

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено

Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 25.08.2025 № 25.8

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

ФИЗИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

название дисциплины

14.05.02 Атомные станции:

проектирование, эксплуатация и инжиниринг

направление/профиль

Радиационная безопасность атомных станций

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является обязательным приложением к рабочей программе дисциплины «Физическая теория 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 «Физическая теория 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 специалитета обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПК-9	Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; У-ПК-9 Уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ; В-ПК-9 Владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ;
ПК-10	Способен провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации и выводе из эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами	З-ПК-10 Знать критерии ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; У-ПК-10 Уметь проводить оценки ядерной и радиационной безопасности ЯЭУ; В-ПК-10 Владеть методами оценки ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ЯЭУ, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными отходами.

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.

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
Текущая аттестация, 9 семестр			
1.	Раздел 1-2	3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Контрольная работа 1
2.	Раздел 2	3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Контрольная работа 2
Промежуточная аттестация, 9 семестр			
	Экзамен	3-ПК-9; У-ПК-9; В-ПК-9; 3-ПК-10; У-ПК-10; В-ПК-10	Экзаменационный билет

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 низжестоящий 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 низжестоящий 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		0-59	Неудовлетворительно/ Зачтено

	стандартных ситуациях.		
--	------------------------	--	--

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 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
Контрольная точка № 1	7-8	18	30

<i>Контрольная работа 1</i>	7	18	30
Контрольная точка № 2	15-16	18	30
<i>Контрольная работа 2</i>	15	18	30
Промежуточная аттестация	-	24	40
Экзамен	-		
<i>Экзаменационный билет</i>	-	24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* 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.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

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	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Образовательная программа	Радиационная безопасность атомных станций
Дисциплина	Физическая теория ядерных реакторов

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Качественный вывод уравнений кинетики. Основная переменная – количество нейтронов, количество делений, мощность.
2. Формула обратного умножения.

Составитель _____ Ю.А. Казанский
(подпись)

Руководитель ОП _____ А.А. Удалова
(подпись)

«____» _____ 20 ____ г.

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	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Образовательная программа	Радиационная безопасность атомных станций
Дисциплина	Физическая теория ядерных реакторов

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Перечислите основные реакции нейтрона с ядром.
2. Дайте определение микросечения.
3. В каких единицах измеряются микросечения?
4. Как связаны микросечение и макросечение одного нуклида?
5. Как связаны макросечение и длина свободного пробега?
6. Нарисуйте примерную зависимость микросечений от энергии.
7. Сколько энергии выделяется в акте деления?
8. Сколько нейтронов выделяется в акте деления (примерно)?
9. В каких единицах измеряется плотность потока нейтронов?
10. Как связаны плотность потока и ток нейтронов (закон Фика)?
11. Нарисуйте примерную зависимость спектра нейтронов от E .
12. Какова средняя энергия нейтронов деления?
13. Чему равна тепловая точка (в электрон- Вольтах)?
14. Как связаны летаргия и энергия?
15. Каковы характерные величины потоков в тепловых реакторах?
16. Каковы характерные величины потоков в быстрых реакторах?
17. Что такое флюэнс нейтронов?
18. Запишите выражение для ступеньки замедления.
19. Запишите уравнение диффузии (в любой известной форме).
20. Чему равен коэффициент диффузии?
21. Назовите физический смысл длины диффузии.
22. Что такое коэффициент размножения нейтронов?
23. Чем отличается $k_{эфф}$ и k^∞ ?
24. Сформулируйте условие критичности реактора через геометрический и материальный параметры.
25. С какой целью в реактор вводится отражатель?
26. Что происходит с реактором, если его $k_{эфф} > 1$?

