

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

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании

УМС ИАТЭ НИЯУ МИФИ

Протокол от 30.08.2022 № 1-8/2022

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

Физический расчет 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 2022 г.

Область применения

Фонд оценочных средств (ФОС) – является неотъемлемой частью учебно-методического комплекса учебной дисциплины «Физический расчет ядерных реакторов» 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 «Физический расчет ядерных реакторов» 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 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:

<i>Код компетенций</i>	<i>Наименование компетенции</i>	<i>Код и наименование индикатора достижения компетенции</i>
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.
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

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.

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 семестр			
1.	Реактивность и управление ядерным реактором	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
2.	Расчёт эффективности поглощающих стержней	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Лабораторная работа, коллоквиум
3.	Выгорающие поглотители в управлении энерговыделением	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
4.	Оценка энерговыделения в реакторе	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
5.	Профилирование энерговыделения в стационарном режиме перегрузок ядерного топлива	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
6.	Учёт гетерогенности в расчётах реактора	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
7.	Учёт макрогетерогенности в расчётах реактора	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
8.	Погрешности нейтронно-физического расчёта	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
9.	Система контрольных задач для верификации алгоритмов и программ нейтронно-физических расчётов	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Лабораторная работа, коллоквиум
10.	Восстановление поля энерговыделения в реакторе на основе совместного использования физического расчёта и измерений	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Коллоквиум
11.	Совместное использование физического расчёта реактора и измерений для учёта пространственного эффекта в результатах измерений эффективности стержней СУЗ	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Лабораторная работа, коллоквиум
Промежуточный контроль, 1 семестр			

	Экзамен	3-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1	Экзаменационный билет
Текущий контроль, 2 семестр			
2.	Программа расчёта реактора ЭГП-6.	3-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум
3.	Программы расчёта реактора БН-600.	3-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум
4.	Расчёт натриевого пустотного эффекта реактивности в реакторах на быстрых нейтронах.	3-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Лабораторная работа, коллоквиум
5.	Анализ и планирование частичных перегрузок ТВС между микрокампаниями.	3-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Лабораторная работа, коллоквиум
6.	Обзор действующих и перспективных реакторов и ускорительно-управляемых систем	3-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум
7.	Тепловые реакторы: ВВЭР и РБМК и их зарубежные аналоги. Ксеноновое и самариевое отравление тепловых реакторов. Использование стабильных изотопов бора, цинка и других химических элементов для управления работой реакторов и снижения радиационной нагрузки на персонал.	3-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум
8.	Быстрые натриевые реакторы: БОР-60, БН-600, БН-800 и проекты перспективных реакторов МБИР, БН-1200. Проблема распухания оболочек твэлов. Перспективы использования стабильных изотопов никеля для оболочек твэлов и покрытий внутри корпусных устройств. Перспективы использования изотопно модифицированной молибденовой матрицы для плутоний-америциевого топлива.	3-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум

9.	Перспективный свинцовый реактор БРЕСТ-ОД-300. Перспективы использования изотопа азот-15 в уран-плутониевом топливе. Перспективы использования расплавов изотопов свинца, свинца-206 и свинца-208, в качестве мало поглощающего и слабо замедляющего нейтроны теплоносителя.	З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум
10.	Реакторы малой энергетики: СВБР-100 и другие. Перспективы использования изотопов свинца радиогенного происхождения и продуктов центрифужного разделения изотопов свинца.	З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум
11	Ускорительно-управляемые подкритические системы. Проблема выжигания младших актинидов. Топливо для этих систем с изотопно модифицированной молибденовой матрицей.	З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Коллоквиум
12.	Константное обеспечение расчетов микроскопических и однокрупных сечений ядерных реакций с участием нейтронов. 28-ми групповая система разбиения энергии нейтронов БНАБ.	З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Лабораторная работа, коллоквиум
Промежуточный контроль, 2 семестр			
	Экзамен	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1, З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Экзаменационный билет
	Курсовой проект	З-ПК-20.1, У-ПК-20.1, В-ПК-20.1, З-ПК-20.2, У-ПК-20.2, В-ПК-20.2	Расчетно-пояснительная записка
Всего:			

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 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 (*коллоквиум*) и контрольная точка № 2 (*лабораторные работы*).

