

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**

Физическая теория ядерных реакторов

---

*название дисциплины*

для направления подготовки

14.03.02 Ядерные физика и технологии

---

*код и название направления подготовки*

образовательная программа

Инновационные ядерные технологии

---

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2024 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 бакалавриата 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-4                   | Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO | З-ПК-4 – знать типовые методики планирования и проектирования систем<br>У-ПК-4 – уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования<br>В-ПК-4 – владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO   |
| ПК-17.1                | Способен к инженерно-физическому сопровождению эксплуатации активной зоны реакторной установки  | З-ПК-17.1 – знать закономерности диффузии нейтронов в средах и распределения нейтронных полей в средах; закономерности замедления нейтронов и возраста нейтронов в среде; основные законы нейтронно-физического расчета; закономерности процесса термализации нейтронов и температуры нейтронного газа<br>У-ПК-17.1 – уметь решать задачи применительно к реальным процессам; оценивать критические размеры и составы реактора АЭС; оценивать виды распределение нейтронов в размножающих средах<br>В-ПК-17.1 – владеть навыками нейтронно-физического расчета реакторов на тепловых и быстрых нейтронах; оценками сечений взаимодействия материалов с нейтронами |

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

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  | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации |
|--|---|--------------------------------|---|
| <b>Текущий контроль, 6 семестр</b>       |   |                                |   |
| 1.                                       | Принципы работы ядерного реактора.  | <i>ПК-4, ПК-17.1</i>           | Контрольная работа 1  |
| 2.                                       | Цепной процесс деления.   |                                |   |
| 3.                                       | Изменение нуклидного состава топлива при работе реактора  |                                |   |
| 4.                                       | Воспроизводство ядерного топлива.   |                                |   |
| 5.                                       | Обратные связи.   |                                | Контрольная работа 2  |
| 6.                                       | Запас реактивности и его компенсация.   |                                |   |
| <b>Промежуточный контроль, 6 семестр</b> |   |                                |   |
|  | экзамен   | <i>ПК-4, ПК-17.1</i>           | Экзаменационный билет   |
| Всего:                                   |   |                                |   |
| <b>Текущий контроль, 7 семестр</b>       |   |                                |   |
| 1.                                       | Уравнения переноса нейтронов, УПН, и его сопряженное уравнение в операторной форме.   | <i>ПК-4, ПК-17.1</i>           | Контрольная работа 1  |
| 2.                                       | Односкоростное, стационарное уравнение переноса нейтронов.  |                                |   |
| 3.                                       | Спектр нейтронов для стационарной, гомогенной, бесконечной среды размножающей среды.  |                                | Контрольная работа 2  |
| 4.                                       | Вывод уравнений кинетики с использованием нестационарного уравнения переноса нейтронов и сопряженного условно-критического уравнения. |                                |   |
| <b>Промежуточный контроль, 7 семестр</b> |   |                                |   |
|  | экзамен   | <i>ПК-4, ПК-17.1</i>           | Экзаменационный билет   |
| 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 |
|--|---|--|-----------------|--|
| <b>Высокий</b><br><i>Все виды компетенций сформированы на высоком уровне в соответствии с целями и задачами дисциплины</i>         | Творческая деятельность   | <i>Включает нижестоящий уровень.</i><br>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/<br>Отлично/<br>Зачтено                          |
| <b>Продвинутый</b><br><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><br>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/<br>Очень хорошо/<br>Зачтено                     |
|  |   |  | 75-84           | C/<br>Хорошо/<br>Зачтено                           |
| <b>Пороговый</b><br><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/<br>Зачтено                    |
|  |   |  | 60-64           | E/Посредственно<br>/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/<br>Незачтено                  |

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.

