

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 ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЯДЕРНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

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/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
1	4	144	32	0	0		76	0	Э
2	4	144	30	0	0		78	0	Э КП
Итого	8	288	62	0	0	0	154	0	

АННОТАЦИЯ

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов. Приводятся примеры и углубленно изучается ряд вопросов, составляющих научную базу для анализа и расчета ядерных энергетических установок.

Знания, полученные на лекциях, получают развитие и закрепляются в процессе обсуждения и решения задач на семинарских занятиях.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов. Приводятся примеры и углубленно изучается ряд вопросов, составляющих научную базу для анализа и расчета ядерных энергетических установок.

Знания, полученные на лекциях, получают развитие и закрепляются в процессе обсуждения и решения задач на семинарских занятиях.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимо владение базовыми знаниями, умениями, навыками и компетенциями сформированными дисциплинами рабочего учебного плана.

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
научно-исследовательский			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок,	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы	ПК-1.1 [1] - Способен рассчитывать и измерять физические характеристики ядерных энергетических установок, проводить	З-ПК-1.1[1] - знать методы нейтронно-физических и тепло-гидравлических измерений и расчетов; У-ПК-1.1[1] - уметь

вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	гидродинамические и тепловые расчеты в сложных системах <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	выполнять нейтронно-физические и тепло-гидравлические измерения в реакторной установке; В-ПК-1.1[1] - владеть прикладным программным обеспечением
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы	ПК-7 [1] - способен использовать и оценивать современные достижения науки и техники для решения профессиональных задач в научно-исследовательской деятельности <i>Основание:</i> 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, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии		
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные	ПК-8 [1] - способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования физических процессов, выполнять экспериментальные исследования и проводить обработку, анализ и обобщение полученных результатов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-8[1] - знать типовые методики и номенклатуру выполнения измерений и расчетов процессов; ; У-ПК-8[1] - уметь обрабатывать результаты измерений и анализировать результаты расчетов;; В-ПК-8[1] - владеть методами исследования физических процессов

	методы преобразования энергии		
производственно-технологический			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	ПК-1.2 [1] - Способен выбирать обоснованные критерии безопасной работы и оценивать риски при эксплуатации ядерно-энергетических установок <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-1.2[1] - знать правила охраны труда и культуру безопасности; У-ПК-1.2[1] - уметь обеспечивать безопасную эксплуатацию систем и оборудования; В-ПК-1.2[1] - владеть методами и приемами безопасного выполнения работ с соблюдением требований охраны труда и инструкций по безопасности
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов	ПК-9 [1] - способен владеть методами испытания основного оборудования энергетических установок, выполнения технико-экономических расчетов	З-ПК-9[1] - знать технические характеристики оборудования, порядок ввода и вывода систем в работу; ; У-ПК-9[1] - уметь экономически эффективно

тепловую и ядерную энергию	термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	эксплуатировать и контролировать техническое состояние оборудования; В-ПК-9[1] - владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками,	ПК-10 [1] - способен разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-10[1] - знать передовой отечественный и зарубежный опыт в области использования атомной энергии; ; У-ПК-10[1] - уметь анализировать информационные документы с результатами научных исследований;; В-ПК-10[1] - владеть опытом разработка предложений по совершенствованию действующих процессов на основе передовых научных достижений

	программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии		
проектный			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования	ПК-3 [1] - способен владеть основами проектирования и конструирования оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-3[1] - знать основы компьютерных и информационных технологий ; У-ПК-3[1] - уметь работать с документацией по эксплуатации систем, оборудования, средств измерения, контроля, управления, автоматики, средств вычислительной техники; В-ПК-3[1] - владеть навыками оформления результатов проведенных измерений, расчетов и других работ при проектировании и конструировании оборудования

	энергии		
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	ПК-4 [1] - способен использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии и алгоритмы <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-4[1] - знать основы компьютерных и информационных технологий; ; У-ПК-4[1] - уметь обобщать и анализировать информацию; В-ПК-4[1] - владеть информацией по перспективам развития атомной энергетики
педагогический			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию	ядерные реакторы, термоядерные и энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов и бланкетов термоядерных реакторов, тепловые	ПК-6 [1] - способен использовать учебно-методическую литературу, лабораторное оборудование и программное обеспечение для проведения лекций, практических и лабораторных занятий	З-ПК-6[1] - знать порядок разработки технических решений и заданий; ; У-ПК-6[1] - уметь разрабатывать рабочие программы;; В-ПК-6[1] - владеть навыками проведения обучения персонала

	измерения и контроль, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности ядерных энергетических установок, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы и математические модели для теоретического и экспериментального исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, перспективные методы преобразования энергии	Основание: Профессиональный стандарт: 24.028	
--	---	---	--

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	Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики.	1-8	16/0/0	СК-8 (25)	25	СК-8	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-6,

							У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем.	9-15	16/0/0	СК-15 (25)	25	СК-15	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 1 Семестр</i>		32/0/0		50		
	Контрольные мероприятия за 1 Семестр				50	Э	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4,

							У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>2 Семестр</i>						
1	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с натриевым теплоносителем.	1-8	15/0/0	СК-8 (25)	25	СК-8	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
2	Ядерные энергетические реакторы поколения IV. Высокотемпературные газовые реакторы.	9-15	15/0/0	СК-15 (25)	25	СК-15	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-3,