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

1 семестр

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	18	30
	Коллоквиум	18	30
	Контрольная точка № 2	18	30
	Лабораторная работа 1.2	6	10
	Лабораторная работа 1.9	6	10
	Лабораторная работа 1.11	6	10
Промежуточный	Экзамен		
	Вопрос 1	12	20
	Вопрос 2	12	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1	18	30
	Коллоквиум	18	30
	Контрольная точка № 2	18	30
	Лабораторная работа 2.4	6	10
	Лабораторная работа 2.5	6	10
	Лабораторная работа 2.12	6	10
Промежуточный	Экзамен		
	Вопрос 1	12	20
	Вопрос 2	12	20
ИТОГО по дисциплине		60	100

Определение бонусов и штрафов

Бонусы: поощрительные баллы студент получает к своему рейтингу в конце

семестра за активную и регулярную работу на занятиях 5 баллов (но суммарно за семестр не больше чем 60)

Штрафы: за несвоевременное участие в коллоквиуме максимальная оценка может быть снижена на 20%.

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Лабораторная работа проводится в дисплейных классах кафедры РКР АЭС. Лабораторная работа установлена на персональных компьютерах.

По окончании освоения дисциплины в 1 семестре проводится промежуточная аттестация в виде зачета, а во 2 семестре проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, 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 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 (экзамене).

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

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление	14.04.02 «Ядерная физика и технологии»
Профиль	«Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах»
Дисциплина	Физический расчет ядерных реакторов

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ (2 семестр)

1. Замкнутый топливный цикл реакторов БН и выжигание младших актинидов.
2. Учёт гетерогенности в расчётах реактора.
3. Метод KERMA и TERMA-факторов.
4. Необходимость совместного использования результатов физического расчёта и измерений для контроля мощности ТВС в реакторах.
5. О глобальных перекосах поля энерговыделения в реакторе.
6. Корректировка расчётных значений мощности ТВС реактора на основе показаний детекторов системы внутриреакторного контроля.
7. Необходимость и основные способы проведения корректировки расчётных значений мощности ТВС на основе использования показаний детекторов системы внутриреакторного контроля.
8. Учёт пространственных эффектов и влияния γ -излучения в измерениях эффективности стержней СУЗ.
9. Учёт макрөгетерогенности в расчётах реактора.
10. Перегрузки ядерного топлива. Расчёт подпиточного обогащения топлива с обеспечением выравнивания профиля энерговыделения в быстром реакторе.
11. Цели использования архива данных по топливу в программах физического расчёта реакторов АЭС.
12. Оценка энерговыделения в реакторе. Выгорающие поглотители в управлении энерговыделением.
13. Натриевый пустотный эффект реактивности в быстром реакторе.
14. Реактивность и управление ядерным реактором.
15. Погрешности нейтронно-физического расчёта.
16. Расчётные программы и программы-имитаторы. Программный комплекс БИПР. Назначение и основные возможности.
17. Программный комплекс БИПР. Программы, используемые для подготовки нейтронно-физических констант и расчётных моделей реактора.
18. Программный комплекс БИПР. Основные особенности решения уравнений реактора типа ВВЭР.
19. Программный комплекс СТЕПАН. Назначение и основные возможности.
20. Программный комплекс СТЕПАН. Подготовка нейтронно-физических констант для комплекса, расчётная модель активной зоны РБМК.