6 семестр

| Этап рейтинговой системы<br>/<br>Оценочное средство | Неделя      | Балл                         |           |
|---|-------------|------------------------------|-----------|
|   |             | Минимум                      | Максимум  |
| <b>Текущая аттестация</b>                           | <b>1-16</b> | <b>36 - 60% от максимума</b> | <b>60</b> |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                        | <b>7-8</b>  | <b>18</b>                    | <b>30</b> |
| <i>Задача № 1.1</i>                                 | <b>7-8</b>  | 6                            | 10        |

|                                     |              |           |            |
|-------------------------------------|--------------|-----------|------------|
| <i>Задача № 1.2</i>                 | <b>7-8</b>   | 6         | 10         |
| <i>Задача № 1.3</i>                 | <b>7-8</b>   | 6         | 10         |
| <b>Контрольная точка № 2</b>        | <b>15-16</b> | <b>18</b> | <b>30</b>  |
| <i>Задача № 2.1</i>                 | <b>15-16</b> | 6         | 10         |
| <i>Задача № 2.2</i>                 | <b>15-16</b> | 6         | 10         |
| <i>Задача № 2.3</i>                 | <b>15-16</b> | 6         | 10         |
| <b>Промежуточная аттестация</b>     | <b>-</b>     | <b>24</b> | <b>40</b>  |
| Экзамен                             | -            |           |            |
| <i>Экзаменационный вопрос № 3.1</i> | -            | 12        | 20         |
| <i>Экзаменационный вопрос № 3.2</i> | -            | 12        | 20         |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b>          |              | <b>60</b> | <b>100</b> |

7 семестр

| Этап рейтинговой системы<br>/<br>Оценочное средство | Неделя       | Балл                         |            |
|---|--------------|------------------------------|------------|
|   |              | Минимум                      | Максимум   |
| <b>Текущая аттестация</b>                           | <b>1-16</b>  | <b>36 - 60% от максимума</b> | <b>60</b>  |
| <b>Контрольная точка № 1</b>                        | <b>7-8</b>   | <b>18</b>                    | <b>30</b>  |
| <i>Задача № 4.1</i>                                 | <b>7-8</b>   | 6                            | 10         |
| <i>Задача № 4.2</i>                                 | <b>7-8</b>   | 6                            | 10         |
| <i>Задача № 4.3</i>                                 | <b>7-8</b>   | 6                            | 10         |
| <b>Контрольная точка № 2</b>                        | <b>15-16</b> | <b>18</b>                    | <b>30</b>  |
| <i>Задача № 5.1</i>                                 | <b>15-16</b> | 6                            | 10         |
| <i>Задача № 5.2</i>                                 | <b>15-16</b> | 6                            | 10         |
| <i>Задача № 5.3</i>                                 | <b>15-16</b> | 6                            | 10         |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                     | <b>-</b>     | <b>24</b>                    | <b>40</b>  |
| Экзамен   | -            |                              |            |
| <i>Задача № 3.1</i>                                 | -            | 12                           | 20         |
| <i>Задача № 3.2</i>                                 | -            | 12                           | 20         |
| <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.

Студент считается аттестованным по разделу, 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, экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

*Штрафы: за несвоевременную сдачу (указать вид работ) максимальная оценка может быть снижена на 10 %, но не ниже минимального балла за оценочное средство*

**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/ Специальность | 14.03.02 Ядерные физика и технологии |
| Образовательная программа  | Инновационные ядерные технологии     |
| Дисциплина                 | Физическая теория ядерных реакторов  |

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Прямые и сопряженные операторы и их свойства.
2. Область применения точечных уравнений кинетики. Зависимость условий применения от способа введения реактивности.

|                          |           |                |
|--------------------------|-----------|----------------|
| Составитель              | _____     | Ю.А. Казанский |
|                          | (подпись) |                |
| Начальник отделения ЯФиТ | _____     | Д.С. Самохин   |
|                          | (подпись) |                |

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

## Критерии и шкала оценивания

| Оценка                             | Критерии оценки  |
|------------------------------------|--|
| Отлично<br>36-40                   | Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li><li>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li><li>- правильно формулировать определения;</li><li>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li><li>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li></ul> |
| Хорошо<br>30-35                    | Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li><li>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</li><li>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li><li>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li></ul> |
| Удовлетворительно<br>24-29         | Студент должен: <ul style="list-style-type: none"><li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li><li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li></ul>   |
| Неудовлетворительно<br>23 и меньше | Студент демонстрирует: <ul style="list-style-type: none"><li>- незнание значительной части программного материала;</li><li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li><li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li><li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li><li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li></ul>  |

**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/ Специальность | 14.03.02 Ядерные физика и технологии |
| Образовательная программа  | Инновационные ядерные технологии     |
| Дисциплина                 | Физическая теория ядерных реакторов  |

