

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

План одобрен
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол № 25.8 от 25.08.2025

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

Системы автоматического управления ядерных энергетических установок
название дисциплины

Специальность

14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

Образовательная программа
Ядерные реакторы
Шифр, название специализации

Форма обучения: очная

г. Обнинск

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Динамика и безопасность ядерных энергетических установок» и предназначен для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу данной дисциплины.

Цели и задачи фонда оценочных средств

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Динамика и безопасность ядерных энергетических установок» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

1.1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-4	Способен применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области	З-ПК-4 Знать экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области У-ПК-4 Уметь применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области В-ПК-4 Владеть методами интерпретации (анализа) и презентации полученных результатов

1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП специалитета

Компоненты компетенций, как правило, формируются при изучении нескольких дисциплин, а также в немалой степени в процессе прохождения практик, НИР и во время самостоятельной работы обучающегося. Выполнение и защита ВКР являются видом учебной деятельности, который завершает процесс формирования компетенций.

Место дисциплины и соответствующий этап формирования компетенций в целостном процессе подготовки по образовательной программе можно определить по матрице компетенций, которая приводится в Приложении.

Этапы формирования компетенции в процессе освоения дисциплины:

- **начальный** этап – на этом этапе формируются знаниевые и инструментальные основы компетенции, осваиваются основные категории, формируются базовые умения. Студент воспроизводит термины, факты, методы, понятия, принципы и правила; решает учебные задачи по образцу;
- **основной** этап – знания, умения, навыки, обеспечивающие формирование компетенции, значительно возрастают, но еще не достигают итоговых значений. На этом этапе студент осваивает аналитические действия с предметными знаниями по дисциплине, способен самостоятельно решать учебные задачи, внося коррективы в алгоритм действий, осуществляя коррекцию в ходе работы, переносит знания и умения на новые условия;
- **завершающий** этап – на этом этапе студент достигает итоговых показателей по заявленной компетенции, то есть осваивает весь необходимый объем знаний, овладевает всеми умениями и навыками в сфере заявленной компетенции. Он способен использовать эти знания, умения, навыки при решении задач повышенной сложности и в нестандартных условиях.

Этапы формирования компетенций в ходе освоения дисциплины отражаются в тематическом плане (см. п. 4 рабочей программы дисциплины).

1.3. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ 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.	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	Индивидуальное домашнее задание 1
2.	Ядерно-физический контроль на АЭС.	Способность анализировать и оценивать эффективность систем учета, контроля ядерных материалов и безопасности ядерных установок (ПСК-1.12)	
3.	Технологический радиационный контроль на АЭС.	Способность анализировать и оценивать эффективность систем учета, контроля ядерных материалов и безопасности ядерных установок (ПСК-1.12)	
4.	Методики определения основных нейтронно-физических, теплотехнических и др. параметров ЯР	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
5.	Органы регулирования и аварийной защиты ЯР.	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать	

		методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
6.	Управление энергетическим ЯР.	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
7.	Виды программ автоматического регулирования реакторов различного типа.	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
8.	Эффекты реактивности ЯР	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
9.	Характеристики стержней СУЗ	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения	

		риска их возникновения (ПСК-1.12)	
10.	Кампания реактора.	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
11.	Изменение концентраций ^{135}I , ^{135}Xe при различных режимах работы реактора	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
12.	Останов реактора (плановый, аварийный).	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
13.	Цепочка аварийной защиты.	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения	

		(ПСК-1.12)	
14.	Канал аварийной защиты. Структурная схема и принцип работы.	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	Индивидуальное домашнее задание 2
15.	Требования к СУЗ	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
16.	Расчет средней плотности потока тепловых нейтронов в реакторе по поведению запаса реактивности	Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	
17.	Пуск и останов реактора	Способность анализировать и оценивать эффективность систем учета, контроля ядерных материалов и безопасности ядерных установок (ПСК-1.12)	
18.	Режимы работы ИР	Способность анализировать и оценивать эффективность	

		систем учета, контроля ядерных материалов и безопасности ядерных установок (ПСК-1.12)	
Промежуточный контроль			
	Зачет	Способность анализировать и оценивать эффективность систем учета, контроля ядерных материалов и безопасности ядерных установок (ПСК-1.12) Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения (ПСК-1.12)	Вопросы к зачету

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям, которые приведены в п.1.1. Формирование этих дескрипторов происходит в процессе изучения дисциплины по этапам в рамках различного вида учебных занятий и самостоятельной работы.