21. Программный комплекс СТЕПАН. Расчёт нейтронно-физических характеристик реакторов типа РБМК. Основные уравнения. Нестационарная задача.
22. Программный комплекс СТЕПАН. Ценность нейтронов. Расчёт реактивности.
23. Программный комплекс ГЕФЕСТ. Назначение и основные возможности.
24. Программный комплекс ГЕФЕСТ. Подготовка нейтронно-физических констант.
25. Программный комплекс ГЕФЕСТ. Нейтронно-физический расчёт быстрого реактора в различных приближениях метода сферических гармоник.
26. Программный комплекс ГЕФЕСТ. Топливный архив реактора БН-600 и его использование.
27. Программный комплекс TS_2D. Назначение и основные возможности.
28. Программный комплекс TS_2D. Нейтронно-физический расчёт реакторов ЭГП-6.

Критерии оценивания компетенций (результатов):

- 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:

17-20 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.

13-16 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

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

10-12 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов

0-9 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.

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Направление	14.04.02 «Ядерная физика и технологии»
Профиль	«Физика и технологии реакторов на быстрых нейтронах»
Дисциплина	Физический расчет ядерных реакторов

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ (1 семестр)

1. Одногрупповая теория реактора без отражателя. Определение коэффициента размножения.
2. Классификация задач теории переноса.
3. Число и спектр нейтронов деления (мгновенных и запаздывающих).
4. Выгорание и накопление нуклидов. Уравнение выгорания. Коэффициент воспроизводства. Расширенное воспроизводство
5. Отравление реактора сильно поглощающими продуктами деления. Xe-135 и Sm-149.
6. Теория малых возмущений и ее применение в расчетах реактора и защиты.
7. Кинематика упругого рассеяния нейтронов.
8. Односкоростная теория реактора. Материальный и геометрический параметры. Условие критичности.
9. Резонансное поглощение в гетерогенных средах. Метод ВПС и его применение для расчета ячеек.
10. Понятие реактивности. Эффекты реактивности. Запас реактивности. Причины изменения избыточной реактивности при выгорании.
11. Метод ВПС. Гомогенизация ячейки. Гетерогенная самоэкранировка. Теорема эквивалентности.
12. Понятие критической массы и критического размера реактора. Запас реактивности. Изменение избыточной реактивности при выгорании.
13. Выгорание и накопление нуклидов. Глубина выгорания.
14. Коэффициент воспроизводства.
15. Решение уравнения диффузии в сферическом и цилиндрическом реакторах.
16. Условно критическое уравнение. Геометрические и материальные параметры. Условие критичности реактора.
17. Плотность потока нейтронов, ток нейтронов: их физический смысл, единицы измерения, характерные значения.
18. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами. Макроскопические сечения среды, длина свободного пробега.
19. Уравнение переноса в интегрально-дифференциальной форме. Граничные условия.
20. Теория возмущений для коэффициента размножения.
21. Резонансный интеграл в гомогенной среде. Расчет вероятности избежать резонансного поглощения в процессе замедления.

