

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КИБЕРНЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА КИБЕРНЕТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИИКС

Протокол № 8/1/2025

от 25.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ЯДЕРНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ (MATHEMATICAL MODELS OF PHYSICAL
PROCESSES IN NUCLEAR POWER FACILITIES)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 09.03.04 Программная инженерия

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
8	2	72	15	15	0		42	0	3
Итого	2	72	15	15	0	0	42	0	

АННОТАЦИЯ

Этот курс описывает методы построения математических моделей устройств (например атомных электростанций) для задач управления и контроля. Изучаются методики построения математических моделей топливного элемента, канала реактора и парогенератора.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины Математические модели физических процессов в ядерных энергетических установках являются определение места и роли информационных технологий при разработке современного прикладного математического обеспечения ядерно-энергетических установок. На конкретных примерах продемонстрировать математические модели физических процессов. Показать проблемы управления сложным техническим объектом – ядерным энергоблоком.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного обучения данной дисциплине требуются знания в объеме первых двух курсов.

Освоение данной дисциплины должно предшествовать освоению следующих дисциплин:

- курсу общей физики;
- курсу математики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
проектный			
- участие в проектировании компонентов программного продукта в объеме, достаточном для их	- программный проект (проект разработки программного продукта); - процессы	ПК-4.8 [1] - Способен применять классические алгоритмы машинного обучения с пониманием их математических основ и областей	З-ПК-4.8[1] - Знать: классические алгоритмы машинного обучения с учителем для задач регрессии и классификации,

конструирования в рамках поставленного задания; - создание компонент программного обеспечения (кодирование, отладка, модульное и интеграционное тестирование); - выполнение измерений и рефакторинг кода в соответствии с планом; - участие в интеграции компонент программного продукта; - разработка тестового окружения, создание тестовых сценариев; - разработка и оформление эскизной, технической и рабочей проектной документации; - взаимодействие с заказчиком в процессе выполнения программного проекта.	жизненного цикла программного продукта; - методы и инструменты разработки программного продукта.	применения <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001	включая линейные методы, методы регуляризации, методы опорных векторов, ансамблевые методы (Random Forest, Gradient Boosting, XGBoost, LightGBM), методы работы с временными рядами, байесовские методы и Learning to Rank, а также особенности оценки моделей с учетом ограничений вычислительных ресурсов, объяснимости и скорости.; У-ПК-4.8[1] - Уметь: выбирать и применять классические ML-алгоритмы с глубоким пониманием их математических основ, адаптировать и кастомизировать методы под конкретные задачи, проводить обучение, валидировать и оценивать модели с учетом требований к вычислительным ресурсам и объяснимости, улучшать качество моделей в определенной предметной области.; В-ПК-4.8[1] - Владеть: навыками проведения исследований и создания прототипов на основе классических алгоритмов машинного обучения с учителем, обеспечивать эффективную подготовку данных, обучение и валидацию
---	---	--	---

			моделей, применять методы повышения качества и устойчивости моделей в условиях ограниченных ресурсов и требований к скорости и объяснимости.
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных

		посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование профессионально значимых установок: не производить, не копировать и не использовать программные и технические средства, не приобретённые на законных основаниях; не нарушать признанные нормы авторского права; не нарушать тайны передачи сообщений, не практиковать вскрытие информационных систем и сетей передачи данных; соблюдать конфиденциальность доверенной информации (B40)	1. Использование воспитательного потенциала дисциплин "Информатика (Основы программирования)", Программирование (Объектно-ориентированное программирование)", "Программирование (Алгоритмы и структуры данных)" для формирования культуры написания и оформления программ, а также привития навыков командной работы за счет использования систем управления проектами и контроля версий. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины "Проектная практика" для формирования культуры решения изобретательских задач, развития логического мышления, путем погружения студентов в научную и инновационную деятельность института и вовлечения в проектную работу. 3.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин для формирования навыков цифровой гигиены, а также системности и гибкости мышления, посредством изучения методологических и технологических основ обеспечения информационной безопасности и кибербезопасности при выполнении и защите результатов учебных заданий и лабораторных работ по криптографическим методам защиты информации в

		компьютерных системах и сетях. 4.Использование воспитательного потенциала дисциплин " "Информатика (Основы программирования)", Программирование (Объектно-ориентированное программирование)", "Программирование (Алгоритмы и структуры данных)" для формирования культуры безопасного программирования посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий. 5.Использование воспитательного потенциала дисциплины "Проектная практика" для формирования системного подхода по обеспечению информационной безопасности и кибербезопасности в различных сферах деятельности посредством исследования и перенятия опыта постановки и решения научно-практических задач организациями-партнерами.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>8 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-4	8/8/0		25	КИ-4	З-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Часть 2	5-7	7/7/0	ЗР-7 (20)	25	КИ-7	З-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3,

