

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

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Утверждено на заседании
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Системы управления и защиты ядерных энергетических установок

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

Код и название направления подготовки

профиля

Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах

Код и название профиля

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2023 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 профессионального модуля (дисциплина по выбору).

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

1. Методы расчета защиты реакторов.
2. Физический расчет ядерных реакторов.
3. Прочность и ресурс ЯЭУ.
4. Конструкция ядерных реакторов на быстрых нейтронах.

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-20.2	Способен организовывать и контролировать выполнение работ, связанных с учетом и контролем ядерных материалов и обеспечением ядерной безопасности при хранении, использовании и транспортировке ядерного топлива на АС	З-ПК-20.2 знать методы расчета защиты; правовые и международные аспекты ядерного нераспространения; основные библиотеки ядерных данных; основные системы управления и защиты ядерных энергетических установок; автоматизированные системы управления технологическими процессами ядерных энергетических установок У-ПК-20.2 уметь моделировать состояний атомных электрических станций в аварийных и переходных режимах; В-ПК-20.2 владеть физическими расчетами ядерных реакторов с жестким

	спектром нейтронов
--	--------------------

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:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	48
В том числе:	
<i>лекции</i>	16
<i>практические занятия</i>	32
<i>лабораторные занятия</i>	-
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
<i>экзамен</i>	36
Самостоятельная работа обучающихся	24
Всего (часы):	108
Всего (зачетные единицы):	3

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)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)									
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1.	Основные понятия теории автоматического управления										
1.1.	Основные понятия теории автоматического управления.	1	-			1					
1.2.	Ядерно-физический контроль на АЭС.	-	5			1					
1.3.	Технологический радиационный контроль на АЭС.	1	-			1					
1.4.	Методики определения основных нейтронно-физических, теплотехнических и др. параметров ЯР	-	5			1					
2.	Вывод ЯР в критическое состояние Органы регулирования и аварийной защиты ЯР										
2.1.	Органы регулирования и аварийной защиты ЯР	1				1					
2.2.	Управление энергетическим ЯР.	1				1					
2.3.	Виды программ автоматического регулирования реакторов различного типа	1				1					

2.4.	Эффекты реактивности ЯР	2				1					
2.5.	Характеристики стержней СУЗ	2	5			1					
2.6.	Кампания реактора.	2				1					
2.7.	Изменение концентраций ^{135}I , ^{135}Xe при различных режимах работы реактора	1				1					
2.8.	Останов реактора (плановый, аварийный).	1				1					
2.9.	Цепочка аварийной защиты.	1				2					
3.	Канал аварийной защиты.										
3.1.	Канал аварийной защиты. Структурная схема и принцип работы.	1				2					
3.2.	Требования к СУЗ	1	5			2					
3.3.	Расчет средней плотности потока тепловых нейтронов в реакторе по поведению запаса реактивности		4			2					
3.4.	Пуск и останов реактора	-	4			2					
3.5.	Режимы работы реактора	-	4			2					
	Всего:	16	32			24					

Прим.: Лек – лекции, Сем/Пр – семинары, практические занятия, Лаб – лабораторные занятия, СРО – самостоятельная работа обучающихся

