

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

### **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине**

**Кинетика ядерных реакторов**

*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 2023 г.

## **Область применения**

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Кинетика ядерных реакторов» и обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **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 «Кинетика ядерных реакторов» решаются следующие задачи:

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

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

1.1. 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.

### 1.2. Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОП магистратуры

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.

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. РПД).

### 1.3. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
<b>Текущая аттестация, 2 семестр</b>			
1	<b>Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.</b>	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 1 КР 1
1.1	Вывод уравнения кинетика исходя из баланса «средних» нейтронов.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2	Аналитические решения уравнений кинетики.	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 1 КР 1
2.1	Общее решение.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2.2	Одна группа запаздывающих нейтронов.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2.3	Обращенное решение уравнений кинетики.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
2.4	Решение УК в приближении скачка на мгновенных нейтронах.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
3	<b>Коэффициенты реактивности и их оценка для идеализированного гомогенного реактора.</b>	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
3.1	Определение коэффициентов реактивности. Температурные КР.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
3.2	Особенности мощностного и доплеровского КР.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
4	<b>Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.</b>	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
4.1	Коэффициенты реактивности и запасы реактивности для реакторов ВВЭР, РБМК, БН.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
5	<b>Уравнения динамики реакторов.</b>	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
5.1	Общий вид уравнений динамики с использованием коэффициентов реактивности.	З-ОПК-1 У-ОПК-1 В-ОПК-1	
5.2	Приближенные уравнения	З-ОПК-1	

	динамики (обратные связи по мощности, приближение мгновенного скачка, приближение без запаздывающих нейтронов.	У-ОПК-1 В-ОПК-1	
<b>6</b>	<b>Аналитические решения задач по динамике реакторов.</b>	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
6.1	Медленные процессы – приближение скачка на мгновенных нейтронах.	3-ОПК-1	
6.2	Процессы на мгновенных нейтронах.	3-ОПК-1	
<b>7</b>	<b>Анализ реактивной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.</b>	<i>ОПК-1</i>	Оценочное средство № 2 КР 2
7.1	Анализ реактивной аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС.	3-ОПК-1	
<b>Промежуточная аттестация, 2 семестр</b>			
	зачет	3-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1	Оценочное средство № 3 КИ

## 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
<b>Высокий</b> <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
<b>Продвинутый</b> <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
<b>Пороговый</b> <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
<b>Ниже порогового</b>	Отсутствие признаков порогового уровня: компетенции не сформированы. Студент не в состоянии продемонстрировать обладание компетенциями в стандартных ситуациях.		0-59	Неудовлетворительно/ Неачтено

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	<b>высокий</b>	<b>высокий</b>
	<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>
	<b>продвинутый</b>	<b>продвинутый</b>
	<i>продвинутый</i>	<i>пороговый</i>
	<i>пороговый</i>	<i>продвинутый</i>
пороговый	<b>пороговый</b>	<b>пороговый</b>
ниже порогового	<b>пороговый</b>	<b>ниже порогового</b>
	<b>ниже порогового</b>	-

### 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

<i>Оценочное средство № 1</i>		60% от 30	30
<b>Контрольная точка № 2</b>	<b>15-16</b>	<b>18 (60% от 30)</b>	<b>30</b>
<i>Оценочное средство № 2</i>		60% от 30	30
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>-</b>	<b>24 – (60% 40)</b>	<b>40</b>
Зачет	-		
<i>Оценочное средство № 3</i>	-	60% от 40	40
<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.

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

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**

Направление	<u>14.04.02 Ядерные физика и технологии</u>
Образовательная программа	<u>«Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах»</u>
Дисциплина	<u>Кинетика ядерных реакторов</u>

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Качественный вывод уравнений кинетики. Основная переменная – количество нейтронов, количество делений, мощность.
2. Формула обратного умножения.
3. Использование формулы обратного умножения при контроле за набором критмассы.
4. Решение точечного уравнения кинетики без учета запаздывающих нейтронов.
5. Решение точечного уравнения кинетики в приближении одной группы запаздывающих нейтронов (общий вид).
6. Частный случай решения при введении в критический реактор (без источника) реактивности.
7. Обращенное решение точечного уравнения кинетики. Реактиметры.
8. Решение точечного уравнения кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов в приближении мгновенного скачка (дифференциальная и интегральная формы).
9. Температурный коэффициент реактивности для гомогенного реактора. Составляющая, связанная с изменениями размеров и плотности ядер в активной зоне реактора в В2 – приближении.
10. Температурный коэффициент реактивности для гомогенного реактора. Составляющая, связанная с зависимостью средней энергии тепловых нейтронов от температуры активной зоны в приближении формулы 4-х сомножителей.
11. Температурный коэффициент реактивности для гомогенного реактора. Составляющая, связанная с доплер-эффектом. Изменения средних сечений поглощения нейтронов в зависимости от концентрации ядер данного нуклида и температуры.
12. Особенность доплер-эффект для делящегося нуклида.