22. Формула четырех сомножителей.
23. Резонансное поглощение в гетерогенной среде. Соотношение эквивалентности.
24. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами. Макроскопические сечения среды, длина свободного пробега.
25. Многогрупповое приближение. Групповые константы.
26. Спектр тепловых нейтронов и расчет сечений, усредненных по этому спектру.
27. Поток и ток нейтронов. Закон Фика. Диффузионное уравнение.
28. Поток и ток нейтронов. Закон Фика. Граничные условия уравнения диффузии на границе сред и на границе с вакуумом.
29. Диффузионное приближение и условия его применимости.
30. Однотрупповое уравнение диффузии и его решение для точечного источника в бесконечной неразмножающейся среде. Длина диффузии и ее физический смысл.
31. Теорема эквивалентности. Вероятность избежать резонансного захвата при замедлении.
32. Уравнение переноса в интегральной форме. Метод ВПС.
33. Физические особенности ядерного реактора по сравнению с энергоисточником на органическом топливе.
34. Плотность нейтронного потока. Ток нейтронов. Граничные условия на границе раздела двух сред и границе с вакуумом.
35. Диффузионное приближение и ограничения к ее применимости.
36. Метод ВПС. Резонансное поглощение в гетерогенных средах.
37. Летаргия и замедление нейтронов. Среднелогарифмическая потеря энергии за столкновение
38. Роль реакторов на быстрых нейтронах в атомной энергетике будущего.
39. Эффекты реактивностей. Доплер-эффект.
40. Резонансное поглощение в гетерогенных средах.
41. Решение уравнения диффузии в ограниченной среде для плоской и цилиндрической геометрий.
42. Уравнение диффузии. Граничные условия, экстраполированная граница.
43. Деление ядер под действием нейтронов. Продукты деления.
44. Энерговыделение при делении. Мгновенные и запаздывающие нейтроны деления.
45. Замедление нейтронов в средах без поглощения. Спектр Ферми.
46. Замедление нейтронов в средах с поглощением. Вероятность избежать резонансного поглощения в гомогенных средах.
47. Эффекты реактивности при отравлении реактора. Равновесное отравление ксеноном и самарием.
48. Рассеяние нейтронов. Кинематика упругого рассеяния нейтронов. Средний косинус упругого рассеяния. Летаргия. Среднее и максимальное приращение летаргии при рассеянии.
49. Виды взаимодействия нейтронов с ядрами. Микроскопические и макроскопические сечения взаимодействия.
50. Многогрупповое приближение. Групповые диффузионные уравнения.
51. Роль замедлителя в тепловых реакторах. Замедление на водороде без поглощения. Замедление на водороде при наличии поглощения.
52. Многогрупповое приближение. Решение системы многогрупповых уравнений для однозонного реактора.
53. Вероятность избежать столкновения в блоке. Рациональное приближение Вигнера. Теорема эквивалентности.
54. Резонансное поглощение нейтронов в гетерогенных средах. Вероятность избежать резонансного захвата в процессе замедления нейтронов.
55. Выгорание и накопление нуклидов. Уравнение выгорания. Коэффициент воспроизводства. Расширенное воспроизводство.

Критерии оценивания компетенций (результатов):

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:

Ответ на каждый вопрос оценивается в 20 баллов

17-20 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

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

13-16 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

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

10-12 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 умеет решать задачи и не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объемом знаний.

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 коллоквиумов

по дисциплине «Физический расчет ядерных реакторов»

(наименование дисциплины)

1 семестр

1. Определение коэффициента размножения нейтрона в бесконечной среде, а также в среде ограниченного размера.
2. Какие существуют подходы к описанию процесса переноса нейтронов.
3. В чем отличие коэффициента воспроизводства и коэффициента конверсии.
4. Объясните специфику расширенного воспроизводства топлива.
5. Запишите уравнение выгорания и объясните смысл каждого слагаемого. Выгорание и накопление нуклидов.
6. Отравление реактора сильно поглощающими продуктами деления. Специфика отравления реактора Xe-135.
7. Отравление реактора сильно поглощающими продуктами деления. Специфика отравления реактора Sm-149.
8. В каком случае может произойти упругое рассеяние нейтронов.
9. Запишите выражение для определения материального параметра
10. Запишите выражение для определения геометрического параметра для шара, цилиндра и прямоугольного параллелепипеда.
11. Объясните назначение метода вероятности первых столкновений (ВПС).
12. Каким образом вводился понятие реактивности.
13. Какие основные эффекты реактивности вы знаете? Назовите физические особенности основных эффектов реактивности.
14. Что такое запас реактивности? Для каких целей создают запас реактивности в промышленных энергетических блоках.
15. Назовите основные причины изменения избыточной реактивности при выгорании топлива.
16. Гомогенизация ячейки.
17. Гетерогенная самоэкранировка.
18. Теорема эквивалентности.
19. Понятие критической массы и критического размера реактора.