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Основные понятия теории автоматического управления	
1.1.	Основные понятия теории автоматического управления	Точечные модели физического ЯР в СУЗ АЭС как объект управления. Режимы работы АЭС. Автоматизированные системы управления. Функционально-групповое управление. Управление. Процесс управления. Система управления. Основные задачи управления.
1.3.	Технологический радиационный контроль на АЭС.	Общие сведения о структуре радиационного контроля на АЭС. Технологический радиационный контроль. Связь параметров радиационного контроля с СУЗ реактора. Дистанционное управление на АЭС. Элементы с дистанционным управлением на АЭС. Функционально-групповое управление на реакторе.
2.	Вывод ЯР в критическое состояние Органы регулирования и аварийной защиты ЯР	
2.1.	Органы регулирования и аварийной защиты ЯР.	Классификация и виды исполнительных механизмов СУЗ. Способы воздействия на реактивность. Устройство СУЗ. Способы функционирования, индикации, крепления СУЗ. Привода СУЗ. Общая процедура выхода реактора в критическое состояние. Подъем мощности реактора до МКУ.
2.2.	Управление энергетическим ЯР.	Управление для разных типов реакторов. Кластерное регулирование. Технологическое оборудование, требующее регулирования. Компенсатор объема, барабан-сепаратор, ГЦН, турбина и т.д.
2.3.	Виды программ автоматического регулирования реакторов различного типа.	Виды программ автоматического регулирования ВВЭР, РБМК, БН. Различные программы регулирования энергоблоков: $T_{ср}$ -const, $T_{вых}$ -const, G-const, F-const.
2.4.	Эффекты реактивности ЯР	Дифференциальные характеристики стержней СУЗ. Интегральные характеристики стержней СУЗ. Температурный эффект реактивности. Мощностной эффект реактивности.
2.5.	Характеристики стержней СУЗ	Способы калибровки стержней СУЗ Расчет максимального шага исполнительных органов СУЗ Калибровка методом «разгона», методом «перекомпенсации».
2.6.	Кампания реактора.	Определение кампании реактора. Виды кампаний. Способы перегрузки топлива в реакторе. Движение топлива в реакторе
2.7.	Изменение концентраций	Влияние изотопов ^{135}I , ^{135}Xe на запас реактивности.

	^{135}I , ^{135}Xe при различных режимах работы реактора	Изменение концентраций этих изотопов во времени.
2.8.	Останов реактора (плановый, аварийный).	Процесс снижения мощности реактора. Поведение различных параметров реактора в процессе и после останова реактора. Изменение параметров при останове
2.9.	Цепочка аварийной защиты.	Цепочка аварийной защиты. Общие принципы. Основные сигналы АЗ Аварийная защита реакторов. Требования к АЗ (ОПБ ИР - 94).
3.	Канал аварийной защиты.	
3.1.	Канал аварийной защиты. Структурная схема и принцип работы.	Канал аварийной защиты. Структурная схема и принцип работы. Аварийная защита ВВЭР, РБМК Поведение запаса реактивности реактора при различных режимах работы Принципиальная схема канала АЗ. Виды аварийных защит реакторов. Параметры срабатывания АЗ. Запас реактивности как один из основных параметров при работе реактора.
3.2.	Требования к СУЗ	Требования к СУЗ (Нормативная документация). Реактор ВВР-ц Калибровка стержней СУЗ (реальные данные реактора ВВР-ц) Требования к СУЗ (ОПБ ИР -94).

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Основные понятия теории автоматического управления	
1.2.	Ядерно-физический контроль на АЭС.	Активная зона реактора как объект контроля. Теплотехнический контроль на АЭС. Логика систем аварийной защиты. Конструирование цепочек АЗ. Описание общих схем контроля и управления мощностью реактора. Описание общих схем контроля и управления теплотехническими параметрами реакторов. Аварийная защита реакторов. Требования к АЗ (ОПБ ИР - 94).
1.4.	Методики определения основных нейтронно-физических, теплотехнических и др. параметров ЯР	Описание общих схем контроля и управления мощностью реактора. Элементы с дистанционным управлением на АЭС. Функционально-групповое управление на реакторе.
2.	Выход ЯР в критическое состояние Органы регулирования и аварийной защиты ЯР	
2.5.	Характеристики стержней СУЗ	Дифференциальные характеристики стержней СУЗ. Интегральные характеристики стержней СУЗ.

		Требования к СУЗ (ОПБ ИР -94).
3.	Канал аварийной защиты.	
3.2.	Требования к СУЗ	Требования к СУЗ (ОПБ ИР -94). Способы калибровки стержней СУЗ Калибровка методом «разгона», методом «перекompенсации».
3.3.	Расчет средней плотности потока тепловых нейтронов в реакторе по поведению запаса реактивности	Расчет средней плотности потока тепловых нейтронов в реакторе(реальные данные реактора ВВР-ц). Запас реактивности как один из основных параметров при работе реактора.
3.4.	Пуск и останов реактора	Общая процедура выхода реактора в критическое состояние. Подъем мощности реактора до МКУ. Процесс снижения мощности реактора. Поведение различных параметров реактора в процессе и после останова реактора.
3.5.	Режимы работы реактора	Режимы работы реактора

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

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль			
1.	Основные понятия теории автоматического управления.	З-ПК-20.2 У-ПК-20.2 В-ПК-20.2	Индивидуальное домашнее задание 1
2.	Ядерно-физический контроль на АЭС.		
3.	Технологический радиационный контроль на АЭС.		
4.	Методики определения основных нейтронно-физических, теплотехнических и др. параметров ЯР		
5.	Органы регулирования и аварийной защиты ЯР.		

