



Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»



Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Институт Теоретической и Экспериментальной Физики» имени А.И.Алиханова
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

УТВЕРЖДАЮ

Директор
ИИЭ «Курчатовский институт – ИТЭФ»



В.Ю. Егорычев

2017 г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний для поступающих на обучение по программам
подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре
по специальной дисциплине

Направление подготовки: **14.06.01 «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии»**

Направленность (профиль) подготовки: **«Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»**

05.14.03

Согласовано:

Заместитель директора по научной работе

по международным проектам

А.В. Акиншинов

Согласовано:

Заведующий аспирантурой

Б.В. Мартемьянов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Ученого Совета

Протокол № 2 от 16.03. 2017 г.

Ученый Секретарь

В.В. Васильев

Москва, 2017 г.

Форма проведения вступительных испытаний: собеседование по вопросам.

Для подготовки ответа поступающий использует экзаменационные листы.

Направленность (профиль) - 05.14.03 – «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации»

Уравнение диффузии нейтронов. Основные предположения диффузионного приближения. Фундаментальные решения уравнения диффузии. Метод функций Грина.

2. Интегро-дифференциальное уравнение переноса нейтронов. Р_p- метод, Р₁-приближение. Интегральное уравнение Пайерлса.

3. Теория замедления. Упругое рассеяние на ядрах. Спектр замедляющихся нейтронов. Особенности замедления на ядрах с массой равной и больше единицы.

4. Обоснование диффузионно-возрастного приближения. Замедление в средах с поглощением. Вероятность избежать захвата при замедлении.

5. Особенности описания энергетического распределения нейтронов области термализации. Групповое описание пространственно-энергетического распределения нейтронов. Принципы составления групповых констант.

6. Баланс нейтронов в размножающих средах. Формула 4-х сомножителей. Асимптотический спектр нейтронов и материальный параметр среды.

7. Условие критичности одного реактора. Эффективный коэффициент размножения. Гетерогенный реактор. Особенности формирования пространственно-энергетического распределения. Баланс нейтронов.

8. Резонансный захват в гомогенных и гетерогенных средах. Эффективный резонансный интеграл. Соотношение эквивалентности.

9. Выгорание и воспроизводство. Условия и возможности расширенного воспроизводства. Топливные циклы ядерной энергетики.

10. Реактивность. Запас реактивности. Способы компенсации запаса реактивности. Отравление и зашлаковывание реактора. Нестационарное отравление. Йодная яма. Ксеноновая неустойчивость.

11. Кинетика реактора в точечном приближении. Асимптотический период. Связь с реактивностью. Запаздывающие нейтроны. Их характеристика и роль в переходных процессах.

Динамика реактора. Эффекты реактивности. Обратные связи в реакторе. Понятие устойчивости. Большие скачки реактивности. Нейтронные вспышки.

13. Особенности конструкций и основные параметры современных корпусных водородных реакторов.

14. Особенности конструкций и основные параметры современных канальных реакторов.

15. Принципы конструкций реакторов-бридеров на быстрых нейтронах. Параметры воспроизводства ядерного топлива. Топливный цикл реакторов-бридеров.

16. Ядерная авария. Ядерная безопасность. Радиационное воздействие АЭС на окружающую среду. Крупные аварии на АЭС.

17. Ядерная энергетика в энергетическом балансе. Требования к энергетическим технологиям. Перспективы развития ядерной энергетики.