Выделяются три уровня сформированности компетенций на каждом этапе: пороговый, продвинутый и высокий.

Уровни	Содержательное описание уровня	Основные признаки выделения уровня	БРС, % освоения	ECTS/Пятибалльная шкала для оценки экзамена/зачета
Высокий <i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Творческая деятельность	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент демонстрирует свободное обладание компетенциями, способен применить их в нестандартных ситуациях: показывает умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий	90-100	A/ Отлично/ Зачтено
Продвинутый <i>Все виды компетенций сформированы на продвинутом уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>	Применение знаний и умений в более широких контекстах учебной и профессиональной деятельности, нежели по образцу, большей долей самостоятельности и инициативы	<i>Включает нижестоящий уровень.</i> Студент может доказать владение компетенциями: демонстрирует способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	85-89	B/ Очень хорошо/ Зачтено
			75-84	C/ Хорошо/ Зачтено
Пороговый <i>Все виды компетенций сформированы на пороговом уровне</i>	Репродуктивная деятельность	Студент демонстрирует владение компетенциями в стандартных ситуациях: излагает в пределах задач курса теоретически и практически контролируемый материал.	65-74	D/Удовлетворительно/ Зачтено
			60-64	E/Посредственно /Зачтено
Ниже порогового	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Не зачтено

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламенту текущего контроля и промежуточной аттестации.

Критерии оценивания компетенций на каждом этапе изучения дисциплины для каждого вида оценочного средства и приводятся в п. 4 ФОС. Итоговый уровень сформированности компетенции при изучении дисциплины определяется по таблице. При этом следует понимать, что граница между уровнями для конкретных результатов освоения образовательной программы может смещаться.

Уровень сформированности компетенции	Текущий контроль	Промежуточная аттестация
высокий	высокий	высокий
	<i>продвинутый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>продвинутый</i>
продвинутый	<i>пороговый</i>	<i>высокий</i>
	<i>высокий</i>	<i>пороговый</i>
	продвинутый	продвинутый
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	пороговый	пороговый
ниже порогового	пороговый	ниже порогового
	ниже порогового	-

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков 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:

9 семестр

контрольная точка № 1 (**ИДЗ 1**) и контрольная точка № 2 (**ИДЗ 2**).

10 семестр

контрольная точка № 1 (**Коллоквиум**) и контрольная точка № 2 (**Работа на тренажере**).

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

9 семестр

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	Зачет		
	Вопрос 1	12	20
	Вопрос 2	12	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

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

Зачет(экзамен) 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(экзамене) для тех обучающихся, которые пропустили 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(экзамене).

4.Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков

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

Вопросы для зачета

по дисциплине Системы автоматического управления ядерных энергетических установок

(наименование дисциплины)

1. Управление ЯР, продление кампании 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.

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.

Описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Отлично 36-40	Студент должен: - продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; - исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; - правильно формулировать определения; - продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой; - уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30-35	Студент должен: - продемонстрировать достаточно полное знание программного материала; - продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; - продемонстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 25-29	Студент должен: - продемонстрировать общее знание изучаемого материала; - показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины; - уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.
Неудовлетворительно 24 и меньше	Студент демонстрирует: - незнание значительной части программного материала; - не владение понятийным аппаратом дисциплины; - существенные ошибки при изложении учебного материала; - неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; - неумение делать выводы по излагаемому материалу.