6.	Управление энергетическим ЯР.		
7.	Виды программ автоматического регулирования реакторов различного типа.		
8.	Эффекты реактивности ЯР		
9.	Характеристики стержней СУЗ		
10.	Компания реактора.		
11.	Изменение концентраций ^{135}I , ^{135}Xe при различных режимах работы реактора		
12.	Останов реактора (плановый, аварийный).		
13.	Цепочка аварийной защиты.		
14.	Канал аварийной защиты. Структурная схема и принцип работы.		Индивидуальное домашнее задание 2
15.	Требования к СУЗ		
16.	Расчет средней плотности потока тепловых нейтронов в реакторе по поведению запаса реактивности		
17.	Пуск и останов реактора		
18.	Режимы работы реактора		
Промежуточный контроль, 3семестр			
	Экзамен	З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Экзаменационный билет

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

8.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы к экзамену:

1. Управление ЯР, продление компании ЯР, используя эффекты реактивности.
2. «Йодная яма». График изменения запаса реактивности.
3. АЭС как объект управления. Режимы работы АЭС. Основные регулируемые технологические параметры энергоблока.
4. Ядерно-физический контроль на АЭС. Активная зона реактора как объект контроля.
5. Тепло-технический контроль на АЭС.
6. Требования к СУЗ (Нормативная документация).
7. Технологический радиационный контроль на АЭС.
8. Дистанционное управление на АЭС.
9. Поведение запаса реактивности реактора при различных режимах работы.
10. Вывод ЯР в критическое состояние.
11. Аварийная защита ВВЭР, РБМК.
12. Регулирующие органы и исполнительные механизмы СУЗ.

13. Канал аварийной защиты. Аварийная защита ВВЭР.
14. Алгоритм работы стержней АР. Подъем мощности реактора.
15. Канал аварийной защиты. Структурная схема и принцип работы.
16. Автоматическое регулирование ЯР. Виды регулирования ВВЭР, БН, РБМК
17. Интегральные характеристики стержней СУЗ.
18. Цепочка аварийной защиты. Общие принципы. Основные сигналы АЗ.
19. Интерференция стержней СУЗ.
20. Способы калибровки стержней СУЗ.
21. Автоматическое регулирование питания ПГ и БС. Функциональная схема трех-импульсного регулятора уровня.
22. Эффекты реактивности ЯР.
23. Кампания реактора. Движение топлива в реакторе.
24. Изменение концентраций ^{135}I , ^{135}Xe , при различных режимах работы реактора.
25. Поведение запаса реактивности реактора при различных режимах работы.
26. Дифференциальные характеристики стержней СУЗ.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

В критерии оценки знаний по зачету входят:

1. уровень освоения студентом материала, предусмотренного учебной программой;
2. полнота и правильность ответа, степень осознанности, понимания изученного;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. ответы на дополнительные вопросы.

в) описание шкалы оценивания:

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

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

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

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

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

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач;
- выполнил одну из двух задач в индивидуальной работе.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать четкого определения основных понятий;
- не умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний

8.2.2. ИДЗ 1

а) типовые задания - образец:

Постановка задачи:

Построить градуировочные кривые для регулирующих стержней ядерного реактора.

При этом, используемый метод градуировки – метод разгона.

Этап 1.

Построение «кривой обратных часов» по представленной формуле.

Кривая обратных часов

$$\rho(t) = \frac{l \cdot \ln(2)}{T_2} + \beta_{eff} \cdot \sum_{i=1}^6 \frac{\beta_i}{1 + T_2 \cdot \frac{\lambda_i}{\ln(2)}}$$

где:

l - 0.001 – время жизни мгновенных нейтронов [сек];

β_{eff} – 0.70 – эффективная доля запаздывающих нейтронов [%];

β_i – относительная доля i – ой группы запаздывающих нейтронов $\sum_{i=1}^6 \beta_i = 1$;

λ_i – постоянная распада i -той группы запаздывающих нейтронов [сек⁻¹].

T_2 – период удвоения мощности реактора (сек)

Номер группы, i	1	2	3	4	5	6
β_i	0.033	0.219	0.196	0.395	0.115	0.042
λ_i	0.0124	0.0305	0.111	0.301	1.140	3.01

Этап 2.

По представленным данным (см. таблицу) построить интегральную характеристику компенсирующих стержней. Период удвоения мощности реактора необходимо усреднять для каждого участка стержня.

Этап 3.

По построенной интегральной характеристике компенсирующего стержня необходимо построить дифференциальную характеристику для этого же стержня.

Вариант 0

(мм)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)
AP	30	40	50	60	70	80	100	120	140
400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	0	14	25	34	41	48	59	67	75
270	0	12	22	30	37	43	52	60	68
200	0	19	35	47	58	68	83	96	106
0	0	15	29	38	47	55	67	78	86

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии оценки:

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

25-30 баллов ставится, если:

- Задание решено правильно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике.

21-30 ставится, если:

- Задание решено правильно с незначительными поправками;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;

– обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

15-20 ставится, если:

– Входе решения задания была допущена ошибка;

– материал излагается непоследовательно;

– обучающийся не может применить теоретические знания на практике;

– на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

0-15 Задание возвращается обучающемуся для переделывания.

8.2.3. ИДЗ 2

а) типовые вопросы - образец:

Постановка задачи:

Построить градуировочные кривые для регулирующих стержней ядерного реактора.

При этом, используемый метод градуировки – метод перекомпенсации.

Этап 1.

Построение интегральных характеристик (отградуированных) компенсирующих стержней, используя данные табл. 1.

Этап 2.

По построенной интегральной характеристике (отградуированного) компенсирующего стержня необходимо построить интегральную характеристику испытуемого стержня

Этап 3.

По построенной интегральной характеристике испытуемого компенсирующего стержня необходимо построить дифференциальную характеристику для этого же стержня.

Таблица 1

Интегральные характеристики стержней СУЗ

L (мм)	PP-2	PP-3
0	0	0
50	0.03	0.01
60	0.04	0.01
70	0.05	0.02
80	0.07	0.02
90	0.09	0.02
100	0.11	0.03
110	0.14	0.04
120	0.17	0.05
130	0.20	0.06
140	0.24	0.07
150	0.28	0.08
160	0.32	0.10
170	0.36	0.12
180	0.41	0.14
190	0.46	0.16
200	0.53	0.18
210	0.59	0.21
220	0.65	0.23
230	0.71	0.26
240	0.77	0.28
250	0.83	0.31
260	0.89	0.35
270	0.95	0.38
280	1.01	0.41
290	1.07	0.44
300	1.14	0.47
310	1.20	0.51
320	1.26	0.54
330	1.32	0.57
340	1.38	0.61

350	1.45	0.64
360	1.51	0.68
370	1.57	0.71
380	1.63	0.74
390	1.69	0.78
400	1.75	0.81
410	1.81	0.84
420	1.87	0.89
430	1.93	0.91
440	1.99	0.94
450	2.05	0.98
460	2.10	1.01
470	2.15	1.04
480	2.20	1.08
490	2.24	1.11
500	2.28	1.14
510	2.32	1.16
520	2.36	1.19
530	2.40	1.21
540	2.44	1.24
550	2.48	1.26
560	2.51	1.28
570	2.53	1.30
580	2.55	1.32
590	2.57	1.33
600	2.58	1.34
610	2.58	1.35
620	2.59	1.35
630	2.59	1.36
640	2.60	1.36
650	2.60	1.37