20. Запишите решение уравнения диффузии в сферическом и цилиндрическом реакторах.
21. Дайте определение плотности потока нейтронов и его физический смысл, единицы измерения, характерные значения.
22. Дайте определение тока нейтронов и его физический смысл, единицы измерения, характерные значения.
23. Назовите виды взаимодействия нейтронов с ядрами.
24. Как связаны макроскопические сечения среды и длина свободного пробега нейтронов.
25. Запишите уравнение переноса в интегрально-дифференциальной форме и назовите граничные условия.
26. Резонансный интеграл в однородной среде.
27. Расчет вероятности избежать резонансного поглощения в процессе замедления.
28. Формула четырех сомножителей.
29. То такое многогрупповое приближение и для чего оно используется. Групповые константы.
30. Спектр тепловых нейтронов и расчет сечений, усредненных по спектру Максвелла.
31. Запишите закон Фика и объясните его смысл.
32. Запишите уравнение диффузии в любой удобной форме.
33. Диффузионное приближение и условия его применимости.
34. Дайте понятие длины диффузии и ее физический смысл.
35. Вероятность избежать резонансного захвата при замедлении.
36. Физические особенности ядерного реактора по сравнению с энергоисточником на органическом топливе.
37. Летаргия и замедление нейтронов.
38. Среднелогарифмическая потеря энергии за столкновение
39. Объясните принцип Доплеровского-эффекта реактивности.
40. Решение уравнения диффузии в ограниченной среде для плоской и цилиндрической геометрий.
41. Опишите процесс деления ядер под действием нейтронов.
42. Представьте характеристики мгновенных и запаздывающих нейтронов деления.
43. Замедление нейтронов в средах без поглощения. Спектр Ферми.
44. Замедление нейтронов в средах с поглощением. Вероятность избежать резонансного поглощения в однородных средах.
45. Какие вы знаете эффекты реактивности при отравлении реактора.
46. Дайте понятие летаргия. Среднее и максимальное приращение летаргии при рассеянии.
47. Какие вы знаете виды взаимодействия нейтронов с ядрами? Многогрупповое приближение. Групповые диффузионные уравнения.
48. С какой целью в тепловых реакторах предусмотрен замедлитель.
49. Рациональное приближение Вигнера.
50. Теорема эквивалентности.

2 семестр

1. Опишите особенности замкнутого топливного цикла реакторов БН.
2. Каким образом организован процесс выжигания младших актинидов ядерных установка.
3. Каким образом учитывается гетерогенность среды в расчётах реактора.
4. Почему необходимо совместно использовать результаты физического расчёта и измерений для контроля мощности ТВС в реакторах различного назначения.
11. Неравномерность поля энерговыделения в реакторе в реакторе.
12. Каким образом на основе показаний детекторов системы внутриреакторного контроля производится корректировка расчётных значений мощности тепловыделяющей сборки.
13. Основные способы проведения корректировки расчётных значений мощности ТВС на основе использования показаний детекторов системы внутриреакторного контроля.
14. Учёт пространственных эффектов стержней СУЗ
15. Влияния γ -излучения в измерениях эффективности стержней СУЗ.
16. Каким образом учитывается макрогетерогенность в расчётах реактора
17. Способы перегрузки ядерного топлива.
18. Оценка подпиточного обогащения топлива с обеспечением выравнивания профиля энерговыделения в быстром реакторе.
29. Каким образом производится оценка энерговыделения в реакторе?
30. Роль выгорающих поглотителей в управлении энерговыделением.
31. Объясните принцип «действия» натриевопустотного эффекта реактивности в быстром реакторе.
32. Реактивность и управление ядерным реактором.
33. Погрешности нейтронно-физического расчёта.
34. Расчётные программы и программы-имитаторы. Программный комплекс БИПР. Назначение и основные возможности.
35. Программный комплекс БИПР. Программы, использующиеся для подготовки нейтронно-физических констант и расчётных моделей реактора.
36. Программный комплекс СТЕПАН. Назначение и основные возможности.
37. Программный комплекс ГЕФЕСТ. Назначение и основные возможности.
38. Программный комплекс TS_2D. Назначение и основные возможности.

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

Максимальный балл за коллоквиум оценивается в 30 баллов

26-30 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;

- полно раскрывает содержание теоретического вопроса;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

21-25 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- сделал все, что требуется для получения высшего балла, однако при этом допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

17-20 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.