18. Проблема нераспространения ядерных материалов. МАГАТЭ и системы международных гарантий. Технические проблемы нераспространения ядерных материалов.
19. Экономические аспекты использования ядерной энергии. Составляющие издержек производства электроэнергии на АЭС. Снятие АЭС
□ эксплуатации. Экономические последствия тяжелых аварий. Социальные аспекты развития ядерной энергетики.
20. Источники и методы регистрации нейтронов, экспериментальные методы измерения сечений нейтронных реакций, размножающих свойств среды и нуклидного состава топлива.
21. Источники ионизирующих излучений в ядерных энергетических установках. Закономерности ослабления ионизирующих излучений в веществе. Радиационное повреждение реакторных материалов. Действие ионизирующего излучения на теплоноситель (вода). Действие ионизирующего излучения на оксидные пленки конструкционных сплавов. Действие ионизирующего излучения на конструкционные сплавы - углеродистые стали; аустенитные хромоникелевые стали; сплавы на основе циркония, алюминия.
22. Тепловые и гидравлические процессы в ядерных энергетических установках. Особенности контура отвода тепла. Теплогидравлический расчет активных зон, охлаждаемых однофазным, двухфазным водным, жидкометаллическим, газовым теплоносителем. Кризис теплообмена. Запасы до кризиса. Максимальные температуры оболочки и топлива.
23. Нестационарные процессы в переходных и аварийных режимах. Термогидравлика основных проектных аварий. Двухфазные среды в ядерных энергетических установках. Параметры, характеризующие поток пароводяной смеси. Режимы течения пароводяной смеси в парогенерирующих трубах. Двухфазные среды пузырьковой структуры. Основные соотношения в потоках двухфазных сред. Расходные и истинные параметры, характеризующие поток пароводяной смеси в трубах. Гидравлические сопротивления при вынужденном движении неомогенной пароводяной смеси в трубах.
24. Циклы паротурбинных и газотурбинных установок. Энергетический баланс и КПД ядерных энергетических установок.
25. Контроль, управление и защита ядерных энергетических установок. Системы контроля нейтронно-физических и теплотехнических параметров. Безопасность и проблема управления. Защиты по уровню мощности и разгону. Управляющие системы нормальной эксплуатации и безопасности. Взаимодействие «человек - машина».
26. Основные принципы и критерии обеспечения безопасности. Нормативно-регулирующие документы. Принципы защиты в глубину. Уровни глубоко эшелонированной защиты: Фундаментальные функции безопасности. Принцип единичного отказа. Критерии и условия обеспечения безопасной эксплуатации.
27. Нормативные документы и рекомендации, определяющие применение теплогидравлических кодов для компьютерного моделирования аварийных ситуаций на энергоблоке АЭС. Тенденции развития теплогидравлических кодов улучшенной оценки для компьютерного моделирования аварийных ситуаций на АЭС. Применение расчетных кодов улучшенной оценки для компьютерного моделирования теплогидравлическими кодами аварийных ситуаций на энергоблоке АЭС.
28. Физические принципы «естественной безопасности» в отношении атомных реакторов. Способы повышения степени «естественной безопасности» для различных типов

атомных реакторов.

29. Анализ аварий. Проектные и запроектные аварии. Анализ надежности систем безопасности. Модели систем безопасности. Управление аварией. Вероятностный анализ. Сценарии аварий на АЭС с реакторами ВВЭР, БН, РБМК.

30. Программные комплексы для нейтронно-физических расчетов, проектных и эксплуатационных расчетов динамики и безопасности, радиационной защиты, для расчетного обоснования прочности, моделирования тяжелых аварий и их последствий.

31. Атомные станции. Типы атомных станций. Основные компоненты и системы энергоблоков АЭС. Судовые и космические ядерные энергетические установки. Передвижные и блочно-транспортабельные ядерные энергетические установки. Радионуклидные генераторы.

Термоядерные реакторы. Гибридные системы синтеза - деления. Классификация ядерных реакторов.

32. Материалы в реакторостроении. Условия работы и критерии выбора. Теплоустойчивые стали, коррозионно-стойкие стали, циркониевые сплавы, нержавеющие стали, никелевые сплавы, сплавы на основе титана, высокотемпературные сплавы, графит, керамические материалы. Материалы органов управления реактивностью. Материалы замедлителей и отражателей. Материалы защиты.

Ядерное топливо. Конструкционные материалы твэлов и ТВС. Основные требования, характеристики. Тепловыделяющие элементы и ТВС ядерных реакторов. Основные требования. Типы конструктивных решений. Физико-химические процессы, протекающие в твэлах и ТВС в условиях эксплуатации.