Вариант 0

Интегральные характеристики стержня PP-3

L (mm)	PP-3	L (mm)	PP-3	L (mm)	PP-3
0	0	300	0,47	560	1,26
50	0,01	310	0,51	570	1,28
60	0,01	320	0,54	580	1,3
70	0,02	330	0,57	590	1,32
80	0,02	340	0,61	600	1,34
90	0,02	350	0,64	610	1,35
100	0,03	360	0,68	620	1,35
110	0,04	370	0,71	630	1,36
120	0,05	380	0,74	640	1,36
130	0,06	390	0,78	650	1,37
140	0,07	400	0,81		
150	0,08	410	0,84		
160	0,1	420	0,89		
170	0,12	430	0,91		
180	0,14	440	0,94		
190	0,16	450	0,98		
200	0,18	460	1,01		
210	0,21	470	1,01		
220	0,23	480	1,04		
230	0,26	490	1,08		
240	0,28	500	1,11		
250	0,31	510	1,14		
260	0,35	520	1,16		
270	0,38	530	1,19		
280	0,41	540	1,21		
290	0,44	550	1,24		

Калибровка стержня PP-1(по PP-3)

PP-1	PP-2	AP	PP-3
------	------	----	------

650	446	260	180
600	446	260	186
550	446	260	200
500	446	260	222
450	446	260	249
400	446	260	282
350	446	260	315
300	446	260	347
250	446	260	377
200	446	260	403
150	446	260	422
100	446	260	434
50	446	260	440
0	446	260	442

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

Критерии оценки:

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

25-30 баллов ставится, если:

- Задание решено правильно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике.

21-30 ставится, если:

- Задание решено правильно с незначительными поправками;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

15-20 ставится, если:

- В ходе решения задания была допущена ошибка;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может применить теоретические знания на практике;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

0-15 задание возвращается обучающемуся для переделывания.

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

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (**ИДЗ 1**) и контрольная точка № 2 (**ИДЗ 2**).

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

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум

Текущий	Контрольная точка № 1		
	ИДЗ 1	18	30
	Контрольная точка № 2		
	ИДЗ 2	18	30
Промежуточный	Экзамен		
	Вопрос 1	12	20
	Вопрос 2	12	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

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.

<i>Сумма баллов</i>	<i>Оценка по 4-х балльной шкале</i>	<i>Оценка ECTS</i>	<i>Требования к уровню освоения учебной дисциплины</i>
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
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	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. Выговский, С.Б. Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР [Электронный ресурс] : учебное пособие / С. Б. Выговский, Н. О. Рябов, Е. В. Чернов. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. [Режим доступа http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Vygovskij_Bezopasnost_i_zadachi_inzhenernoj_podderzhki_2013.pdf]
2. Наумов, В.И. Физические основы безопасности ядерных реакторов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. И. Наумов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. [Режим доступа http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Naumov_Fizicheskie_osnovy_bezopasnosti_yadernyh_reaktorov_2013.pdf]
3. Постников, В.В. Контроль распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В. В. Постников, И. С. Якунин. - Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. [Режим доступа http://library.mephi.ru/Data-IRBIS/book-mephi/Postnikov_Kontrol_raspredeleniya_2012.pdf]
4. Казанский Ю. А. Кинетика ядерных реакторов. Коэффициенты реактивности. Введение в динамику : учеб. пособие для студ. вузов / Ю. А. Казанский, Я. В. Слекеничс. - М. : НИЯУ МИФИ, 2012. - 300 с. : ил. (275 экз)

б) дополнительная учебная литература:

1. Б.А. Дементьев, Кинетика и регулирование ядерных реакторов (учебное пособие) М, Энергоатомиздат, 1986.
2. М.П. Шальман, В.И. Плютинский Контроль и управление на атомных электростанциях М, Энергия 1979.
3. Емельянов И.Я, Селиверстов Б.Н, Гаврилов П.А. Управление и безопасность ядерных энергетических реакторов М, Атомиздат 1995.
4. Емельянов И.Я, Воскобойников В.В, Масленок Б.А. Основы проектирования механизмов управления ядерных реакторов М, Атомиздат 1978.