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ (6 семестр)**

1. Энерговыведение на единицу массы сожженного топлива.
2. Плотность потока нейтронов и его интегральные представления.
3. Накопление радиоактивности при работе реактора.
4. Эффективный коэффициент размножения и реактивность.
5. Расчет  $k_{эфф}$  и  $\rho$  через скорости процессов.
6. Формула 4-х сомножителей для реакторов на тепловых нейтронах.
7. Влияние гетерогенного расположения на значение множителей формулы 4-х сомножителей.
8. Предельные значения  $k_{эфф}$  и  $\rho$ .
9. Понятие критической массы и критического размера реактора.
10. Формула вычисления скоростей протекания ядерных реакций.
11. Утечка нейтронов из реактора.
12. Причины изменения нуклидного состава топлива при работе реактора.
13. Аналитические решения односкоростных дифференциальных уравнений для нахождения состава тяжелых ядер в функции времени.
14. Приближенная связь между изменением реактивности и вариацией составляющих формулу для реактивности.
15. Динамика состава осколков деления во время работы реактора.
16. Приближенные решения накопления осколков деления в функции времени с использованием кумулятивного выхода.
17. Оценка радиоактивности данного осколка деления после останова реактора.
18. Отравление реактора ядрами 135-ым изотопом ксенона при резком изменении мощности и его значения.
19. Стационарное отравление реактора 135-ым изотопом ксенона.
20. Глубина иодной ямы в зависимости от плотности потока нейтронов.
21. Отравление реактора ядрами 149-ым изотопом самария при резком изменении мощности и его значения.
22. Оценка времени достижения стационарного отравления изотопом самария.
23. Количество ядер самария после останова реактора.
24. «Прометиевая смерть» реактора.
25. Поведение реактивности во времени после останова реактора.
26. Принципиальная возможность воспроизводства делящихся ядер.
27. Необходимые и достаточные условия расширенного воспроизводства делящихся ядер.
28. Коэффициенты конверсии и воспроизводства.
29. Связь коэффициентов воспроизводства с временем удвоения развития ядерной энергетики.
30. Влияние плотности топлива на коэффициент воспроизводства.

31. Обратные связи на АЭС и в реакторе. Примеры.
32. Естественные и рукотворные обратные связи в ядерном реакторе.
33. Что такое запас реактивности.
34. Основные причины необходимости иметь запас реактивности.
35. Способы компенсации запаса реактивности.
36. Недостатки создания запаса реактивности введением в активную зону реактора поглощающих стержней.
37. Выгорающие поглотители – в качестве запаса реактивности.

### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ (7 семестр)

1. Качественный вывод точечного уравнения кинетики. Формула обратного умножения.
2. Авария на IV блоке Чернобыльской АЭС. Причины аварии, связанные с особенностями нейтронно-физических характеристик активной зоны РБМК.
3. Условия стационарности нейтронного потока в реакторе.
4. Мощностной коэффициент реактивности. Определение, использование в динамических задачах
5. Решение точечного уравнения кинетики без учета запаздывающих нейтронов. Возможность управления цепной реакцией без наличия запаздывающих нейтронов.
6. Составляющая температурного коэффициента реактивности, обусловленная изменением средней температуры тепловых нейтронов
7. Решение точечного уравнения кинетики в приближении одной группы запаздывающих нейтронов (общий вид). Показатели экспонент и их связь с реактивностью.
8. Качественное поведение мощности реактора во времени при введении отрицательной реактивности и обратной связи по мощности (положительной и отрицательной).
9. Обращенное решение точечного уравнения кинетики. Реактиметры.
10. Качественное поведение мощности реактора во времени при введении положительной реактивности и обратной связи по мощности (положительной и отрицательной).
11. Решение точечного уравнения кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов в приближении мгновенного скачка (дифференциальная и интегральная формы).
12. Коэффициенты реактивности для реакторов типа ВВЭР.
13. Изменения групповых резонансных сечений поглощения нейтронов в зависимости от концентрации ядер данного нуклида и температуры (Доплер-эффект).
14. Составляющая температурного коэффициента реактивности, связанная с температурными изменениями плотности и размеров.
15. Дифференциальные уравнения динамики реакторов при обратных связях по температуре топлива и теплоносителя.
16. Показатели экспонент в решении уравнений кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов и их связь с реактивностью. Частный случай решения при введении в критический реактор (без источника) реактивности
17. Уравнение динамики в приближении мгновенного скачка. Решение для случая обратной связи по мощности и наличии потери реактивности из-за выгорания топлива.
18. Связь между мощностью реактора и количеством нейтронов в нем. Формула обратного умножения для мощности.
19. Решение уравнения динамики при введении в реактор реактивности  $\rho > \beta_{\text{эфф}}$  в адиабатическом приближении (решение Нордгейма-Фукса). Зависимость мощности от реактивности
20. Условия стационарности нейтронного потока в реакторе (в том числе с источником нейтронов).
21. Решение уравнения динамики в приближении скачка на мгновенны нейтронах и обратной связи по мощности.
22. Зависимость среднего группового сечения от сечения разбавления.