34. Органы регулирования ядерных реакторов. Назначение, состав, конструкции и функциональное использование. Особенности органов регулирования реакторов различных типов. Использование жидких, газообразных и сыпучих поглотителей.

35. Корпусные легководные реакторы с водой под давлением и кипящие. Развитие реакторов. Реакторы ВВЭР-1000, АСТ-500, АТЭЦ, PWR. Реакторы ВК, BWR. Конструкции. Компоновка оборудования. Системы нормальной эксплуатации. Системы безопасности.

36. Реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем. Развитие реакторов. Реакторы БН-600, БН-800. Корпус реактора и внутрикорпусные устройства. Активная зона и зона воспроизводства. Технические средства обеспечения безопасности. Компоновка оборудования.

37. Канальные водографитовые и тяжеловодные реакторы. Развитие канальных реакторов. Первая в мире, Сибирская, Белоярская АЭС, Билибинская АТЭЦ. Реакторы РБМК-1000, РБМК-1500. Активная зона. Контур многократной принудительной циркуляции. Системы нормальной эксплуатации и системы безопасности. Канальные тяжеловодные реакторы.

38. Реакторы, охлаждаемые газом. Развитие реакторов. Реакторы с гелиевым теплоносителем. Активные зоны из шаровых, стержневых твэлов и призматических блоков.

39. Ядерные реакторы нового поколения - с водой под давлением, бассейновые, канальные, с жидкометаллическим теплоносителем (натрием, свинцом-висмутом, свинцом), модульные, охлаждаемые газом с использованием газовой турбины, с циркулирующим топливом, с расплавно-солевым теплоносителем.

40. Исследовательские реакторы. Физические и конструктивные особенности. Экспериментальные устройства исследовательских реакторов. Стационарные и учебно-

исследовательские реакторы.

41. Теплообменное и сепарационное оборудование реакторных установок. Парогенераторы для АЭС с ВВЭР и PWR, теплообменные аппараты АЭС с БН, ВТГР, сепараторы пара. Основные характеристики.

42. Системы перегрузки топлива. Способы перегрузки. Хранилища отработавшего ядерного топлива. Транспортно-технологическое оборудование. Перегрузочные устройства.

43. Организация и контроль эксплуатации. Установление и корректировка пределов и условий безопасной эксплуатации. Регламентация эксплуатации. Техническое обслуживание и ремонт. Регламентация действий при авариях и в аварийных ситуациях. Показатели работы АЭС. Система ведомственного контроля за эксплуатацией. Федеральный надзор за безопасностью.

Жизненный цикл ядерной энергетической установки и принципы управления сроком службы. Продление срока службы. Вывод из эксплуатации. Обеспечение и повышение безопасности при продлении эксплуатации.

45. Радиоактивные материалы при снятии с эксплуатации ядерных энергетических установок. Транспортировка и хранение топлива. Удаление радиоактивных отходов высокой и средней активности. Дезактивация оборудования. Реабилитация территорий, загрязненных радионуклидами.

Литература

1. Савандер В.И. Физическая теория ядерных реакторов: учебное пособие для вузов. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2013.
2. Апсэ В.А., Шмелев А.Н., Куликов Е.Г., Куликов Г.Г. Ядерные технологии. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2013.
3. Апсэ В.А., Ксенофонтов А.И., Савандер В.И., Тихомиров Г.В., Шмелев А.Н. Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты. - Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2014.
4. Кузьмин А.М., Шмелев А.Н., Апсэ В.А. Моделирование физических процессов в энергетических ядерных реакторах на быстрых нейтронах: учебное пособие для вузов. - Москва: МЭИ, 2015.
5. Бушуев А.В., Алеева Т.Б. Методы и приборы измерений ядерных материалов: учебное пособие для вузов. - Москва: НИЯУ МИФИ, 2011.

Пронумеровано,
прошито и
скреплено печатью

5 (март) (лист.)



Handwritten signature in blue ink, partially overlapping the stamp.