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

Комплект индивидуальных домашних заданий №1

по дисциплине Системы автоматического управления ядерных энергетических установок

(наименование дисциплины)

Задание:

Калибровка стержня АР (метод разгона)

1. Построение кривой обратных часов

$l=0.001(\text{сек.})$ – время жизни мгновенных нейтронов;

$\beta_{eff}=0.7(\%)$ – эффективная доля запаздывающих нейтронов;

2. Определим периоды удвоения мощности при разных положениях стержня АР.

3. Построим интегральную характеристику.

4. Построим дифференциальную характеристику.

Вариант 1

(мм)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)	T(сек)
АР	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

Вариант 2

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.

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

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

Комплект индивидуальных домашних заданий №2

по дисциплине Системы автоматического управления ядерных энергетических
установок

(наименование дисциплины)

Задания:

1. Калибровка стержня РР методом перекомпенсации.

Построим интегральную характеристику.

2. Калибровка стержня РР-1 (по РР-3).

Определим реактивность, вносимую стержнем РР-3

Построим интегральную характеристику для стержня РР-1.

Построение дифференциальной кривой для стержня РР-1.

3. Калибровка стержня АР (по РР-3).

Определим реактивность, вносимую стержнем РР-3.

Построим интегральную характеристику для стержня РР-1.

Построение дифференциальной кривой для стержня РР-1

Вариант 1

Интегральные характеристики стержня РР-3

L (mm)	РР-3	L (mm)	РР-3	L (mm)	РР-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 РР-1(по РР-3)

РР-1	РР-2	АР	РР-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

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.

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.

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

Вопросы на коллоквиум

по дисциплине Системы автоматического управления ядерных энергетических установок

(наименование дисциплины)

1. Принципы работы основного оборудования I контура.
2. Принципы работы основного оборудования II контура.
3. Схема управляющих воздействий и роль обратных связей.
4. Уравнение баланса передачи тепла от топлива к теплоносителю I контура. Уравнение баланса передачи тепла теплоносителем от реактора к парогенератору.
5. Уравнение баланса передачи тепла в ПГ от теплоносителя I контура к воде-пару II контура.
6. Уравнение баланса энергии в турбине и конденсаторе.
7. Уравнение баланса передачи энергии от турбины к генератору.
8. Роль положительного парового эффекта реактивности в развитии аварии на реакторе РБМК ЧАЭС.
9. Малая течь I контура.
10. Большая течь I контура.
11. Гидроаккумулирующие емкости.
12. Спринклерная система.
13. Обеспечение электроснабжения при обесточивании АЭС.

Критерии оценивания компетенций (результатов):

На коллоквиуме задается вопрос.

8-10 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.

5-7 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.

1-4 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;

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 может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний

Описание шкалы оценивания:

5-10 коллоквиум, считается сданным

0-4 студенту задается другой вопрос, при ответе на который вводится коэффициент 0,8 к полученному результату ответа

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

Задания для работы на тренажере

по дисциплине Системы автоматического управления ядерных энергетических установок

(наименование дисциплины)

Задание № 1.

Определение критического положения десятой группы поглощающих стержней методом экстраполяции кривой обратного умножения

В данной работе используется следующее соотношение, связывающее мощность и

коэффициент размножения подкритического реактора:
$$N = \frac{N_{ист}}{1 - K_{eff}},$$

где N – мощность реактора, а $N_{ист}$ – число нейтронов, испускаемых источником за время жизни одного поколения. Если $K_{eff}(h)$ линейно растёт с ростом h , то зависимость $N(0)/N(h)$ стабильная. Это даёт нам возможность, экстраполируя зависимость $N(0)/N(h)$ до пересечения с осью абсцисс, получить предполагаемое значение h , при котором реактор станет критическим.

В исходном состоянии реактор находится на мощности ??? % $N_{ном}$ в подкритическом состоянии. В ходе работы стержни 10-й группы выводятся с шагом 10%. После установления стационарного уровня мощности на графике откладываются величины $N(0)/N(h)$. После вывода стержней до 50% нужно получить экстраполированное значение критического положения стержней и сравнить его с экспериментальным.

	Н, %	N(h)	$\frac{N_0}{N(h)}$	Н _{экстр} , %
0	0			
1	10			
2	20			
3	30			
4	40			
5	50			

Задание № 2.