27. Что происходит с реактором, если его $k_{эфф} < 1$ и $k^\infty > 1$?
28. Что такое реактивность?
29. В чём измеряется реактивность?
30. Что такое β ?
31. Назовите формулу четырёх сомножителей.
32. Что такое возраст нейтронов?
33. В чём измеряется возраст нейтронов?
34. Зачем в реактор вводится замедлитель?
35. На каком замедлителе потеря энергии наибольшая?
36. Какой замедлитель является наилучшим?
37. Чем отличается упругое и неупругое рассеяния?
38. Почему невозможна цепная реакция на ^{238}U ?
39. Чему равно сечение разбавления?
40. Запишите путь образования ^{239}Pu из ^{238}U .
41. Запишите путь образования ^{233}U из ^{232}Th .
42. Каково обогащение природного урана?
43. Назовите основные типы распадов.
44. Существует ли в природе плутоний?
45. Что такое активность?
46. Меняются ли микросечения в ходе выгорания?
47. Меняется ли поток в ходе выгорания?
48. Как рассчитать ядерную концентрацию циркония?
49. Как рассчитать ядерные концентрации изотопов в UO_2 ?
50. Как меняется со временем концентрация ^{235}U , если поток постоянен?
51. Как меняется со временем концентрация ^{235}U , если мощность постоянна?
52. Как рассчитать массу изотопа, зная его концентрацию и объём реактора?
53. Что такое коэффициент воспроизводства?
54. Чем отличается КВ от КК?
55. Нарисуйте распределение осколков деления по массам.
56. Сколько осколков образуется в акте деления?
57. Чем отличается деление от аннигиляции?
58. Какие эффекты реактивности вы знаете?
59. Меняется ли площадь резонанса при Доплер-эффекте?
60. Меняется ли высота резонанса при Доплер-эффекте?
61. Что вам не нравится в ^{240}Pu ?
62. Как связаны мощность реактора и поток?
63. Что больше: концентрация ядер или концентрация нейтронов?
64. Взаимодействуют ли нейтроны друг с другом?
65. Важно ли учитывать внешний источник при расчёте реакторов с большой мощностью?
66. Как отличаются $k_{эфф}$ двух реакторов, работающих стационарно на мощностях W и $0,5 \cdot W$, соответственно?

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: продemonстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; продemonстрировать умения самостоятельной работы с литературой; уметь сделать выводы по излагаемому материалу.
Хорошо 30-35	Студент должен: продemonстрировать достаточно полное знание программного материала; продemonстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; продemonстрировать умение ориентироваться в литературе; - уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.
Удовлетворительно 25-29	Студент должен: продemonстрировать 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.

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	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Образовательная программа	Радиационная безопасность атомных станций
Дисциплина	Физическая теория ядерных реакторов

Комплект заданий для контрольной работы №1

Вариант 1

1. Электрическая мощность АЭС 1ГВт. Какая масса осколков деления накапливается в топливе за один год работы? Насколько отличается масса осколков от массы разделившихся ядер? При делении выделяется 200 МэВ энергии. КПД=33%.
2. В результате радиационного захвата нейтронов ядрами ^{238}U образуется нестабильное ядро ^{239}U с достаточно коротким периодом полураспада. В конце концов устанавливается равновесное отношение количества ядер ^{239}U к количеству ядер ^{238}U . Каково это равновесное отношение в плотности потока нейтронов $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$. Период полураспада ядер ^{239}U равен 23.5 минуты. Сечение радиационного захвата нейтронов ядрами ^{238}U равно 2,7 барна.
3. В надкритический ($\rho_0 = 0.5\beta_{\text{эфф}}$) ввели отрицательную реактивность ρ_1 такую, что эффективный коэффициент размножения стал равным $k_{\text{эфф}} = 0.98$. Найдите значение $k_{\text{эфф}}$ надкритического реактора и введенную реактивность в единицах $\beta_{\text{эфф}}$ ($\beta_{\text{эфф}} = 0.65\%$).

Вариант 2.

