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

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ДИНАМИКА И БЕЗОПАСНОСТЬ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (DYNAMICS AND SAFETY OF NUCLEAR POWER FACILITIES)

Направление подготовки (специальность) [1] 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
4	3	108	15	15	0		78	0	ЗО
Итого	3	108	15	15	0	0	78	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Динамика и безопасность ядерных энергетических установок» ориентирована на студентов, специализирующихся в области физики ядерно-энергетических установок. Курс рассчитан на один семестр и включает, кроме лекций, лабораторный практикум, семинарские занятия и два домашних задания. Основное внимание в курсе уделено нестационарным процессам и особенностям их протекания в различных условиях, физической природе обратных связей, влияющих на динамику реактора, качественной и количественной оценке коэффициентов и эффектов реактивности. Наряду с классической точечной моделью анализируются пространственно-временные процессы в реакторах. Рассматривается проблема устойчивости плотности энерговыделения в реакторе, включая пространственно-временную неустойчивость, связанную с Ксеноном-135. На основе модели Нордгейма-Фукса рассматривается поведение реактора при больших скачках реактивности. Приведено описание остаточного энерговыделения и возможных физико-химических процессов, сопутствующих аварийным ситуациям. Обсуждается опыт крупных аварий на атомных электростанциях и основные положения официальных документов, регламентирующих вопросы безопасности ядерных реакторов.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины динамика и безопасность ядерных энергетических установок является ввод студентов, специализирующихся в области физики ядерных реакторов, в круг проблем, связанных с особенностями ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) как потенциальных источников ядерной и радиационной опасности.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина относится к профессиональному модулю 2: Теория и методология нейтронно-физического расчета ядерных реакторов образовательной программы «Физика ядерных энергетических установок».

Следующие дисциплины необходимы для освоения данной:

- Теория ядерных реакторов: основы теории переноса нейтронов, баланс нейтронов в размножающих средах, нестационарное уравнение диффузии;
- Физика ядерных реакторов: нейтронные сечения, процесс деления мгновенные и запаздывающие нейтроны, выгорание и изменение нуклидного состава топлива, процессы отравления и зашлаковывания, накопление биологически значимых роадионуклидов;
- Теплофизика ядерных реакторов: основы теплоотвода, нестационарные процессы теплопередачи, теплофизические свойства реакторных материалов, ограничения на условия теплопередачи;
- Дифференциальные уравнения, теория устойчивости

Курс «динамика и безопасность ядерно-энергетических установок» входит в число базовых при подготовке современных магистров по направлению «Ядерная физика и технологии». Его изучение позволит студентам войти в круг проблем, связанных с особенностями ядерно-энергетических установ (ЯЭУ) как потенциальных источников ядерной и радиационной безопасности

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – 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			
исследования неравновесных физических процессов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, ядерно-физических установок, обеспечения ядерной и радиационной безопасности, безопасности ядерных материалов и физической защиты ядерных объектов, систем контроля и автоматизированного	ядерные реакторы и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими	ПК-7 [1] - способен использовать и оценивать современные достижения науки и техники для решения профессиональных задач в научно-исследовательской деятельности *Основание:* Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-7[1] - знать новые методы совершенствования действующих технологических процессов; ; У-ПК-7[1] - уметь анализировать информационные документы с результатами научных исследований;; В-ПК-7[1] - владеть современными пакетами прикладных компьютерных программ

управления ядерно-физическими установками.	установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии		

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	4 Семестр						
1	Часть 1	1-8	9/9/0		25	КИ-8	З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
2	Часть 2	9-15	6/6/0		25	КИ-15	З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-1
	Итого за 4 Семестр		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 4 Семестр				50	ЗО	З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-УК-1, У-УК-1, В-УК-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
КИ	Контроль по итогам
ЗО	Зачет с оценкой
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	4 Семестр	15	15	0
1-8	**Часть 1**	9	9	0
1 - 4	**Особенности и потенциальная опасность нестационарных процессов в ядерных реакторах. Роль запаздывающих нейтронов. Кинетика реактора в точечном приближении. Реактивность. Периоды реактора. Качественный** Особенности и потенциальная опасность нестационарных процессов в ядерных реакторах. Роль запаздывающих нейтронов. Кинетика реактора в точечном приближении. Реактивность. Периоды реактора. Качественный анализ нестационарных процессов на основе модели "точечной" кинетики с одной эффективной группой эмиттеров запаздывающих нейтронов. Приближение "мгновенного скачка", или "нулевого времени жизни мгновенных нейтронов". Модель "точечной" кинетики с шестью группами эмиттеров. Спектр эмиттеров. Реактор с внешним источником нейтронов.	Всего аудиторных часов 5 Онлайн 0	 5 0	 0 0
5 - 8	**Внутренние обратные связи в реакторе. Их стабилизирующая и дестабилизирующая роль. Коэффициенты и эффекты реактивности. Модели динамических процессов при наличии обратных связей. Характерные особеннос** Внутренние обратные связи в реакторе. Их стабилизирующая и дестабилизирующая роль. Коэффициенты и эффекты реактивности. Модели динамических процессов при наличии обратных связей. Характерные особенности динамических процессов. Коэффициенты и эффекты реактивности в реакторах современных типов. Устойчивость реактора при наличии обратных связей. Основные понятия теории устойчивости. Способы исследования устойчивости.	Всего аудиторных часов 4 Онлайн 0	 4 0	 0 0
9-15	**Часть 2**	6	6	0
9 - 10	**Распределённая модель кинетики. Качественный анализ пространственных эффектов и обоснование "точечной" модели. Распределённая модель 5динамики. Ксеноновые переходные процессы и пространственная ксенон** Распределённая модель кинетики. Качественный анализ	Всего аудиторных часов 3 Онлайн 0	 3 0	 0 0

