с.
- 6 Жидкометаллические теплоносители ЯЭУ. Очистка от примесей и их контроль. /Под ред. Ф.А.Козлова. М.: Энергоатомиздат, 1983, 47 с.

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

- 1 Четкин Ю.В., Кизин В.Д., Поляков В.И. Радиационная безопасность АЭС с быстрым реактором и натриевым теплоносителем. М.: Энергоатомиздат, 1983. с.128.
- 2 Handbook on Lead-bismuth Eutectic Alloy and Lead Properties, Materials Compatibility, Thermal-hydraulics and Technologies. – OECD/NEA, Paris (2007), 402 p.
- 3 Н.М. Бескорвайный, А.Г. Иолтуховский. Конструкционные материалы и жидкометаллические теплоносители. М.: Энергоатомиздат, 1983, 168 с.
- 4 Невзоров Б.А., Зотов В.В., Иванов В.А. и др. Коррозия конструкционных материалов в жидких щелочных металлах. М.: Атомиздат, 1977, 283 с.
- 5 Краев Н.Д., Умняшкин Е.В., Старков О.В. и др. Влияние физико-химических параметров на скорость массопереноса в жидких щелочных металлах: Препринт ФЭИ-122, Обнинск, 1981.
- 6 Правила устройства и безопасной эксплуатации установок, работающих со щелочными металлами. / Матвеев В.П., Карпов А.В., Баклушин Р.П. и др. Утверждены Минатомом России. – Обнинск. ФЭИ 1995

- 7 Технические проблемы реакторов на быстрых нейтронах. Под ред. Багдасарова Ю.Е. М. Атомиздат. 1969.
- 8 Архипов В.М. Техника работы с натрием. М. Энергоатомиздат, 1986.
- 9 Borgstedt H.U., Mathews C.K. Applied Chemistry of the Alkali Metals. New York and London: Plenum Press, 1987. 282 p.
- 10 Громов Б.Ф., Шматко Б.А. Физико-химические свойства расплавов свинец-висмут // Изв. ВУЗов. Ядерная энергетика.–1996.–№ 4.–С. 35-41.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Не требуется

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями к технологии жидкометаллических теплоносителей. Систематические индивидуальные консультации. Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задать вопросы преподавателю
Лабораторные занятия	При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими руководствами по работе с изучаемыми программными комплексами. Важно внимательно ознакомиться с функционалом и возможностями данных комплексов. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических аспектах ПК.
Доклад	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.

Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.
Индивидуальное домашнее задание	При выполнении индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по ядерным технологиям. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

### **12.1. Перечень информационных технологий**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационные технологии:

- проведение лекций и практических занятий с использованием слайд-презентаций;
- использование обучающих видеофильмов;
- использование текстового редактора Microsoft Word;
- использование табличного редактора Microsoft Excel;
- использование

### **12.2. Перечень программного обеспечения**

1. Текстовый редактор Microsoft Word;
2. Табличный редактор Microsoft Excel;
3. Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
4. редактор МАТКАД;
5. Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
6. Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

### **12.3. Перечень информационных справочных систем**

Не требуется

### 13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

При изучении дисциплины используются специализированные лаборатории и кабинеты с оборудованием, компьютерные классы, лекционные аудитории, оснащенные мультимедийным оборудованием и т.п., имеющимся в ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

### 14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

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

Используются активные и интерактивные формы при проведении занятий по дисциплине:

- Технология активного обучения (визуальный семинар с разбором конкретных задач).
- Технология интерактивного обучения (мозговой штурм: группа получает задание, далее предполагается высказывать как можно большее количество вариантов решения, затем из общего числа высказанных идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике).
- Технология деловых игр (имитация соревновательной игры: малые группы получают одинаковые задания и выполняют их на скорость и качество, которое оценивается преподавателем).

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1	Технологии жидкометаллических теплоносителей	64	64	Практическое занятие. Собеседование. Презентация.

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

Выполнение индивидуальных домашних заданий, написание рефератов и докладов.  
Подготовка к аудиторной контрольной работе.  
Подготовка к сдаче экзамена.