Определение критической концентрации борного поглотителя методом экстраполяции кривой обратного умножения.

Используемые в данной работе соотношения аналогичны заданию №1, но в качестве средства воздействия на реактивность выступает концентрация борной кислоты.

В исходном состоянии реактор находится на ??? % $N_{ном}$ в подкритике. Изменяя концентрацию поглотителя с шагом 0,005 г/кг, записываем значение мощности после окончания переходного процесса и отношение $N(C_{h0})/N(C_b)$. Измерения продолжаем, пока $N(C_{h0})/N(C_b)$ не станет меньше 0,5. После этого нужно получить экстраполированное значение критической концентрации и сравнить ее с экспериментальной

N	C_b , г/кг	$N_{подк}(C_b)$, %	$N_0/N(C_b)$
0			
1			
2			
...			

Задание №3.

Измерение относительной характеристики 5-й группы регулирующих стержней в подкритическом состоянии реактора.

Относительной характеристикой называется зависимость отношения реактивности, внесенной в реактор выводом из него части стержня, к реактивности, внесённой в реактор при полном выводе стержня, от высоты подъёма стержня.

При построении характеристики используется следующее соотношение: $N_0 = \frac{N_{ист}}{\Delta K_0}$, где N_0 – начальная мощность реактора, $N_{ист}$ – мощность источника, ΔK_0 – исходная подкритичность. Для

произвольного положения стержней: $N(z) = \frac{N_{ист}}{\Delta K - \Delta K(z)}$, где $\Delta K(z)$ – внесённая реактивность

при подъёме стержня на высоту z .

$\frac{N_0}{N(z)} = \frac{\Delta k - \Delta k(z)}{\Delta k_0} = 1 - \frac{\Delta k(z)}{\Delta k_0}$. Для поднятых стержней: $\frac{\Delta k(100)}{\Delta k_0} = 1 - \frac{N_0}{N(100)}$, отсюда получаем

рабочее соотношение.

Исходное состояние – реактор в подкритическом состоянии на низком уровне мощности. 5-ю группу выводим из реактора с шагом 5% на первых 20% и на последних 10% высоты. На остальном участке с шагом 10%. Определить число линейных процентов.

Z	N(z)	$\frac{N_0}{N(z)}$	$1 - \frac{N_0}{N(z)}$	$\frac{1 - \frac{N_0}{N(z)}}{1 - \frac{N_0}{N(100)}}$
0				
5				
10				
15				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
85				
90				
95				
100				

Задание №4.

Измерение относительной характеристики 5-й группы поглощающих стержней в критическом состоянии реактора методом перекомпенсации на борный поглотитель.

В данной работе для определения относительной эффективности различных участков стержней изменялось количество борной кислоты, необходимой чтобы скомпенсировать внесенную стержнем реактивность. Если предположить, что реактивность реактора линейно зависит от концентрации борной кислоты, то отношение эффективности участка стержня к эффективности всего стержня будет равно отношению количества борной кислоты, необходимой для компенсации участка, к количеству борной кислоты, необходимой для компенсации всего стержня.

Исходное состояние – реактор на низком уровне мощности, выведен в критическое состояние с помощью борной кислоты. Стержни выводятся из реактора с таким же шагом, как и в предыдущей работе. После чего реактор выводится в критическое состояние борным поглотителем. Определить число линейных процентов.

Z, %	$C_b^{кр}, \text{ г/кг}$	$C_b - C_b(0), \text{ г/кг}$	$\frac{C_b^{кр} - C_b^{кр}(0)}{C_b^{кр}(100) - C_b^{кр}(0)}$
0			
5			
...			

Задание №5.

Определение абсолютной эффективности 5-й группы поглощающих стержней

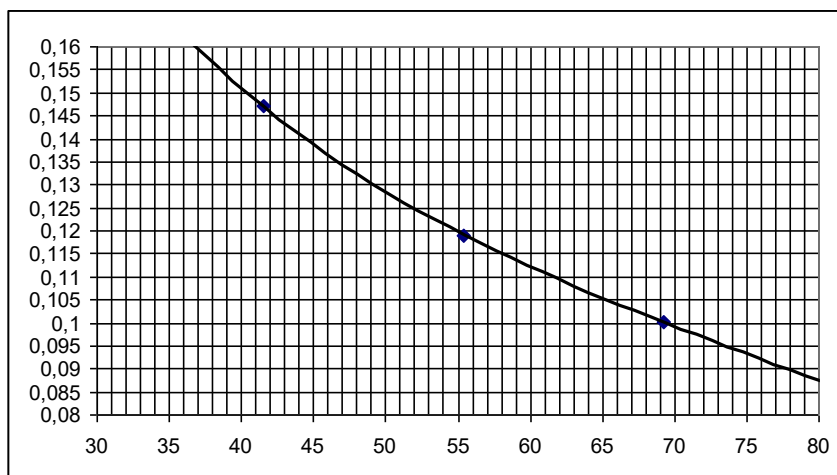
Для определения эффективности органов регулирования в данной работе используется

формула обратных часов: $\rho = \frac{l}{T_i * k_{eff}} + \sum_{i=1}^6 \frac{\beta_{ief}}{1 + \lambda_i * T}$, где l - время жизни мгновенных

нейтронов, T – установившийся период разгона реактора, β_i - эффективная доля I-й группы запаздывающих нейтронов, λ_i - постоянная распада I-й группы запаздывающих нейтронов.

Зависимость $\rho(T)$ задаётся таблично.

$T_2, \text{ с}$	27,7	41,5	55,4	69,3	139
$\rho, \$$	0,194	0,147	0,119	0,1	0,0557



Исходное состояние – стержни 5-й группы выведены на 50%, реактор выведен в критическое состояние бором. Далее с помощью 5-й группы реактор выводится в надкритическое состояние ($\rho = +0,001 \beta$), записываем начальное значение мощности и отмечаем моменты времени, в которые мощность удваивается. По этим данным получаем период разгона реактора. Источником погрешностей, который необходимо учесть, является вклад запаздывающих нейтронов на начальном участке разгона и мощностной эффект реактивности в конце. Разгон реактора продолжается до тех пор, пока введенная реактивность

не будет скомпенсирована температурным эффектом реактивности. По величине средней температуры определяем величину этого эффекта.

N, %N _{ном}	t+??min	T ₂ , c
0,001	0:??	-
0,002		
0,004		
...		

$$T_{cp}=???c; \quad \Delta\rho = \text{из таблицы } \beta_{эфф}; \quad \Delta\rho(1\%) = \frac{\Delta\rho}{\Delta h(x - 50\%)}$$

Вес всего стержня определяется как эффективность одного процента, умноженного на число линейных процентов. $\Delta\rho = \Delta\rho(1\%) * ???$

До разгона реактора: $T_{вх}=T_{вых}=???^{\circ}C$, $T_{cp}=???^{\circ}C$

После разгона: $T_{вх}=???^{\circ}C$ $T_{вых}=???^{\circ}C$ $T_{cp}=???^{\circ}C$ $\Delta T_{cp}=???^{\circ}C$

$$\alpha_T = \frac{\Delta\rho}{\Delta T} = ??? \frac{\beta}{^{\circ}C}$$

Задание №6.

Измерение скорости ввода реактора в йодную яму.

В процессе работы реактора в нем накапливаются изотопы I^{135} и Xe^{135} . Концентрация первого из них растёт до тех пор, пока скорость образования не станет равна скорости его распада, и линейно зависит от потока нейтронов. Концентрация Xe^{135} при больших значениях нейтронного потока перестаёт от него зависеть, т.к. Xe^{135} имеет очень большое сечение захвата нейтронов. Если мощность реактора после длительной работы с большим нейтронным потоком падает до нуля, Xe^{135} из реактора практически перестаёт исчезать, а образование его прекращается, т.к. I^{135} накапливается за время работы. Реактор начинает терять реактивность. Скорость потери реактивности мы измеряем в этой работе.