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

1. Росатом [<http://www.rosatom.ru/nuclearindustry/> Режимдоступа: 29.05.2015]
2. Нормативная база Атомэнергoproект [<http://atomenergoprom.ru/invest/rules/>]
3. Энциклопедия атома Росатом - корпорация знаний [http://www.rosatom.ru/journalist/videogallery/enciklopediya_atoma/defDocument].
4. Российское атомное сообщество [<http://www.atomic-energy.ru/>].

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	При выполнении индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать

домашнее задание	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)

1. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Интерактивное общение с помощью программы skype.
3. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных и практических занятий.

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

Применяемые на лекционных занятиях

- Технология концентрированного обучения (лекция-беседа, привлечение внимания студентов к наиболее важным вопросам темы, содержание и темп изложения учебного материала определяется с учетом особенностей студентов)
- Технология активного обучения (визуальная лекция с разбором конкретных ситуаций)

Применяемые на практических занятиях

- 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).

№ пп	Наименование темы дисциплины	Вид занятий (лекция, семинары, практические занятия)	Количество ак. ч.	Наименование активных и интерактивных форм проведения занятий
1.	Основные понятия теории автоматического управления.	Лекции	1	лекция-беседа
2.	Ядерно-физический контроль на АЭС.	Практические занятия	5	визуальный семинар с разбором конкретных задач
3.	Технологический радиационный контроль на АЭС.	Лекции	2	лекция-беседа
4.	Методики определения основных нейтронно-физических, теплотехнических и др. параметров ЯР	Практические занятия	5	визуальный семинар с разбором конкретных задач
5.	Органы регулирования и аварийной защиты ЯР.	Лекции	1	лекция-беседа
6.	Управление энергетическим ЯР.	Лекции	2	лекция-беседа
7.	Виды программ автоматического регулирования реакторов различного типа.	Лекции	1	лекция-беседа

8.	Эффекты реактивности ЯР	Лекции	2	лекция-беседа
9.	Характеристики стержней СУЗ	Лекции, Практические занятия	7	лекция-беседа, диспут, визуальный семинар с разбором конкретных задач
10.	Кампания реактора.	Лекции	2	лекция-беседа
11.	Изменение концентраций ^{135}I , ^{135}Xe при различных режимах работы реактора	Лекции	1	лекция-беседа
12.	Останов реактора (плановый, аварийный).	Лекции	1	лекция-беседа
13.	Цепочка аварийной защиты.	Лекции	1	лекция-беседа
14.	Канал аварийной защиты. Структурная схема и принцип работы.	Лекции	1	лекция-беседа
15.	Требования к СУЗ	Лекции, Практические занятия	6	лекция-беседа, диспут, визуальный семинар с разбором конкретных задач
16.	Расчет средней плотности потока тепловых нейтронов в реакторе по поведению запаса реактивности	Практические занятия	5	визуальный семинар с разбором конкретных задач
17.	Пуск и останов реактора	Практические занятия	5	визуальный семинар с разбором конкретных задач
18.	Режимы работы ИР	Практические занятия	6	визуальный семинар с разбором конкретных задач

12.2. Краткий терминологический словарь

1. АЗ – аварийная защита.
2. АР – автоматический регулятор
3. АЭС – атомная электростанция.
4. БН – реактор на быстрых нейтронах.
5. ВВЭР – водо-водяной энергетический реактор.
6. ВВЭР-ц – водо-водяной энергетический реактор с принудительной циркуляцией теплоносителя для исследовательских целей.
7. ГЦН – главный циркуляционный насос.
8. ИДЗ – индивидуальное домашнее задание.
9. МКУ – минимальный контролируемый уровень мощности.
10. ОПБ ИР – Общие правила безопасности исследовательских реакторов.
11. РБМК – реактор большой мощности канальный.
12. РУ АС – реакторная установка атомной станции.
13. РР – ручной регулятор.
14. СУЗ – система управления и защиты.
15. ЧАЭС - Чернобыльская атомная электростанция.
16. ЯР – ядерный реактор.
17. ЯЭУ – ядерная энергетическая установка.

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 составил:

_____ О.Ю. Кочнов, д.т.н., профессор

Рецензент:

_____ Д.С. Самохин, к.т.н., доцент