1. Какую массу ^{235}U надо превратить в осколки деления на АЭС, чтобы с помощью кипятильника нагреть 10 литров воды на 90°C ? КПД=33%. При делении выделяется энергия 200 МэВ.
2. Какой может быть максимальная активность накопленных ядер ^{198}Au в результате облучения образца ^{197}Au массой 10 г в плотности потока тепловых нейтронов $5 \cdot 10^{13}$? При расчете считать, что сечение поглощения нейтронов ядрами ^{197}Au равно 90 барн, а период полураспада 2,7 суток. Исчезновением ядер ^{198}Au в результате поглощения нейтронов можно пренебречь.
3. В результате радиационного захвата нейтронов ядрами ^{238}U образуется

нестабильное ядро ^{239}U с достаточно коротким периодом полураспада. В конце-концов устанавливается равновесное отношение количества ядер ^{239}U к количеству ядер ^{238}U . Каков период полураспада ядер ^{239}U , если в плотности потока тепловых нейтронов $2 \cdot 10^{14}$ равновесное отношение равно $1 \cdot 10 \cdot 10^{-6}$, а сечение радиационного захвата равно 2.7 барн.

Вариант 3.

1. Известно, что на АЭС за год в топливе образовалось 500 кг осколков в результате деления ядер ^{235}U . Определите электрическую мощность данной АЭС. КПД=40%.
2. Мощность реактора 3000МВт. Сколько делений происходит в реакторе в секунду и сколько испускается мгновенных и запаздывающих нейтронов в секунду? Расчет провести для $\nu = 3,0$; $\beta=0,5\%$. Принять, что в одном акте деления в реакторе реализуется 200МэВ.
3. Каким должно быть отношение количества ядер водорода к количеству ядер ^{235}U в водяной гомогенной среде, чтобы $k_{\infty}=1$. При расчете по формуле 4-х сомножителей принять следующие сечения взаимодействия нейтронов с ядрами: сечение деления 580 барн, $\alpha = 0.17$, $\nu = 2.45$. Сечение поглощения нейтронов ядрами водорода 0.32 барна. Считать $\mu=1.01$ и вероятности избежать поглощения нейтронов при замедлении – 0.97.

Критерии оценки:

1. знание теоретического материала;
2. умение применить данные знания при решении практических задач;
3. обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
4. умение проанализировать полученный результат.

Описание шкалы оценивания:

Задача 1 оценивается в 6 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 7 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 3 оценивается в 7 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

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	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Образовательная программа	Радиационная безопасность атомных станций
Дисциплина	Физическая теория ядерных реакторов

Комплект заданий для контрольной работы №2

Вариант 1.

1. Известно, что в реакторе, работающем на мощности 3200 МВт, за время кампании исчезли 5% тяжелых ядер. Полная загрузка реактора 66 тонн топлива в виде обогащенной (4,5%) двуокиси урана (UO_2). Какова выработка энергии за кампанию (Дж). Какова длительность кампании (год). Какова глубина выгорания топлива, выраженная в единицах МВт-сут/кг. В одном акте деления выделяется энергия 200 МэВ.
2. Реактор находился на мощности T лет. Надо найти отношение количеств двух осколков деления (N_1/N_2), если эти осколки деления имеют следующие характеристики: кумулятивные выходы равны соответственно $\xi_1 = 0,5\%$ и $\xi_2 = 3,5\%$, сечения поглощения равны $\sigma_1 = 5000$ барн и $\sigma_2 = 50$ барн, постоянные распада равны $\lambda_1 = 10^{-5} \text{ с}^{-1}$ и $\lambda_2 = 10^{-9} \text{ с}^{-1}$. Искомое отношение вычислить для двух значений плотностей потока нейтронов и времен работы реактора, равных соответственно $\Phi_1 = 10^{15} \text{ н/см}^2 \text{ с}$, $T_1 = 3$ года и $\Phi_2 = 5 \cdot 10^{12} \text{ н/см}^2 \text{ с}$, $T_2 = 0,03$ года.
3. Сколько времени потребуется, чтобы в реакторе со свежим топливом с плотностью потока нейтронов $10^8 \text{ н/см}^2 \text{ с}$ накопилась концентрация ядер ^{149}Sm равная 0,9 от асимптотической. Сечение поглощения нейтронов ядрами ^{149}Sm считать равной $6 \cdot 10^4$ барн.

Вариант 2.

1. В реакторах с плутониевым топливом и с урановым топливом происходят деления в основном ядер ^{235}U и ^{239}Pu (пренебрегаем делениями сырьевых и других ядер). Глубина выгорания за кампанию между перегрузками топлива в этих реакторах одинакова и составляет 50 МВт-суток/кг, а масса загруженного в урановый реактор

топлива равна 30 тонн, а в плутониевый реактор 35 тонн. Рассчитайте глубины выгорания в этих реакторах, выраженные в % т.я.

Необходимо принять во внимание, что энергия, выделяемая при делении ^{235}U равна 202 МэВ, а при делении ядер ^{239}Pu – 210 МэВ.

- При какой плотности потока нейтронов равновесные концентрации ядер ^{135}Xe ($\square_{\text{Xe}}$) и ^{135}I ($\square_{\text{I}}$) будут равными, т.е. $\square_{\text{I}}/\square_{\text{Xe}}$. Сечение поглощения нейтронов ядрами ^{135}Xe принять равным $1,5 \cdot 10^6$ барн. Периоды полураспада ^{135}Xe и ^{135}I равны соответственно 9,1 часа и 6,7 часа. Независимые выходы на одно деление осколков ^{135}Xe и ^{135}I равны соответственно $\square_{\text{Xe}} = 0,3\%$, $\square_{\text{I}} = 6\%$.
- Реактор работал длительное время на мощности, при которой средняя плотность потока тепловых нейтронов равнялась $3 \cdot 10^{13}$ н/см²с. За это время установилась равновесная удельная концентрация ядер ^{149}Sm γ_0 . После останова реактора концентрация ядер ^{149}Sm изменилась и стала γ_1 . Найдите отношение γ_1/γ_0 , если сечение поглощения нейтронов ядрами ^{149}Sm равно $6,6 \cdot 10^4$ барн, постоянная распада ядер ^{149}Pm равна $3,75 \cdot 10^{-6}$ с⁻¹. Выходом ядер самария непосредственно при делении ядер можно пренебречь. Найдите время $T_{0,999}$ после останова реактора, за которое будет достигнуто значение γ_1/γ_0 , отличающееся от асимптотического на 0,1%.

Вариант 3.

- Масса выгруженного уранового топлива оказалась меньше загруженной на 1 кг. Известно, что глубина выгорания топлива составила 5% т.я.
Определите массу загруженного топлива и глубину выгорания в единицах МВтсутки/кг. Выделяемая энергия на один акт деления, составляет 200 МэВ.
- В реакторе установилась равновесная потеря реактивности в результате накопления равновесной концентрации осколков деления ^{135}Xe ($\square_{\text{Xe}}$) и ^{149}Sm ($\square_{\text{Sm}}$). Найдите эту равновесную потерю реактивности, принимая во внимание следующие исходные данные: кумулятивные выходы для ^{135}Xe и ^{149}Sm равны соответственно 6,3% и 1,3%, $\square = 2,5$. Отношение $^{135}\text{Xe} \square_{\text{a}} \Phi / \square_{\text{Xe}} = 2,0$. Указание: используйте определение эффективного коэффициента размножения $k_{\text{эфф}} = \nu \Sigma_{\text{f}} / \Sigma_{\text{a}}$; до появления ядер ^{135}Xe и ^{149}Sm $k_{\text{эфф}} = 1$.
- Реактор работал длительное время на мощности, при которой средняя плотность потока тепловых нейтронов равнялась $3 \cdot 10^{13}$ н/см²с. За это время установилась равновесная удельная концентрация ядер ^{149}Sm γ_0 . После останова реактора концентрация ядер ^{149}Sm изменилась и стала γ_1 . Найдите отношение γ_1/γ_0 , если сечение поглощения нейтронов ядрами ^{149}Sm равно $6,6 \cdot 10^4$ барн, постоянная распада ядер ^{149}Pm равна $3,75 \cdot 10^{-6}$ с⁻¹. Выходом ядер самария непосредственно при делении ядер можно пренебречь. Найдите время $T_{0,999}$ после останова реактора, за которое будет достигнуто значение γ_1/γ_0 , отличающееся от асимптотического на 0,1%.

Критерии оценки:

- знание теоретического материала;
- умение применить данные знания при решении практических задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа;
- умение проанализировать полученный результат.

Описание шкалы оценивания:

Задача 1 оценивается в 6 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 7 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 3 оценивается в 7 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.