Из исходного состояния реактор, работавший на номинальной мощности, переводится на мощность близкую к нулю. После этого с периодичностью 5-8 минут записываются 4 значения критической концентрации поглотителя, которая снижается во времени. По графику

$\Delta C_b(t)$ находится производная $\frac{dC}{dt}$. Умножив её на α_{Cb} получим скорость потери реактивности.

C_b $\Delta C_b(t)$ t dt, час

$$\frac{dC}{dt} = ???$$

$$\frac{\Delta\rho}{\Delta t} = \frac{dC}{dt} * \alpha_{Cb} = ???$$

Задание №7.

Измерение коэффициента реактивности борного поглотителя методом разгона реактора, определение эффективности 5-й группы поглощающих стержней, оценка температурного коэффициента реактивности теплоносителя.

Методика определения реактивности, вносимой борным поглотителем, совпадает с предыдущей работой. Определив реактивность, вносимую в реактор борным поглотителем, мы

можем воспользоваться результатом одной из предыдущих работ и определить вес 5-й группы стержней, ранее выраженной через концентрацию бора.

Исходное состояние – стержни полностью опущены, реактор критичен за счёт концентрации бора. Мы переводим реактор в надкритическое состояние (борной кислотой), фиксируя моменты удвоения мощности. Разгон продолжается до тех пор, пока реактор не вернется в критическое состояние.

N, %N_{ном} T, с T₂, с
0,001
0,002

””
T_{ср}=??? с, Δρ=??? β

Приращение концентрации бора:

ΔC=??? г/кг

$$\alpha_C = \frac{\Delta \rho}{\Delta C} = ??? \frac{\beta}{\text{г/кг}}$$

Вес 10-ой группы: Δρ_{сг} = -α_{сг} (C_с(100) - C_с(0))=??? β

До разгона реактора: T_{вх}=T_{вых}=??? °C, T_{ср}=??? °C

После разгона: T_{вх}=??? °C T_{вых}=??? °C T_{ср}=??? °C ΔT_{ср}=??? °C

$$\alpha_T = \frac{\Delta \rho}{\Delta T} = ??? \frac{\beta}{^\circ\text{C}} \text{ (сравнить с предыдущей работой)}$$

Задание №8.

Измерение мощностного коэффициента реактивности при разном числе работающих ГЦН.

Мощностным коэффициентом реактивности называют изменение реактивности, отнесённой к изменению мощности на 1%N_{ном}. Мощностной коэффициент реактивности связан с температурными коэффициентами топлива и замедлителя. Влияние различного числа работающих ГЦН на МКР связано с различным расходом теплоносителя и различным его подогревом. Для 2-х ГЦН температура растёт быстрее чем для 4-х.

Исходное состояние – работают 4 ГЦН, мощность 10%, 10-ая группа выведена, реактор критичен за счёт концентрации бора. Необходимо, увеличивая мощность реактора, вывести его в критическое состояние на 30 и 50%N_{ном}, воздействуя на реактор поглотителем. Затем возвращаемся назад, проходя критическое состояние на 30 и 50%N_{ном}. В каждом состоянии записываем критическую концентрацию бора. Прделаав измерения на 4-х ГЦН, выключаем 2 ГЦН в четных или нечётных петлях, после чего проводим измерения снова. Строим график

C(N) и находим производную $\frac{dC_b}{dN}$. Умножая - $\frac{dC_b}{dN}$ на α_{сб}, получаем α_в

Два ГЦН		4 ГЦН	
N, %N _{ном}	C _б ^{кп} , г/кг	N, %N _{ном}	C _б ^{кп} , г/кг
10		10	
30		30	
50		50	
30		30	
10		10	

Для 2-х ГЦН:

$$\frac{\Delta C}{\Delta N} = ??? \frac{\text{г/кг}}{\%N_{\text{ном}}} \quad \alpha_w = ??? \frac{\beta}{\%N_{\text{ном}}}$$

Для 4-х ГЦН:

$$\frac{\Delta C}{\Delta N} = ??? \frac{\frac{z}{Kz}}{\%N_{НОМ}} \quad \alpha_w = ??? \frac{\beta}{\%N_{НОМ}}$$

Задание №9.

