

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Термоядерные реакторы и плазменные установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.13 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 7 семестр - 3; 8 семестр - 3; всего - 6 |
| Часов (всего) по учебному плану: | 216 часов |
| Лекции | 7 семестр - 32 часа; 8 семестр - 32 часа; всего - 64 часа |
| Практические занятия | 7 семестр - 16 часов; 8 семестр - 10 часов; всего - 26 часа |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | 7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 2 часа; всего - 4 часа |
| Самостоятельная работа | 7 семестр - 57,5 часа; 8 семестр - 63,5 часа; всего - 121,0 час |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Домашнее задание Расчетно-графическая работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 7 семестр - 0,5 часа; |
| Экзамен | 8 семестр - 0,5 часа; |
| | всего - 1,0 час |

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Гольцев А.О. |
| | Идентификатор | R1192f195-GoltsevAO-90f55037 |

А.О. Гольцев


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

| | | |
|---|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дедов А.В. |
| | Идентификатор | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4 |

А.В. Дедов

Заведующий выпускающей кафедрой

| | | |
|---|--|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дедов А.В. |
| | Идентификатор | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4 |

А.В. Дедов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: получение основных сведений о физических процессах, протекающих в ядерных реакторах, и их конструктивных особенностях, а также получение первичных навыков в проведении расчётов основных нейтронно-физических характеристик реактора.

Задачи дисциплины

- ознакомление с принципом работы, составом и принципиальной компоновкой ядерного энергетического реактора, физическими особенностями реакторов различных типов, перспективами развития реакторной техники;

- получение информации о энерговыделении и остаточном энерговыделении в реакторе, режимах работы энергетического реактора и контроле работы реактора.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|---|---|--|
| ПК-4 Способен принимать участие в расчетах характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования, ядерных и плазменных установок | ИД-бПК-4 Владеет навыками расчета основных нейтронно-физических характеристик ядерного реактора | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- классификацию ядерных реакторов, основные элементы и материалы, используемые в ядерных реакторах;- основные понятия и термины физики ядерных реакторов, методы экспериментальных и теоретических исследований;- основные нейтронно-физические константы и приближения, используемые в расчётах характеристик ядерных реакторов;- основные источники научно-технической информации по физике ядерных реакторов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- использовать в расчётах современные доступные через интернет ядерные данные;- производить расчётную оценку энерговыделения, эффектов реактивности, изменения изотопного состава в процессе работы реактора;- выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в ядерном реакторе на основе существующих методик;- использовать основные законы ядерной и нейтронной физики в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования в физике ядерных реакторов. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Термоядерные реакторы и плазменные установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|---|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 1 | Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора | 6 | 7 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора"</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], гл. 1-5</p> | |
| 1.1 | Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора | 6 | | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | | |
| 2 | Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр | 22 | | 10 | - | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - | | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр"</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена</p> |
| 2.1 | Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр | 22 | | 10 | - | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], гл. 1-4 |
| 3 | Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение | 20 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение" | |
| 3.1 | Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение | 20 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | Повторение материала по разделу "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], гл. 5, 6 [2], гл. 5 |
| 4 | Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей" | 24 | 10 | - | 6 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"" | |
| 4.1 | Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей" | 24 | 10 | - | 6 | - | - | - | - | - | 8 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"" <u>Изучение материалов литературных</u> | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|--------|---|----|---|----|---|---|---|-----|-------|----|--|---|
| | | | | | | | | | | | | | источников: [2], гл. 6 [4], гл. 8 | |
| | Экзамен | 36.00 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.50 | |
| | Всего за семестр | 108.00 | | 32 | - | 16 | - | 2 | - | - | 0.5 | 24 | 33.50 | |
| | Итого за семестр | 108.00 | | 32 | - | 16 | 2 | - | - | 0.5 | 57.50 | | | |
| 5 | Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности | 14 | 8 | 8 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности" |
| 5.1 | Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности | 14 | | 8 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], гл. 10 [2], гл. 7 [4], п. 9.2, п. 9.3 |
| 6 | Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора | 14 | | 8 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора" |
| 6.1 | Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора | 14 | | 8 | - | 2 | - | - | - | - | - | 4 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | "Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], разд. 1-4 [5], гл. 7 [6], разд. 1-4 |
| 7 | Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей | 27 | 8 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 16 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей" |
| 7.1 | Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей | 27 | 8 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 16 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], п. 9.1 [5], гл. 13 |
| 8 | Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность | 17 | 8 | - | 3 | - | - | - | - | - | - | 6 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|---------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|------------|---------------|-----------|--------------|--|
| 8.1 | Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность | 17 | | 8 | - | 3 | - | - | - | - | - | 6 | - | "Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность" <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], гл. 10 [4], п. 9.5 |
| | Экзамен | 36.00 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.50 | |
| | Всего за семестр | 108.00 | | 32 | - | 10 | - | 2 | - | - | 0.5 | 30 | 33.50 | |
| | Итого за семестр | 108.00 | | 32 | - | 10 | 2 | - | - | 0.5 | 63.50 | | | |
| | ИТОГО | 216.00 | - | 64 | - | 26 | 4 | - | - | 1.0 | 121.00 | | | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора

1.1. Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора

Ядерный реактор. Физическая классификация реакторов. Коэффициент размножения нейтронов в бесконечной среде. Возможные представления цикла размножения нейтронов. Эффективный коэффициент размножения.

2. Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр

2.1. Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр

Гомогенный реактор без отражателя. Уравнение реактора в диффузно-возрастном приближении. Одногрупповое приближение. Геометрический параметр и распределение потока нейтронов по объему реактора. Квазикритическое приближение. Гомогенный однозонный реактор с отражателем в одногрупповом и двух групповом приближении. Эффективная добавка. Реактор без отражателя, эквивалентный реактору с отражателем. Многозонный реактор. Условие критичности двухзонного реактора с отражателем в одногрупповом приближении. Физические особенности гетерогенного реактора. Классификация реакторных решеток. Основные предположения и допущения в теории решетки. Принципы гомогенизации ячеек. Метод вероятностей первых столкновений (ВПС). Основные понятия метода ВПС. Соотношения между вероятностями. Расчет ВПС в разреженных и тесных решетках. Коэффициент размножения на быстрых нейтронах. Расчет коэффициента размножения на быстрых нейтронах для различных решеток. Зависимость этого коэффициента от параметров решетки и ее компонентов.

3. Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение

3.1. Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение

Вероятность избежать резонансного поглощения. Применение метода ВПС для расчета эффективного резонансного интеграла. Расчет эффективного резонансного интеграла поглощения в различных решетках. Учет энергетической и пространственной экранировок, взаимного затенения блоков, замедления внутри блока, температурных эффектов. Зависимость вероятности избежать резонансного поглощения от параметров решетки и ее компонентов. Коэффициент использования тепловых нейтронов. Относительное вредное поглощение. Блок-эффект. Особенности расчета в различных ячейках. Спектры нейтронов и усреднение сечений в области тепловых энергий. Зависимость коэффициента использования тепловых нейтронов от параметров решетки и ее компонентов. Число вторичных нейтронов деления на один поглощенный топливом первичный нейтрон. Расчет длин диффузии и замедления в различных решетках. Зависимость возраста и квадрата длины диффузии нейтронов от температуры и параметров решетки. Зависимость материального параметра от отношения объемов замедлителя и топлива. Выбор оптимального варианта решетки.

4. Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"

4.1. Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей"

Водо-водяные энергетические реакторы (ВВЭР). Нейтронно-физические особенности. Компенсация реактивности и способы регулирования реактора. Коэффициенты

неравномерности энерговыделения. Перегрузка и выгорание топлива. Этапы нейтронно-физического расчета реактора. Оценочный расчет коэффициента размножения. Водяные кипящие реакторы (ВК). Нейтронно-физические особенности. Взаимосвязь нейтронно-физического и теплогидравлического расчетов. Сравнение характеристик реакторов типа ВК и ВВЭР. Канальные реакторы. Нейтронно-физические особенности и оценочный расчет канальных реакторов. Высокотемпературные реакторы. Нейтронно-физические особенности и оценочный расчет этих реакторов. Реакторы на быстрых нейтронах. Основные нейтронно-физические особенности (спектр нейтронов, воспроизводство делящихся материалов, запас реактивности, температурные эффекты). Особенности нейтронно-физического расчета.

5. Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности

5.1. Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности

Последовательность нейтронно-физического расчета реактора. Подготовка библиотек констант. Гомогенизация ячейки. Расчет макроячейки, полячейки, гомогенного реактора. Обзор методов решения уравнения переноса нейтронов. Программы расчета реакторных ячеек на ЭВМ. Физические модели и методы подготовки многогрупповых микроскопических констант и расчета ячеек. Этапы расчета реакторной ячейки. Спектральная и пространственная задачи. Редактирование. Режимы работы программ. Расчеты состояния, выгорания топлива, эффектов реактивности.

6. Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора

6.1. Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора

Гидродинамика и теплообмен в ядерных энергетических реакторах. Гидравлические потери давления для случаев применения однофазного и кипящего теплоносителей. Теплообмен для случаев применения однофазного, кипящего и двухкомпонентного теплоносителей. Критические тепловые нагрузки. Кризис теплообмена. Тепловой расчет энергетических реакторов, охлаждаемых однофазным теплоносителем. Формирование расчетной ячейки. Распределение температуры по высоте ТВЭЛа и по сечению расчетной ячейки. Расчет температуры замедлителя в графитовых реакторах. Теплогидравлический расчет кипящих реакторов. Расчет водо-водяного кипящего реактора. Теплогидравлический расчет высокотемпературных газовых реакторов. Схемы движения шаровых ТВЭЛов в активной зоне. Распределение температуры в шаровом ТВЭЛе. Расчет температурного режима теплоносителя в активной зоне.

7. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей

7.1. Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей

Программы расчета реакторов. Физические модели и методы расчета реакторов. Режимы работы программ. Расчеты состояний, эффективности СУЗ, эффектов и коэффициентов реактивности, выгорания топлива. Структура и этапы нейтронно-физического проектирования энергетического реактора. Классификация экспериментов. Зависимость особенностей эксперимента от способа использования получаемой информации. Взаимосвязь расчетных и экспериментальных исследований. Нейтронно-физические характеристики, определяемые в экспериментах на сборках и реакторах. Сравнение

экспериментов на реакторах, подкритических и критических стендах. Энерговыведение в реакторе. Организация теплоотвода. Энерговыведение в активной зоне реактора, в корпусе, в конструкционных материалах, в элементах биологической защиты. Распределение энерговыведения. Локальные и технические коэффициенты неравномерности. Эффекты реактивности. Остаточное тепловыведение.

8. Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность

8.1. Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора.
Ядерная и радиационная безопасность

Режимы работы энергетического ядерного реактора. Контроль работы реактора. Принципиальная схема управления ядерным реактором. Штатные и аварийные режимы работы реактора. Понятие о нестационарных процессах в реакторе. Переходные режимы. Отравление. Шлакование. Вопросы безопасности ядерных реакторов. Анализ аварийных ситуаций и аварий. Средства предупреждения и предотвращения аварий. Средства локализации аварий.

3.3. Темы практических занятий

1. Определение распределения температур в блоке графитовой кладки реактора РБМК;
2. Определение распределения температур в топливном сердечнике и в ТВС ТВЭЛа реактора на быстрых нейтронах;
3. Теплогидравлический расчет реактора;
4. Расчёт гомогенных ядерных концентраций в материалах и конструкциях ячеек ядерных реакторов;
5. Нейтронно-физический расчет ячеек ВВЭР (расчеты состояний и выгорания). Анализ результатов расчетов;
6. Расчет составляющих коэффициента размножения;
7. Нейтронно-физический расчет ячеек РБМК (расчеты состояний и выгорания). Анализ результатов расчетов;
8. Анализ зависимостей составляющих коэффициента размножения от параметров решетки и зон ячейки;
9. Расчет условий критичности для разных по форме и структуре гомогенных реакторов;
10. Расчет коэффициента неравномерности энерговыведения для двухзонного реактора с отражателем в одноклассовом приближении;
11. Задачи по диффузии и замедлению нейтронов в конечных и бесконечных средах для источников различной формы;
12. Определение скорости деления урана-235, соответствующей определенной мощности реактора и массы выгоревшего урана-235 за определенный промежуток времени при работе реактора на заданном уровне мощности;
13. Расчет энерговыведения в активной зоне реактора ВВЭР при загрузке активной зоны ядерным топливом определенного обогащения.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей""
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | | |
| Знать: | | | | | | | | | | | |
| основные источники научно-технической информации по физике ядерных реакторов | ИД-бПК-4 | | | + | | | | | | | Домашнее задание/Расчет вероятности избежать резонансного захвата |
| основные нейтронно-физические константы и приближения, используемые в расчётах характеристик ядерных реакторов | ИД-бПК-4 | | | | + | | | | | | Домашнее задание/Расчёт критической массы однородного реактора |
| основные понятия и термины физики ядерных реакторов, методы экспериментальных и теоретических исследований | ИД-бПК-4 | + | | | | | | | | | Домашнее задание/Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава |
| классификацию ядерных реакторов, основные элементы и материалы, используемые в ядерных реакторах | ИД-бПК-4 | | + | | | | | | | | Домашнее задание/Расчёт нейтронно-физических констант |
| Уметь: | | | | | | | | | | | |
| использовать основные законы ядерной и нейтронной физики в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования в физике ядерных реакторов | ИД-бПК-4 | | | | | + | | | | | Расчетно-графическая работа/Выполнение части 1 РГР |
| выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в ядерном реакторе на основе существующих методик | ИД-бПК-4 | | | | | | | + | | | Расчетно-графическая работа/Выполнение части 2 РГР |
| производить расчётную оценку энерговыделения, эффектов реактивности, изменения изотопного состава в процессе работы реактора | ИД-бПК-4 | | | | | | | | | + | Расчетно-графическая работа/Выполнение части 4 РГР |
| использовать в расчётах современные доступные через интернет ядерные данные | ИД-бПК-4 | | | | | | | | | + | Расчетно-графическая работа/Выполнение части 3 РГР |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет вероятности избежать резонансного захвата (Домашнее задание)
2. Расчёт критической массы однородного реактора (Домашнее задание)
3. Расчёт нейтронно-физических констант (Домашнее задание)
4. Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава (Домашнее задание)

8 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)
3. Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)
4. Выполнение части 4 РГР (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Глесстон, С. Основы теории ядерных реакторов : пер. с англ. / С. Глесстон, М. Эдлунд. – М. : Изд-во иностранной лит., 1954. – 459 с.;
2. Климов, А. Н. Ядерная физика и ядерные реакторы : Учебник для вузов по направлению 651000 "Ядерная физика и технологии" для специальностей 070500, 070900, 074300 и 200600 / А. Н. Климов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2002. – 464 с. – ISBN 5-283-03843-2.;
3. Теплоэнергетика и теплотехника : справочник : в 4 кн. / Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин. – 4-е изд., стер. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007. – ISBN 978-5-383-00015-1. Кн.3 : Тепловые и атомные электростанции / М. С. Алхутов, и др. ; Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин. – 2007. – 648 с. – ISBN 978-5-383-00018-2.
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4275>;

4. Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов / Г. Г. Бартоломей, и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 512 с. – ISBN 5-283-03804-1.;
5. Дементьев, Б. А. Ядерные энергетические реакторы : Учебник для вузов по специальности "Атомные электростанции и установки" / Б. А. Дементьев. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с. – ISBN 5-283-03863-Х.;
6. Щепетина Т.Д.- "Теплоэнергетика и теплотехника. Кн. 3. Тепловые и атомные электростанции", Издательство: "МЭИ", Москва, 2007 - (648 с.)
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000182.html>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|--|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Б-302, Специализированная учебная аудитория | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Б-302, Специализированная учебная аудитория | парта, стол преподавателя, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная, колонки, компьютер персональный, наборы демонстрационного оборудования |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | А-110, Вычислительная лаборатория | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования |
| Помещения для самостоятельной работы | А-110, Вычислительная лаборатория | стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, указка лазерная, многофункциональный центр, сервер, компьютер персональный, принтер, наборы демонстрационного оборудования |
| Помещения для | А-208, | кресло рабочее, рабочее место сотрудника, |

| | | |
|--|--|---|
| консультирования | Преподавательская | стол, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | А-025, Кладовка лабораторного оборудования | стеллаж, оборудование специализированное |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика ядерных реакторов

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Расчёт ядерных концентраций изотопов в материалах активной зоны. Гомогенизация материального состава (Домашнее задание)
 КМ-2 Расчёт нейтронно-физических констант (Домашнее задание)
 КМ-3 Расчет вероятности избежать резонансного захвата (Домашнее задание)
 КМ-4 Расчёт критической массы однородного реактора (Домашнее задание)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора | | | | | |
| 1.1 | Обзор конструкций ядерных реакторов. Основные элементы реактора | | + | | | |
| 2 | Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр | | | | | |
| 2.1 | Основные понятия физики ЯР: поток нейтронов, спектр нейтронов, и пр | | | + | | |
| 3 | Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение | | | | | |
| 3.1 | Замедление и поглощение нейтронов. Основные расчётные методы. Диффузионное приближение | | | | + | |
| 4 | Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей" | | | | | |
| 4.1 | Расчёт коэффициента размножения нейтронов в ячейке реактора по формуле "4х сомножителей" | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Выполнение части 1 РГР (Расчетно-графическая работа)
 КМ-2 Выполнение части 2 РГР (Расчетно-графическая работа)
 КМ-3 Выполнение части 3 РГР (Расчетно-графическая работа)
 КМ-4 Выполнение части 4 РГР (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|-------------------|------------|------|------|------|------|
|---------------|-------------------|------------|------|------|------|------|

| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 14 |
|------------|--|---------------|----|----|----|----|
| 1 | Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности | | | | | |
| 1.1 | Шлакование и отравление реактора. Эффекты и коэффициенты реактивности | | + | | | |
| 2 | Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора | | | | | |
| 2.1 | Тепловыделение в ядерном реакторе. Теплогидравлический расчёт активной зоны ядерного реактора | | | + | | |
| 3 | Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей | | | | | |
| 3.1 | Мгновенные и запаздывающие нейтроны. Кинетика и динамика реактора. Влияние обратных связей | | | | + | |
| 4 | Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность | | | | | |
| 4.1 | Управление реактором. Эффективность органов СУЗ. Пуск и остановка реактора. Ядерная и радиационная безопасность | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |