

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 № 8/1/2024

от 28.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 09.04.04 Программная инженерия  
[2] 01.04.02 Прикладная математика и информатика

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, экс./зач./КР/КП
1	2-3	72-108	16	16	0		40-76	0	3 , 30
Итого	2-3	72-108	16	16	0	0	40-76	0	

## АННОТАЦИЯ

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

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Математические модели физических процессов» являются:

- показать область разработки современного прикладного математического обеспечения;
- на конкретных примерах продемонстрировать математические модели физических процессов;
- показать проблемы управления сложным техническим объектом – ядерным энергоблоком.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина относится к циклу дисциплин направления (шифр ДН(М).Р.2).

Для успешного обучения не требуются дополнительные знания помимо требований по программе вступительных испытаний при поступлении в магистратуру.

Освоение данной дисциплины должно предшествовать освоению следующих дисциплин:

Непрерывные математические модели

Технология разработки, верификация и сертификация программного обеспечения

НИР в области разработки математического обеспечения ядерно-энергетических систем

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [2] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	З-УК-1 [2] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [2] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [2] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий

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
научно-исследовательский			
анализ и математическое моделирование динамических систем	сложные технические системы	ПК-8.1 [2] - способен разрабатывать математическое обеспечение киберфизических систем  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 32.002	З-ПК-8.1[2] - знать методы прикладной математики, используемые при построении математических моделей киберфизических систем; У-ПК-8.1[2] - уметь обоснованно выбирать и применять методы прикладной математики при разработке математического обеспечения киберфизических систем; В-ПК-8.1[2] - владеть программными средствами, используемыми при разработке математического обеспечения киберфизических систем
участие в проведении научных исследований (экспериментов, наблюдений и количественных измерений), связанных с объектами профессиональной деятельности (программными продуктами, проектами, процессами, методами и инструментами	программный продукт, процессы, методы и инструменты разработки программного продукта	ПК-1 [1] - способен применять основы философии и методологии науки  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.014, 40.011	З-ПК-1[1] - Знать: основы философии и методологии науки ; У-ПК-1[1] - Уметь: применять основы философии и методологии науки ; В-ПК-1[1] - Владеть: основами философии и методологии науки

программной инженерии), в соответствии с утвержденными заданиями и методиками			
анализ и математическое моделирование физических процессов	системы ядерно-энергетического комплекса	<p>ПК-1 [2] - способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>3-ПК-1[2] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования.</p> <p>;</p> <p>У-ПК-1[2] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи; оценивать результаты исследований; формулировать результаты проведенного исследования в виде конкретных рекомендаций, проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива. ;</p> <p>В-ПК-1[2] - Владеть навыками выбора и использования математических средств научных исследований, методами анализа и синтеза научной информации.</p>
участие в проведении научных исследований (экспериментов,	программный продукт, процессы, методы и	ПК-2 [1] - способен применять методы научных исследований	3-ПК-2[1] - Знать: методы проведения научных исследований

<p>наблюдений и количественных измерений), связанных с объектами профессиональной деятельности (программными продуктами, проектами, процессами, методами и инструментами программной инженерии), в соответствии с утвержденными заданиями и методиками</p>	<p>инструменты разработки программного продукта</p>	<p>и навыки их проведения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.016, 40.011</p>	<p>; У-ПК-2[1] - Уметь: применять методы проведения научных исследований ; В-ПК-2[1] - Владеть: навыками проведения научных исследований</p>
<p>анализ и математическое моделирование физических процессов</p>	<p>системы ядерно-энергетического комплекса</p>	<p>ПК-3 [2] - способен развивать инновационный потенциал новых научных и научно-технологических разработок</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-3[2] - Знать основы планирования и организации научных исследований в профессиональной области; методику постановки задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем; методы и средства научных исследований в профессиональной области, правила и принципы научной этики, методы математического моделирования. ; У-ПК-3[2] - Уметь оценивать и развивать инновационный потенциал новых научных и научно-технологических разработок, осуществлять постановку задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем; составить план научных</p>

			<p>исследований;  выдвинуть гипотезы по направлению исследований и соотнести их с полученными результатами;  организовать свою научно-исследовательскую работу; определять методы и средства научных исследований для решения конкретных задач в своей предметной области; оценивать результаты исследований, использовать методы математического моделирования;  В-ПК-3[2] - Владеть навыками постановки задач по решению теоретических и прикладных исследовательских проблем; навыками выбора и использования методов и средств научных исследований задач в своей предметной области; навыками методами работы с литературными источниками; методами анализа результатов научных исследований; методами обобщения результатов научных исследований для развития инновационного потенциала новых научных и научно-технологических разработок</p>
анализ и	системы ядерно-	ПК-4 [2] - способен	З-ПК-4[2] - Знать

математическое моделирование физических процессов	энергетического комплекса	<p>проводить экспертизы инновационных проектов в сфере своей профессиональной деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>основные методы и принципы экспертизы инновационных проектов в сфере своей профессиональной деятельности. ;</p> <p>У-ПК-4[2] - Уметь проводить экспертизы инновационных проектов, оценивать перспективы развития проектов в сфере своей профессиональной деятельности.;</p> <p>В-ПК-4[2] - Владеть навыками проведения экспертизы инновационных проектов в сфере своей профессиональной деятельности.</p>
---	---------------------------	---	--

#### 4. 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>1 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3,

							3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Часть 2	9-16	8/8/0	ЗР-16 (25)	25	КИ-16	3-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		16/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 1 Семестр</b>				50	3, 30	В-ПК-1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1, У-ПК-1,

							В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, З-ПК-8.1, У-ПК-8.1, В-ПК-8.1, З-ПК-1, У-ПК-1
--	--	--	--	--	--	--	---

\* – 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
ЗО	Зачет с оценкой
ЗР	Зачетная работа
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>1 Семестр</i>	16	16	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	8	8	0
1 - 2	<b>Тема 1. Нейтронно - физические основы работы ядерного реактора.</b> 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.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Лимитирующие параметры. Задачи контроля и управления полями энерговыделения в ядерном реакторе.			
3 - 6	<b>Тема 2. Теплофизика реактора. Тема 3. Контроль технологических параметров ядерного энергоблока.</b> 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. 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	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Тема 4. Управление технологическими процессами в ядерном реакторе. Тема 5. Биологическое воздействие ионизирующего излучения.</b> 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
9-16	<b>Часть 2</b>	8	8	0
9 - 12	<b>Тема 6. Ядерный топливный цикл. Тема 7. Проблемы безопасности атомных электростанций.</b> 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	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

	безопасности действующих реакторов.			
13 - 16	<b>Тема 8. Современные ядерные энергетические реакторы. Тема 9. Проблемы разработки прикладного математического обеспечения.</b> Тема 8. Современные ядерные энергетические реакторы. водяным и газовым теплоносителем. Реакторы с водой под давлением (ВВЭР-1000, PWR). Реакторы на быстрых нейтронах.. Тяжеловодные реакторы. Тема 9. Проблемы разработки прикладного математического обеспечения.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекционных и практических занятиях студентам предлагается принимать активное участие в процессе обучения: отвечать на вопросы, выходить к доске для решения и разбора примеров.

## 6. 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)
ПК-1	З-ПК-1	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	У-ПК-1	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	В-ПК-1	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
ПК-2	З-ПК-2	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	У-ПК-2	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	В-ПК-2	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
УК-1	З-УК-1	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	У-УК-1	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	В-УК-1	3, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16

ПК-1	З-ПК-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	У-ПК-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	В-ПК-1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
ПК-3	З-ПК-3	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	У-ПК-3	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	В-ПК-3	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
ПК-4	З-ПК-4	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	У-ПК-4	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	В-ПК-4	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
ПК-8.1	З-ПК-8.1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	У-ПК-8.1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16
	В-ПК-8.1	З, ЗО, КИ-8, КИ-16, ЗР-16

### 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	Отметка о зачете	Оценка ECTS
90-100	5 – «отлично»	«Зачтено»	A
85-89	4 – «хорошо»		B
75-84			C
70-74			D
65-69	3 – «удовлетворительно»		E
60-64		F	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«Не зачтено»	

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и

навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Наумов В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
2. 539.1 К49 Ядерная физика и ядерные реакторы : учебник для вузов, Климов А.Н., Москва: Энергоатомиздат, 1985
3. 621.039 Н60 Ядерные энергетические установки : учебник для вузов, Нигматулин И.Н., Нигматулин Б.И., Москва: Энергоатомиздат, 1986

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 3-14 Автоматизированная обучающая система по физике реакторов : Учеб.поосбие, Овсянникова Н.В., Загребав А.М., Москва: МИФИ, 2002
2. 621.039 Я34 Ядерная энергетика. Проблемы. Решения Ч.2 , , Москва: ЦСПиМ, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

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 энерговыделение 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. Отравление ксеноном в ядерном реакторе.  
Литература: 2,3,7,9,11,14.
10. Средства контроля за полем энерговыделения 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 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=ч 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.

## **10. 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 АОСa 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,  $\gamma$  - 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 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.

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 Загребаева А.М., Овсянниковой Н.В., Саманчука В.Н., Костанбаева С.В. и др.

Автор(ы):

Загребаев Андрей Маркоянович, д.ф.-м.н.,  
профессор