Определение температурных коэффициентов топлива и теплоносителя.

В данной работе реактивность представляется следующей формулой:

$$\Delta \rho := \alpha_{тн} \cdot \Delta T_{тн} + \alpha_{топ} \cdot \Delta T_{топ} + \alpha_{св} \cdot \Delta C_{св}$$

Для того, чтобы с помощью этой формулы можно было определить $\alpha_{тн}$ и $\alpha_{топ}$, нужно знать характеристики (ρ , $T_{тн}$, $T_{топ}$, $C_{св}$) как минимум 2-х состояний реактора. В этом случае мы можем составить следующую систему:

$$\Delta \rho_1 := \alpha_{тн} \cdot \Delta T_{тн1} + \alpha_{топ} \cdot \Delta T_{топ1} + \alpha_{св} \cdot \Delta C_{св1}$$

$$\Delta \rho_2 := \alpha_{тн} \cdot \Delta T_{тн2} + \alpha_{топ} \cdot \Delta T_{топ2} + \alpha_{св} \cdot \Delta C_{св2}$$

где: $\Delta T_{тн1} := T_{тн1} - T_{тн0}$ $\Delta T_{топ1} := T_{топ1} - T_{топ0}$ $\Delta C_{св1} := C_{св1} - C_{св0}$ $\Delta \rho_1 := \rho_1 - \rho_2$ и т.д.

и решить её относительно $\alpha_{тн}$ и $\alpha_{топ}$.

В данной работе исходным состоянием является критический реактор (10-я группа сверху, остальные внизу) с двумя работающими ГЦН, имеющий мощность 50%. Для выполнения работы нужно включить ещё 2 ГЦН, дождаться конца переходного процесса, записать характеристики реактора, и затем, меняя концентрацию борного поглотителя, вернуть реактор на мощность 50% и снова записать характеристики. По полученным данным нужно составить систему уравнений и решить её.

- 1) Два включенных ГЦН (N=50%), фиксируем поглотителем $\rho = 0$
- 2) Включены все ГЦН.
- 3) N=???%, увеличивая концентрацию бора, доводим до N=50%
- 4) Изменяем $C_{св}$, чтобы $T_{топ} = T_{топ}(исх)$.
- 5) Изменяем $C_{св}$, чтобы $T_{тн} = T_{тн}(исх)$

№	N, %	$C_{св}$	$T_{топ}$	$T_{вх}$	$T_{вых}$	$T_{ср}$	$\Delta T_{топ}$	$\Delta T_{тепл}$	dC
1									
2									
3									
4									
5									

Два последних режима предназначены для проверки, так как в них меняется только один из параметров. Это позволяет сразу определить один из коэффициентов.

Запишем систему, подставив из работы №6 $\alpha_{св}$

найдем

$\alpha_{тн}$ и $\alpha_{топ}$

Обработка 2-х последних результатов дает для проверки:

$\alpha_{тн}$ и $\alpha_{топ}$

Критерии оценивания компетенций (результатов):

Показатели оценки	Критерии оценки	Баллы (max)
Предварительный опрос	- раскрытие вопроса; - названия и определения; - формулировка понятий и категорий; - использование дополнительной литературы и иных материалов и др.	5

Соблюдение требований к оформлению рабочей тетради	- грамотность и культура изложения; - владение терминологией и понятийным аппаратом проблемы; - культура оформления.	15
Правильность выполнения заданий	- правильность и правильная последовательность выполнения заданий, изложенных в методическом описании; - правильный расчет параметров.	25
Обоснование выбранных действий	- продемонстрировать знаний программного материала; - изложить теоретический материал; - продемонстрировать умения работы с литературой; - выводы по излагаемому материалу.	5

Описание шкалы оценивания:

30-50 задания, выполняемые на тренажере, считается выполненным

0-29 задания, выполняемые на тренажере, требуют доработки