							3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	3	3-ПК-4.3, У-ПК-4.3, В-ПК-4.3, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗР	Зачетная работа
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	15	15	0
1-4	Часть 1	8	8	0
1 - 2	Тема 1. Нейтронно - физические основы работы ядерного реактора. Тема 1. Нейтронно - физические основы работы ядерного реактора. Общие сведения о принципах работы ядерного энергетического реактора. Основные элементы конструкции реактора. Поток нейтронов. Сечения взаимодействия. Реакции деления, рассеяния, поглощения. Жизненный цикл нейтронов. Коэффициент размножения. Формула четырех сомножителей. Реактивность реактора. Эффекты реактивности. Распределения плотности потока нейтронов и энерговыделения в реакторе. Связь между размерами и физическими свойствами в критическом реакторе. Лимитирующие параметры. Задачи контроля и управления полями энерговыделения в ядерном реакторе.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 2. Теплофизика реактора. Тема 3. Контроль технологических параметров ядерного энергоблока. Тема 2. Теплофизика реактора. Тепловыделение и отвод теплоты в ядерном реакторе. Энергетический баланс реакции деления. Тепловыделение в элементах конструкции реактора. Теплоносители на АЭС. Отвод тепла из активной зоны. Тепловая схема АЭС.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Тепловое воздействие АЭС на окружающую среду. Тема 3. Контроль технологических параметров ядерного энергоблока. Способы контроля энерговыделения в ядерных реакторах, нейтронный, - способ. Внутризонные и внезонные детекторы, принцип действия. Теплотехнический контроль. Измерение температуры, расхода, давления. Основной состав и задачи информационно-измерительных систем на АЭС			
4	Тема 4. Управление технологическими процессами в ядерном реакторе. Тема 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения. Тема 4. Управление технологическими процессами в ядерном реакторе. . Средства и способы управления реактором. Управление мощностью и распределение энерговыделения. Системы органов регулирования и защиты энергоблоков с реакторами ВВЭР и РБМК. Основные проблемы создания современных СУЗ. Тема 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения. Биологическое воздействие облучения. Механизм воздействия облучения на клеточное вещество. Поглощенная, эквивалентная дозы. Биологические нарушения в зависимости от величины эквивалентной дозы. Источники радиоактивности на АЭС. Контроль и управление радиационной обстановкой на АЭС.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5-7	Часть 2	7	7	0
5 - 6	Тема 6. Ядерный топливный цикл. Тема 7. Проблемы безопасности атомных электростанций. Тема 6. Ядерный топливный цикл. Ядерный топливный цикл. Схема ядерного топливного цикла. Основные этапы переработки урановой руды. Обогащение урана. Производство топлива. Изменение нуклидного состава в реакторе. Проблемы захоронения отходов ядерного производства. Тема 7. Проблемы безопасности атомных электростанций. Проблемы безопасности на атомных электростанциях. Концепция безопасности АЭС. Барьеры безопасности. Авария на ТМІ-2. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия. Описание Чернобыльской АЭС с реакторами РБМК-1000. Хронология развития аварии. Причины аварии. Последствия аварии. Меры по повышению безопасности действующих реакторов.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 8. Современные ядерные энергетические реакторы. Тема 9. Проблемы разработки прикладного математического обеспечения. Тема 8. Современные ядерные энергетические реакторы. водяным и газовым теплоносителем. Реакторы с водой под давлением (ВВЭР-1000, PWR). Реакторы на быстрых	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0

	нейтронах.. Тяжеловодные реакторы. Тема 9. Проблемы разработки прикладного математического обеспечения.			
--	---	--	--	--

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Согласно современным требованиям обучения, реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе современных информационных технологий.

В рамках учебного курса предусмотрена встреча с представителем кафедры «Теоретическая и экспериментальная физика ядерных реакторов».

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
-------------	---------------------	-----------------------------------

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту,

			если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 У18 Лабораторный практикум "Физическая теория ядерных реакторов" : учебное пособие для вузов, Увакин М.А., Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Наумов В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.3 А99 АЭС с реактором типа ВВЭР-1000 : От физических основ эксплуатации до эволюции проекта, Васильев Б.Ю. [и др.], Москва: ЛОГОС, 2010
2. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Шмелев А.Н. [и др.], Долгопрудный: Интеллект, 2014

3. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Наумов В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Зачетная (Домашняя работа) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Коллоквиум для проведения промежуточной аттестации по результатам написания рефератов.

На данном этапе изложения математических моделей физических процессов не приводится сложных математических моделей описания физических процессов. И студентам следует лишь внимательно конспектировать лекции и готовить рефераты по заданным темам.