	пространственных эффектов и обоснование "точечной" модели. Распределённая модель динамики. Ксеноновые переходные процессы и пространственная ксеноновая неустойчивость больших тепловых реакторов. Критерий устойчивости.			
11 - 12	**Поведение реакторов при больших возмущениях реактивности. Большие нейтронные вспышки. Роль обратных связей. Модель Фукса-Хансена.** Поведение реакторов при больших возмущениях реактивности. Большие нейтронные вспышки. Роль обратных связей. Модель Фукса-Хансена.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	**Остаточное энерговыделение в реакторе. Аккумулированное тепло в компонентах активной зоны. Энерговыделение за счёт физико-химических процессов.** Остаточное энерговыделение в реакторе. Аккумулированное тепло в компонентах активной зоны. Энерговыделение за счёт физико-химических процессов.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 16	**Общие положения безопасности атомных станций. Технические требования к конструкции и характеристикам активной зоны. Системы безопасности, их функции. Особенности конструкций, характеристики активной з** Общие положения безопасности атомных станций. Технические требования к конструкции и характеристикам активной зоны. Системы безопасности, их функции. Особенности конструкций, характеристики активной зоны и меры по обеспечению ядерной безопасности современных и перспективных реакторов. Принцип "защиты в глубину". Концепция внутренней безопасности. Уроки крупных аварий на атомных станциях.	Всего аудиторных часов		
		0	0	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

по направлению подготовки (специальности) предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий

(компьютерных презентаций, разбора конкретных ситуаций по теме, проведения дискуссий) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебных курсов предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

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-7	З-ПК-7	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	ЗО, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-УК-1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	ЗО, КИ-8, КИ-15

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:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="7">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="3">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

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 L24 A Primer on Scientific Programming with Python : , Langtangen, Hans Petter. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016

2. ЭИ Н34 Моделирование нестационарных и аварийных процессов в ядерных энергетических установках : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Смирнов В.Е., Наумов В.И., Москва: МИФИ, 2007

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 С12 Основы ядерной и радиационной безопасности на внешних этапах ядерного топливного цикла : учеб. пособие для вузов, Смирнов А.А., Савандер В.И., М.: МИФИ, 2006

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

Проверка знаний студентов осуществляется на 8 неделей тестом

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина «Динамика и безопасность ядерных энергетических установок» ориентирована на студентов, специализирующихся в области физики ядерно-энергетических установок. Курс рассчитан на один семестр и включает, кроме лекций, лабораторный практикум, семинарские занятия и два домашних задания. Основное внимание в курсе уделено нестационарным процессам и особенностям их протекания в различных условиях, физической природе обратных связей, влияющих на динамику реактора, качественной и количественной оценке коэффициентов и эффектов реактивности. Наряду с классической точечной моделью анализируются пространственно-временные процессы в реакторах. Рассматривается проблема устойчивости плотности энерговыделения в реакторе, включая пространственно-временную неустойчивость, связанную с Ксеноном-135. На основе модели Нордгейма-Фукса рассматривается поведение реактора при больших скачках реактивности. Приведено описание остаточного энерговыделения и возможных физико-химических процессов, сопутствующих аварийным ситуациям. Обсуждается опыт крупных аварий на атомных электростанциях и основные положения официальных документов, регламентирующих вопросы безопасности ядерных реакторов.

Автор(ы):

Волков Юрий Николаевич

Наумов Владимир Ильич, к.ф.-м.н., профессор