0-16 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.

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 лабораторных работ

по дисциплине «Физический расчет ядерных реакторов»

(наименование дисциплины)

№	Название лабораторной работы	Вопросы к лабораторным работам
1.	Физические процессы в ядерных реакторах (1 семестр)	
1.2.	Определение эффективности органов СУЗ	<p>Описать возможности программного комплекса ГЕФЕСТ.</p> <p>1. Нахождение эффективности всей системы компенсирующих стержней (КС) В исходной модели изменяется геометрия пакета (файл d_snegr). Посчитайте $K_{eff}^{(1)}$ в состоянии (1), которое имитирует положение регулирующих органов (РО) КС на верхнем концевики (вк) и $K_{eff}^{(2)}$ в состоянии (2), которое имитирует положение РО КС на нижнем концевики (нк).</p> <p>2. Определите эффективность одиночных стержней КС-Ц, КС 1÷18. Состояние (1): В исходной модели поочередно пакеты, моделирующие КС-i ($i=Ц, 1-18$), ставятся в положение вк. Остальные стержни КС остаются без изменений ($K_{eff}^{(1)}(i)$). Состояние (2): Для пакетов поочередно задаётся положение НК.</p>
1.9.	Определение величины критичности и эффективной доли запаздывающих нейтронов: проведение нейтронно-физических расчетов и расчетов функции ценности при помощи модулей HEXH и HEXHA	<p>Привести пример других программ, реализующих нейтронно-физический расчет активной зоны реактора. Для чего нужны верхние, нижние и боковые зоны воспроизводства в активной зоне реактора типа БН? Расчет эффективного коэффициента размножения и групповых ценностей нейтронов деления провести с использованием модуля HEXH126A через файл данных d_hex26 и загрузочный файл hexh126a.exe. Файл d_hex содержит $\&INF$ $nmf11='..\FILES\fl'$</p>

		<pre> nmf12='..\FILES\2 ', nmf13='..\FILES\F3 ', nmf14='..\FILES\F4 ', NMF16='..\files\f_mikw', nmf17='..\FILES\F5 ', NMDOP='..\FILES\F_ADD' &END &IND NFDR=11, NMDR='K01 '; &END &INA NFDW=11, NKAMP=1 , ipdi=-1, eps=0.1, -Точности итерационного процесса &END </pre>
1.11.	<p>Определение величины критичности и эффективной доли запаздывающих нейтронов: определение скоростей деления нейтронов, времени жизни нейтронов, доли запаздывающих нейтронов и эффективной доли шести групп запаздывающих нейтронов.</p>	<p>С помощью какой программы и библиотеки осуществляется подготовка констант? Для чего активная зона реакторов типа БН разделена на зоны низкого, среднего и высокого обогащения? Составить файл d_beta содержащий</p> <pre> &INF nmf10='..\TA\A00 ', nmf11='..\FILES\f1 ', nmf12='..\FILES\2 ', nmf13='..\FILES\F3 ', nmf16='..\FILES\f_mikw ', &end &IND nfdr=11,nmdr='K01 '; &end &INA NKAMP=1, &END </pre> <p>Выходной файл LST_ BETA содержит скорость деления нейтронов, время жизни нейтронов, долю запаздывающих нейтронов и эффективную долю 6-ти групп запаздывающих нейтронов.</p>
2.	Общая теория ядерных реакторов (2 семестр)	
2.4.	<p>Расчет эффектов реактивности</p>	<p>Какие граничные условия накладываются на уравнения диффузии на границы двух зон, на грани, на границы с отражателем? Для расчета коэффициента реактивности по температуре теплоносителя на МКУ проведите два расчета при температурах 230 °С и 330 °С. Для подготовки констант в комплексе ГЕФЕСТ используйте три записи температур, топлива, оболочки и теплоносителя под именами 'TF ', 'TM ' и</p>