Объем реферата должен раскрывать тему. Структура реферата должна быть стандартной:

1. Титульный лист.
2. Аннотация
3. Оглавление
4. Основная часть
5. Заключение
6. Список использованной литературы.

Титульный лист должен выглядеть так, как приведен ниже. Формулы следует писать в Microsoft Equation 3. Рисунки могут быть сканированы. Не копировать «тупо» из интернета. Любая приводимая формула должна быть автором реферата понимаема. Студент должен уметь защищать основные положения реферата. Преподавателю сдается также электронная копия в Microsoft Word. Шрифт 14. Полуторный интервал.

Темы рефератов для выполнения домашнего задания

1. Общие сведения о конструкции реактора РБМК.
Литература: 1,5,8.
2. Общие сведения о конструкции реактора ВВЭР.
Литература: 1,5,8.

3. Реакция деления ядер. Жизненный цикл нейтронов.
Литература: 1,2,3,8,9,10.
4. Коэффициент размножения в реакторе.
Литература: 1,2,3,7,5,9,10.
5. Поток нейтронов и энергосвечение в ядерном реакторе.
Литература: 1,2,5.
6. Тепловая схема АЭС с реакторами типа ВВЭР.
Литература: 1,4,13.
7. Тепловая схема АЭС с реакторами типа РБМК.
Литература: 1,4,13.
8. Точечная кинетика ядерного реактора.
Литература: 1,2,3,6,7.
9. Оравление ксеноном в ядерном реакторе.
Литература: 2,3,7,9,11,14.
10. Средства контроля за полем энергосвечения в ядерном реакторе.
Литература: 7.
11. Способы управления полем нейтронов в ядерном реакторе.
Литература: 7.
12. Тепловыделение в материалах ядерного реактора.
Литература: 1,5,8,.
13. Изменение изотопного состава при работе ядерного реактора.
Литература: 2,3,6,10.
14. Общие сведения о ядерном топливном цикле.
Литература: 12.
15. Общие сведения о на быстрых нейтронах БН-350,600.
Литература: 2,5,12.
16. Общие сведения о тяжеловодных реакторах.
Литература: 2,5,12, 15.
17. Общие сведения о кипящих реакторах
Литература: 5,10, 15.
18. Быстрый реактор со свинцово-висмутовым теплоносителем
Литература: 15
19. Транспортные ядерные реакторы
Литература: 8, 15, 12, 16
20. Атомные станции теплоснабжения
Литература: 16, 17.
21. Авария на Чернобыльской АЭС.
22. Авария на АЭС «Фукусима»
23. Авария на АЭС «Three Mile Island (ТМА)»

Список литературы

1. Нигматулин Н.Н., Нигматулин Б.Н. Ядерные энергетические установки. М.: Атомиздат, 1986.
2. Климов А.Н. Ядерная физика и ядерные реакторы. М.: Энергоатомиздат, 1965.
3. Рудик А.П. Физические основы ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1980.
4. Дорошук В.Е. Ядерные реакторы на электростанциях. М.: Энергоатомиздат, 1977.

5. Дементьев Б.А. Ядерные энергетические реакторы. М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Дементьев Б.А. Кинетика и регулирование ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1986.
7. Емельянов И.Я. и др. Научно-технические основы управления ядерными реакторами. М.: Энергоиздат, 1981.
8. Емельянов И.Я. и др. Конструирование ядерных реакторов. М.: Энергоиздат, 1982.
9. Шихов С.Б., Троянский С.Б. Элементарная теория ядерных реакторов. М.: Атомиздат, 1978.
10. Камерон И. Ядерные реакторы. М.: Энергоатомиздат, 1987.
11. Цвайфель П. Физика реакторов. М.: Атомиздат, 1977.
12. Кесслер Г. Ядерная энергетика. М.: Энергоатомиздат, 1986.
13. Ганчев Б.Г. и др. Ядерные энергетические установки. М.: Энергоатомиздат, 1983.
14. Бартоломей Г.Г. и др. Основы теории и методы расчета ядерных реакторов. М.: Энергоиздат, 1982.
15. Ядерная энергетика. Проблемы. Решения/ Под. Ред. М.Н. Стриханова. - в 2-х частях. - Часть 1. - М.: ЦСПиМ, 2011.-424с .: ил.
16. Машиностроение. Энциклопедия в 40 томах. Машиностроение ядерной техники. Т.IV-25 в двух книгах. Под общей редакцией Е.О. Адамова, М., 2005. - 960 с. (книга 1); 944(книга 2)
17. Что такое атомная станция теплоснабжения/ О.Б. Самойлов, В.С. Кууль, Б.А. Авербах и др. Под ред. О.Б. Самойлова, В.С. Кууля. - М., 1989. - 96с.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Преподавание данного предмета предлагается вести в соответствии с утвержденной программой и календарным планом. Можно пользоваться пособием автора курса «Автоматизированная обучающая система по физике реакторов», а также книгами: А.Н.Климов «Ядерная физика и ядерные реакторы», В.И. Наумов «Физические основы безопасности ядерных реакторов», Б.А «Ядерные энергетические реакторы». Необходимо учесть, что в некоторых лекциях возникнет необходимость использования компьютера, экрана и проектора при демонстрации отдельных разделов.

Теперь конкретные рекомендации по отдельным темам.

Тема 1. Нейтронно - физические основы работы ядерного реактора.

Общие сведения о принципах работы ядерного энергетического реактора. Основные элементы конструкции реактора. Поток нейтронов. Сечения взаимодействия. Реакции деления, рассеяния, поглощения. Жизненный цикл нейтронов. Коэффициент размножения. Формула четырех сомножителей. Реактивность реактора. Эффекты реактивности. Распределения плотности потока нейтронов и энерговыделения в реакторе. Связь между размерами и физическими свойствами в критическом реакторе. Лимитирующие параметры. Задачи контроля и управления полями энерговыделения в ядерном реакторе.

При изложении этой темы уместно воспользоваться теоретической частью АОС по физике реакторов. При изложении формулы четырех сомножителей целесообразно привести схему.

Тема 2. Теплофизика реактора.

Тепловыделение и отвод теплоты в ядерном реакторе. Энергетический баланс реакции деления. Тепловыделение в элементах конструкции реактора. Теплоносители на АЭС. Отвод тепла из активной зоны. Тепловая схема АЭС. Тепловое воздействие АЭС на окружающую среду.

Здесь следует акцентировать внимание на том, что только теплосъем ограничивает увеличение единичной мощности энергоблоков. Пояснить на тепловой схеме, что влияет на коэффициент полезного действия установки.

Тема 3. Контроль технологических параметров ядерного энергоблока.

Способы контроля энерговыделения в ядерных реакторах, нейтронный, γ - способ. Внутризонные и внезонные детекторы, принцип действия. Теплотехнический контроль. Измерение температуры, расхода, давления. Основной состав и задачи информационно-измерительных систем на АЭС

При изложении задач контроля и управления предварительно рассказать о принципах работы ионизационной камеры и датчика прямой зарядки.

Тема 4. Управление технологическими процессами в ядерном реакторе.

Средства и способы управления реактором. Управление мощностью и распределением энерговыделения. Системы органов регулирования и защиты энергоблоков с реакторами ВВЭР и РБМК. Основные проблемы создания современных СУЗ.

Здесь следует привести принципы управления полями в реакторах ВВЭР и РБМК

Тема 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения.

Биологическое воздействие облучения. Механизм воздействия облучения на клеточное вещество. Поглощенная, эквивалентная дозы. Биологические нарушения в зависимости от величины эквивалентной дозы. Источники радиоактивности на АЭС. Контроль и управление радиационной обстановкой на АЭС.

При изложении данной темы можно привести проблему обнаружения негерметичной ТВС в реакторах типа РБМК.

Тема 6. Ядерный топливный цикл.

Ядерный топливный цикл. Схема ядерного топливного цикла. Основные этапы переработки урановой руды. Обогащение урана. Производство топлива. Изменение нуклидного состава в реакторе. Проблемы захоронения отходов ядерного производства.

Привести рисунок, отражающий стадии переработки ядерного топлива, подробнее остановиться на движении ядерного топлива на АЭС.

Тема 7. Проблемы безопасности атомных электростанций.

Проблемы безопасности на атомных электростанциях. Концепция безопасности АЭС. Барьеры безопасности. Авария на ТМ-2. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия. Описание Чернобыльской АЭС с реакторами РБМК-1000. Хронология развития аварии. Причины аварии. Последствия аварии. Меры по повышению безопасности действующих реакторов.

При изложении темы пользоваться не только печатными материалами, но и результатами, изложенными в диссертациях А.В.Краюшкина и А.М.Федосова.

Тема 8. Современные ядерные энергетические реакторы.

Реакторы на атомных электростанциях. Графитовые реакторы с водяным и газовым теплоносителем. Реакторы с водой под давлением (ВВЭР-1000, PWR). Реакторы на быстрых нейтронах.. Тяжеловодные реакторы.

Лучше всего здесь материал изложен в книге В.И.Наумова. Советую пользоваться материалами этой книги.

Тема 9. Проблемы разработки прикладного математического обеспечения.

Здесь необходимо остановиться на разработках сотрудников кафедры Загребая А.М., Овсянниковой Н.В., Саманчука В.Н., Костанбаева С.В. и др.

Автор(ы):

Загребая Андрей Маркович, д.ф.-м.н.,
профессор