Примерная тематика рефератов:

1. Проблемы коррозии конструкционных материалов в натрии.
2. Массоперенос примесей в контурах с натриевым теплоносителем.
3. Очистка натрия от примесей с использованием холодных ловушек.
4. Методы и приборы контроля содержания примесей в натрии.
5. Источники примесей в контурах ЯЭУ и оценка их производительности.
6. Разработка, конструирование и обеспечение безопасности парогенераторов натрий-вода.
7. Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-примеси.
8. Технология свинца как теплоносителя для первого контура ядерного реактора.

Примеры тестовых заданий:

№	Тестовое задание
1	Свойства жидкометаллических теплоносителей. Реакторные установки с жидкометаллическими теплоносителями.
2	Технологические особенности натрия как теплоносителя реакторов на быстрых нейтронах. Источники примесей в натрии. Допустимое содержание примесей.
3	Оборудование натриевых контуров. Коррозия конструкционных материалов в натрии.
4	Очистка натрия от примесей. Холодные ловушки.
5	Контроль содержания примесей в натрии и защитном газе.
6	Поведение примесей в натрии. Массоперенос продуктов коррозии в натриевых контурах.
7	Массоперенос трития в трехконтурной ЯЭУ. Перенос и осаждение радионуклидов в натриевых контурах. Взаимодействие натрия с графитом.
8	Технология тяжелого жидкометаллического теплоносителя. Физико-химические процессы в системе свинец-сталь-кислород.
9	Динамика формирования оксидных покрытий на поверхности стали в свинце и сплаве свинец-висмут.
10	Теория и расчет массопереноса продуктов коррозии в контурах со свинцовым теплоносителем.

### 14.3. Краткий терминологический словарь

**Абсорбция** – поглощение веществ жидкостями или твердыми телами.

**Адгезия** – прилипание за счет межмолекулярных сил между поверхностными слоями двух разнородных тел.

**Азотирование стали** – насыщение поверхности стали азотом.

**Аналитическая химия** – наука о методах определения химического состава веществ.

**Аргон** – инертный газ с атомной массой 39,948.

**Армко-железо** – технически чистое железо.

**Асбест** – группа минералов волокнистого строения, водные силикаты магнезия, железа, кальция и натрия.

**Атомная масса** – значение массы атома, выраженное в атомных единицах массы.

**Висмут** – элемент V группы 6-го периода периодической системы, порядковый номер 83, атомная масса 208.

**Восстановление** – химическая реакция, противоположная окислению.

**Геттеры** – вещества, используемые для поглощения посторонних примесей.

**Диффузия** – самопроизвольное проникновение друг в друга газов, жидкостей и твердых тел.

**Коррозия металла** – разрушение металла под действием среды.

**Магнетит** –  $Fe_3O_4$  минерал черного цвета, железная руда.

**Масс-спектрометрия** – метод исследования вещества по спектру масс атомов и молекул, входящих в его состав.

**Металлы** – вещества, обладающие высокой электро- и теплопроводностью, ковкостью, блеском.

**Натрий** – элемент I группы 3-го периода периодической системы, порядковый номер 11, атомная масса 23.

**Пересыщение** – избыточная концентрация, содержащегося в растворе вещества сверх растворимости.

**Пробковый индикатор** – устройство для определения содержания примесей в натрии.

**Растворимость** – способность вещества образовывать с другими веществами однородные системы – растворы, в которых вещество находится в виде отдельных атомов, ионов, молекул или частиц.

**Свинец** – элемент IV группы 6-го периода периодической системы, порядковый номер 82,

атомная масса 207.

**Холодная ловушка** – устройство для очистки натрия от примесей.

**Щелочные металлы** – элементы главной подгруппы I группы периодической системы.

**Эвтектика** – сплав металлов, кристаллизующихся из расплава при температуре ниже температуры плавления отдельных компонентов.

**Электрохимический датчик** – устройство для определения содержания примеси в жидком металле путем измерения ЭДС ионопроводящего электролита.

## **15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а так же, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д.) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае обучающийся предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний обучающихся на практических занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия обучающийся может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия обучающийся должен

предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем обучающийся в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

**Программу составили:**

\_\_\_\_\_Алексеев В.В., главный научный сотрудник, д.т.н.

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_Самохин Д.С., начальник отделения Ядерной физики и технологий, к.т.н.