		<p>‘TNA ‘ соответственно при подготовке констант модулями SNEGA и SNEGR.</p> <p>Таким образом, порядок расчета коэффициент реактивности по температуре теплоносителя должен включать (отразить в отчете о лабораторной работе):</p> <ul style="list-style-type: none"> - расчет сечений тепловыделяющих сборок (ТВС); - расчет сечений стержней СУЗ; - нейтронно-физический расчет.
2.5.	Изменение эффективного коэффициента размножения и изотопного состава активной зоны в процессе выгорания топлива	<p>Какие эффекты реактивности вносят наибольший вклад в работу реакторов типа БН?</p> <p>С помощью модуля Q произведите расчет энерговыделения на момент начала выгорания.</p> <p>Для этого составим файл d_q</p> <pre> &INF NMF10='..\TA\A00 ' ; nmf11='..\FILES\f1 ' ; nmf12='..\FILES\f2 ' ; nmf13='..\FILES\F3 ' ; nmf14='..\FILES\F4 ' ; NMF16='..\files\f_mikw', &END &IND nfdR=11, nmDR='K01 ' , &END &INA WTOT=1470., - Полная мощность реактора (МВт*т) ipdi=-5, NST=30,- Число сборок СУЗ в реакторе &END </pre> <p>В выходном файле LST_Q можно увидеть энерговыделение в каждой сборке реактора.</p>
2.12	Определение величины критичности и эффективной доли запаздывающих нейтронов: подготовка нейтронно-физических констант для ТВС, стержней СУЗ и ФНИ	<p>Как реализуется расчет выгорания в программе ГЕФЕСТ?</p> <p>Расчет микро- и макросечений для стержней СУЗ и ФНИ провести с использованием модуля SNEGR через файл данных d_snegr и загрузочный файл snegr.exe.</p> <p>Файл d_snega должен содержать</p> <pre> &INF nmf10='..\TA\A00 ' ; - имя файла, где содержится топливный архив nmf11='..\FILES\f1 ' ; -имя файла, где содержится массив исходных данных D и картограммы nmf12='..\FILES\f2 ' ; - имя файла, где содержатся макросечения nmf13='..\FILES\F3 ' ; - имя файла, где содержатся потоки и ценности нейтронов nmf16='..\FILES\f_mikw ',-имя файла, где содержатся микросечения </pre>

```

nmf17='..\FILES\FT_tst',- имя файла, где содержатся тем-
пературы
&end
&IND
Nfdr =11,
nmdr='K01  ';
&end
&INA
nmdw='K01  ';
nfdw=12,
ipdi=-1,
nkasi=1 ,
nkase=978 ,
ipbj=1,
IPZERO=1,
NKAMP=1 ,
IPMIKW=1,
irg8=0,
IPDI=-1,
irg8=2,
&END

```

Измените только данные в операторе INF. Операторы IND и INA оставьте по умолчанию.

Файл d_snegr.

```

&INF
nmf10='../TA/a00',
nmf11='../files/f1',
nmf12='../files/f2',
nmf13='../files/f3',
nmf16='../files/f_mikw',
nmf17='../FILES/FT_tst',
&END
&IND
nfdw= 11,
nmdr= 'K01  ';
&END
&INA
nmdw= 'K01  ';
nfdw=11,ipdi=-1,
NSTI=1,
NSTE=30,
MRZS=19*4, 2*4, 6*4, 3*4,
nzs = 120 ,
IHP=1,
HDS = 19*47.5,
47.5, 47.5, -05.5, -05.5, -05.5,
-05.5, -05.5, -05.5, 82.5, 82.5, 82.5,
irg8=2,

```

Критерии оценки:

Показатели и критерии оценки лабораторных работ:

10 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов лабораторной работы;
- умеет увязать теорию и практику.

8-9 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- сделал все, что требуется для получения высшего балла, однако при этом допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

6-7 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов по лабораторной работе

0-5 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.

Шкала оценивания:

6-10 баллов – лабораторная работа зачтена;

0-5 баллов – лабораторная работа отдается на доработку.