13. Особенности мощностного коэффициента реактивности. Асимптотический мощностной коэффициент реактивности.
14. Коэффициенты реактивности для реакторов типа ВВЭР.
15. Коэффициенты реактивности для реакторов типа РБМК.
16. Коэффициенты реактивности для реакторов типа БН.
17. Запас реактивности и его компенсация.
18. Дифференциальные уравнения динамики реакторов при обратных связях по температуре топлива и теплоносителя.
19. Дифференциальные уравнения динамики реакторов при обратных связях по мощности.
20. Уравнения динамики реакторов при обратных связях по мощности в приближении скачка на мгновенных нейтронах.
21. Дифференциальные уравнения динамики реакторов при обратных связях по температуре топлива и теплоносителя в приближении скачка на мгновенных нейтронах.
22. Уравнение динамики в приближении мгновенного скачка. Решение для случая обратной связи по мощности и наличии потери реактивности из-за выгорания топлива.
23. Решение уравнения динамики при введении в реактор реактивности  $\rho > \beta_{эфф}$  (приближение Нордгейма-Фукса). Зависимость мощности от реактивности. Зависимость мощности, реактивности и выделившейся энергии от времени.
24. Качественное описание поведения мощности реактора во времени при введении положительной реактивности и обратной связи по мощности (положительной и отрицательной).
25. Качественное описание поведения мощности реактора во времени при введении отрицательной реактивности и обратной связи по мощности (положительной и отрицательной).
26. Авария на IV блоке Чернобыльской АЭС. Причины аварии, связанные с особенностями нейтронно-физических характеристик активной зоны РБМК. Мероприятия, реализованные на реакторах РБМК после аварии.

### Критерии и шкала оценивания

Оценка	Критерии оценки
Зачтено 24-40	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
Незачтено 23 и меньше	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

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**

Направление	<u>14.04.02 Ядерные физика и технологии</u>
Образовательная программа	<u>«Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах»</u>
Дисциплина	<u>Кинетика ядерных реакторов</u>

**Комплект заданий для контрольной работы 1**

**Вариант 0**

1. В приближении одной группы ЗН найдите количество распадов ядер предшественников в единицу времени в реакторе, работающем на постоянном уровне мощности в 7 МВт. При расчете примите  $\nu = 2.5$ ,  $K_{eff} = 1.0$ ,  $\beta_{eff} = 0.64\%$ .
2. В критический реактор без источника нейтронов в момент  $t=0$  введена положительная реактивность. Мощность за короткое время выросла в 1.22 раза (скачок на мгновенных нейтронах). В приближении одной группы запаздывающих нейтронов найдите значение этой реактивности после ввода этой положительной реактивности. При расчетах принять  $\lambda = 0.1$  1/с;  $\beta = 0.0064$ ;  $\Lambda = 0.3$  мс.

## Критерии и шкала оценивания

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Отлично с 30 до 27 баллов	Студент должен: Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющихся следствием незнания или непонимания учебного материала. Студент показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.
Хорошо с 26 до 21 баллов	Студент должен: Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны. Допущена одна ошибка или два-три недочета.
Удовлетворительно с 20 до 18 баллов	Студент должен: Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов
Неудовлетворительно с 17 до 0 баллов	Студент должен: Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки.

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**

Направление	<u>14.04.02 Ядерные физика и технологии</u>
Образовательная программа	<u>«Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах»</u>
Дисциплина	<u>Кинетика ядерных реакторов</u>

**Комплект заданий для контрольной работы 2**

**Вариант 0**

1. С помощью обращенного решения уравнения кинетики для реактора нашли реактивность равную  $\rho/\beta = 0,2$ . В приближении одной группы запаздывающих нейтронов найдите период удвоения мощности реактора и вклад в измеряемую реактивность, вносимую составляющей содержащей производную количества нейтронов по времени, полагая, что доля запаздывающих нейтронов 0,5%, постоянная распада запаздывающих нейтронов равна  $0,1\text{c}^{-1}$  и  $\Lambda = 10^{-3}\text{c}$ .
2. Реактор с источником ( $q = 7 \cdot 10^7$  н/с) находится в подкритическом состоянии. Каковы будут показания реактиметра в двух случаях. (1). В программное реактиметра не введена составляющая, содержащая источник ( $\rho_1/\beta$ ). (2). В программном обеспечении имеется составляющая, содержащая источник нейтронов ( $\rho_2/\beta$ ). Расчеты ( $\rho_1/\beta$ ) и ( $\rho_2/\beta$ ) надо выполнить в приближении обращенного решения уравнений кинетики, используя следующие данные:  $\nu = 2,5$ ;  $\beta = 5 \cdot 10^{-3}$ ; мощность реактора 10 Вт; для получения энергии 1 Дж необходимо  $3,1 \cdot 10^{10}$  делений.

## Критерии и шкала оценивания

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
Отлично с 30 до 27 баллов	Студент должен: Работа выполнена полностью. Нет ошибок в логических рассуждениях. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющихся следствием незнания или непонимания учебного материала. Студент показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.
Хорошо с 26 до 21 баллов	Студент должен: Работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны. Допущена одна ошибка или два-три недочета.
Удовлетворительно с 20 до 18 баллов	Студент должен: Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов
Неудовлетворительно с 17 до 0 баллов	Студент должен: Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки.