

Теория ядерных реакторов Савандер В.И.

Принцип действия и классификация ядерных реакторов. Условие критичности реактора в диффузионно-возрастном приближении. Нестационарные режимы работы и регулирование реактора. Изменение изотопического состава ядерного топлива в процессе эксплуатации реактора.

№	Тема	Содержание
1	Введение в физику ядерных реакторов	Введение в ядерную энергетику. Взаимодействие нейтронов с веществом. Энергетические интервалы. Реакция деления тяжелых ядер. Основные компоненты ядерного реактора. Преимущества и проблемы ядерной энергетики.
2	Бесконечная размножающая среда	<ol style="list-style-type: none"> 1. Цепной процесс размножения нейтронов в бесконечной однородной среде. Основные характеристики цепного процесса. Модель сменяющихся поколений. Коэффициент размножения нейтронов. Уравнение Больцмана для бесконечной среды. Балансная формула для коэффициента. 2. Модель последовательных поколений. Эквивалентность двух определений коэффициента размножения нейтронов. Коэффициент размножения для сред с тепловым спектром нейтронов. Формула 4-х сомножителей. 3. Групповое приближение для спектральных задач. Усреднение групповых констант. Системе многогрупповых уравнений. Решение системы многогрупповых уравнений и определение коэффициента размножения.
3	Ограниченные размножающие среды. Замедление нейтронов. Диффузионно-возрастное приближение	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ограниченные размножающие среды. Одногрупповое диффузионное приближение. Граничные условия на границе с вакуумом. Материальный и геометрический параметры. Условие критичности. Аналитическое решение задачи для однородных сред в различных геометриях. Критическая масса и критический объем. Минимальная критическая масса. 2. Нестационарное одногрупповое приближение. Период релаксации и установившийся период изменения потока нейтронов. Некритический реактор. Эффективный коэффициент размножения для ограниченных сред. Условно-критический реактор. Понятие реактивности. 3. Реактор с отражателем. Условия сшивки на границе раздела двух сред. Добавка отражателя. Зависимость добавки отражателя от свойств отражателя и его размеров. Альбеда. Граничные условия с использованием альбеда отражателя 4. Замедление нейтронов. Ступенька замедления. Энергетическое распределение рассеянных нейтронов. Понятие латергии при замедлении. Средне-логарифмическая потеря энергии на один акт рассеяния. Среднее число актов рассеяния до достижения тепловой энергии. Вещества замедлители. 5. Замедление на водороде. Спектр Ферми. Замедление с поглощением. Спектр Вигнера. Вероятность избежать резонансного поглощения на узком изолированном резонансе. Резонансный интеграл. Эффективный резонансный интеграл. 6. Диффузия замедляющихся нейтронов. Модель непрерывного замедления. Возраст замедляющихся нейтронов. Уравнение возраста. Диффузионно-возрастное приближение. Многогрупповое диффузионное приближение.
4	Кинетика реактора и медленные нестационарные процессы в реакторе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Запаздывающие нейтроны. Групповое представление запаздывающих нейтронов. Нестационарное диффузионное приближение с учетом запаздывающих нейтронов. Уравнение кинетики с одной группой запаздывающих нейтронов. Роль запаздывающих нейтронов в нестационарных процессах. 2. Отравление и шлакование ядерного реактора осколками деления. Ксеноновое отравление в стационарном случае. Нестационарное ксеноновое отравление. Йодная яма. Шлакование реактора самарием. Потеря реактивности после длительной остановки реактора. Выгорание ядерного топлива. Неравномерность выгорания. Метод частичных перегрузок. 3. Изменение нуклидного состава топлива при работе реактора на мощности. Выгорание урана. Накопление плутониевых изотопов. Поглощение нейтронов осколками и продуктами деления. Выгорание ядерного топлива.

		<p>4. Запас реактивности на выгорание. Пути повышения выгорания за счет различных схем перегрузки топлива. Частичные и непрерывные перегрузки. Системы компенсации избыточной реактивности при частичных перегрузках.</p> <p>5. Воспроизводство ядерного топлива в реакторах. Коэффициент воспроизводства. Балансная формула для коэффициента воспроизводства. Реакторы на быстрых нейтронах. Расширенное воспроизводство ядерного топлива. Открытый и замкнутый ядерный топливный цикл.</p>
--	--	--

Вопросы по курсу

1. Цепной процесс размножения нейтронов. Коэффициент размножения Модель сменяющихся поколений. Эволюционное уравнение изменения плотности нейтронов.
2. Уравнение Больцмана для однородной бесконечной среды. Сведение к одноклассовому приближению. Решение нестационарной задачи. Коэффициент размножения и время жизни нейтронов в размножающей среде.
3. Модель последовательных поколений. Коэффициент размножения. Эквивалентность двух определений коэффициента размножения.
4. Формула четырех сомножителей для бесконечной однородной среды.
5. Многокласовое приближение для расчета спектра нейтронов в бесконечной размножающей среде.
6. Однокласовое диффузионное приближение в ограниченной размножающей среде. Экстраполированная граница среды.
7. Решение стационарной задачи на критичность в однокласовом приближении. Материальный и геометрический параметр.
8. Нестационарная задача в однокласовом диффузионном приближении. Период релаксации и асимптотическое решение нестационарной задачи.
9. Условно-критическая задача. Эффективный коэффициент размножения нейтронов. Реактивность.
10. Реактор с отражателем. Эффективная добавка отражателя в одномерной плоской геометрии.
11. Элементарный акт упругого рассеяния нейтронов на ядрах замедлителя. Ступенька замедления. Распределение рассеянного нейтрона по энергиям в ступеньке замедления.
12. Замедление на водороде без поглощения. Спектр Ферми.
13. Замедление с учетом поглощения Спектр замедления Вигнера.
14. Диффузия замедляющихся нейтронов. Модель непрерывного замедления. Возраст нейтронов.
15. Диффузионно-возрастное приближение. Эффективный коэффициент размножения.
16. Запаздывающие нейтроны. Роль запаздывающих нейтронов.
17. Вывод нестационарного уравнения с учетом запаздывающих нейтронов. Уравнение «обратных» часов.
18. Решение нестационарной задачи с одной группой запаздывающих нейтронов при введении положительно и отрицательной реактивности.
19. Уравнения для концентраций ксенона и йода. Стационарное отравление реактора ксеноном.
20. Отравление ксеноном при остановке реактора. «Йодная яма»
21. Основные процессы изменения изотопного состава топлива. Выгорание урана-235.
22. Накопление плутония в реакторе. Равновесная концентрация плутония в реакторе.
23. Изменение коэффициента размножения реактора в процессе выгорания топлива. Запас реактивности на выгорание. Компенсация избыточной реактивности.
24. Частичные перегрузки топлива. Непрерывные перегрузки.
25. Воспроизводство ядерного топлива в реакторах. Коэффициент воспроизводства. Балансная формула для КВ.

Литература

Саркисов А.А. и др. Основы теории и эксплуатации судовых ядерных реакторов. М, Наука, 2008

Учебные пособия

1. Саркисов А.А. и др. Инженерные основы теории и эксплуатации судовых реакторов. Учебное пособие. Изд. Дом МЭИ. 2011
2. А.Н. Климов Ядерная физика и ядерные реакторы. Учебник для вузов -3-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2002.-464 с.
3. В.А. Апсэ, А.И. Ксенофонов, В.И. Савандер, Г.В. Тихомиров, А.Н. Шмелев Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты.: Учебное пособие/Долгосрочный: Издательский дом «Интеллект», 2014.-296 с.