**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/ Специальность | 14.03.02 Ядерные физика и технологии |
| Образовательная программа  | Инновационные ядерные технологии     |
| Дисциплина                 | Физическая теория ядерных реакторов  |

## Комплект заданий для контрольной работы 1 (6 семестр)

### Вариант 1

1. Выведите формулу чувствительности  $k_{\text{эфф}}$  к макроскопическому сечению поглощения. Примените ее для вычисления потери реактивности, обусловленной максимальным стационарным отравлением ядрами ксенона.
2. Используя шестигрупповые данные для урана-235 и заданный период удвоения мощности (35с и 120с) найдите реактивность реактора.
3. Рассчитайте групповое макросечение замедления и его вклад в макросечение увода при замедлении на ядрах водорода в зависимости от ширины энергетической группы. Рассмотреть область энергий вблизи 10 эВ (микросечения взять из справочников).

## Комплект заданий для контрольной работы 2 (6 семестр)

### Вариант 1

1. Вычислите и сравните критические массы сферического и цилиндрического реактора (при отношении высоты цилиндра к его радиусу 0,25; 0,5; 1,0 и 2,0).
2. Вычислите отношение критической массы топлива цилиндра минимального объема к критической массе топлива сферического реактора.
3. Полагая материальный параметр для реакторов разной формы одинаковым, найдите формулу реактора с максимальной утечкой нейтронов.

## Комплект заданий для контрольной работы 1 (7 семестр)

### 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  $^{238}\text{U}$  образуется нестабильное ядро  $^{239}\text{U}$  с достаточно коротким периодом полураспада. В конце-концов устанавливается равновесное отношение количества ядер  $^{239}\text{U}$  к количеству ядер  $^{238}\text{U}$ . Каково это

равновесное отношение в плотности потока нейтронов  $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ . Период полураспада ядер  $^{239}\text{U}$  равен 23.5 минуты. Сечение радиационного захвата нейтронов ядрами  $^{238}\text{U}$  равно 2,7 барна.

3. В надкритический ( $\rho_0 = 0.5\beta_{\text{эфф}}$ ) ввели отрицательную реактивность  $\rho_1$  такую, что эффективный коэффициент размножения стал равным  $k_{\text{эфф}} = 0.98$ . Найдите значение  $k_{\text{эфф}}$  надкритического реактора и введенную реактивность в единицах  $\beta_{\text{эфф}}$  ( $\beta_{\text{эфф}} = 0.65\%$ ).

## Комплект заданий для контрольной работы 2 (7 семестр)

### 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 ( $\text{UO}_2$ ). 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  $^{149}\text{Sm}$  равная 0,9 от асимптотической. Сечение поглощения нейтронов ядрами  $^{149}\text{Sm}$  считать равной 6.104 барн.

### Критерии оценки:

Задача 1 оценивается в 10 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 2 оценивается в 10 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

Задача 3 оценивается в 510 баллов, если правильно написаны формулы, найдены правильные значения из таблиц данных, найден правильный ответ и правильно написаны единицы измерения.

### Описание шкалы оценивания:

24-30 баллов - контрольная работа засчитывается

0-24 баллов – студент должен переписать контрольную работу. При переписывании студенту максимальное количество баллов, которые можно набрать -27.