							У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		30/0/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	Э, КП	З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7,

							3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 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
СК	Семестровый контроль
Э	Экзамен
КП	Курсовой проект

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>I Семестр</i>	32	0	0
1-8	Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики.	16	0	0
1 - 2	Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики. История развития и структура ядерной энергетики в России и мире, примеры политики развития. Экономика и структура топливного цикла. Причины, сформировавшие список реакторов поколения IV. Экономические, нейтронно-физические и теплофизические требования к	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	перспективным материалам ядерной энергетики. Существующие технологии и конструкционные решения.			
3 - 4	Принципы и критерии обеспечения безопасности. Основные принципы и критерии обеспечения безопасности ядерных энергетических установок. Анализ аварий, вероятностный анализ безопасности.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с водой под давлением. Основные типы реакторов поколения III+ с водой под давлением в России и мире, примеры проектов, перспективы развития. Особенности конструкций активных зон, теплогидравлическое профилирование. Реакторы малой мощности с интегральной компоновкой. Основные системы безопасности реакторов поколения III+ с водой под давлением, примеры проектов. Пассивные системы безопасности и их принципы работы. Особенности систем безопасности реакторов с интегральной компоновкой.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем. Основные типы реакторов поколения III+ с кипящей водой, преимущества и недостатки одноконтурной схемы. Особенности конструкций активных зон, теплогидравлическая устойчивость. Опыт эксплуатации реактора с естественной циркуляцией теплоносителя на примере ВК 50. Методы расчета естественной циркуляции теплоносителя, самоиспарение, захват пара в опускной участок. Устойчивость естественной циркуляции. Основные системы безопасности реакторов поколения III+ с кипящим теплоносителем, примеры проектов. Пассивные системы безопасности реакторов с кипящим теплоносителем и их принципы работы.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем.	16	0	0
9 - 11	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с тяжелой водой. История и перспективы развития реакторов CANDU. Компоновка активной зоны, особенности расчета канального реактора. Основные системы безопасности.	Всего аудиторных часов		
		8	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 15	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с теплоносителем сверхкритических параметров. Преимущества использования воды сверхкритических параметров (СКП) в ядерных энергетических установках. Опыт конструирования судовых СКП реакторов. Основные проекты реакторов СКП: реакторы с тепловым и быстро-резонансным спектром нейтронов. Применяемые конструкционные материалы. Фазовый переход второго рода в воде СКП, проблемы и пути их решения. Однозаходные, двухзаходные и трехзаходные схемы движения теплоносителя, конструкции активной зоны и ТВС. Особенности расчета теплоотдачи к воде СКП, имеющиеся экспериментальные и теоретические	Всего аудиторных часов		
		8	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	зависимости. Поправки к зависимостям для расчета перепада давления через активную зону. Особенности систем безопасности реакторов с водой СКП как одноконтурных установок с водой при высоком давлении. Основные проектные решения. Пусковые последовательности. Системы безопасности реакторов с водой СКП при интегральной компоновке.			
	<i>2 Семестр</i>	30	0	0
1-8	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с натриевым теплоносителем.	15	0	0
	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с натриевым теплоносителем. Преимущества и опыт работы. Преимущества использования жидкометаллического теплоносителя в ядерной энергетике. История развития от исследовательских до энергетических реакторов. Конструкция и опыт эксплуатации БН 350, БН 600.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
1 - 2	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с натриевым теплоносителем. Основные конструкции. Ядерные энергетические реакторы большой мощности с натриевым теплоносителем. Основные проекты с интегральной и петлевой компоновкой. Теплоотдача к жидкометаллическому теплоносителю. Обзор проектов реакторов малой мощности, концепция «ядерной батареи».	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с натриевым теплоносителем. Системы безопасности. Системы безопасности ядерных энергетических реакторов большой мощности с натриевым теплоносителем на примерах БН 350, БН 600, БН 800. Особенности систем безопасности реакторов малой мощности.	Всего аудиторных часов		
		4	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Ядерные энергетические реакторы поколения IV с теплоносителем свинец, свинец-висмут. Причины и преимущества использования теплоносителя свинец, свинец-висмут. Существующий опыт исследовательских реакторов и основные проекты энергетических. Основные системы безопасности.	Всего аудиторных часов		
		3	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Ядерные энергетические реакторы поколения IV. Высокотемпературные газовые реакторы.	15	0	0
7 - 9	Ядерные энергетические реакторы поколения IV. Высокотемпературные газовые реакторы. История и опыт эксплуатации реакторов, использующих гелий в качестве теплоносителя. Преимущества высокотемпературных газовых реакторов: цикл Брайтона, водородная энергетика, промышленные реакторы. Основные проекты высокотемпературных газовых реакторов с быстрым и тепловым спектром нейтронов. Конструкции активных зон газоохлаждаемых реакторов: призматические и шаровые твэлы. Проекты реакторов малой мощности.	Всего аудиторных часов		
		5	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
10 - 13	Ядерные энергетические реакторы поколения IV. Системы безопасности высокотемпературных газовых	Всего аудиторных часов		
		5	0	0

	реакторов. Эволюция систем безопасности газоохлаждаемых реакторов от Magnox до THTR. Системы безопасности проектируемых реакторов большой мощности. Особенности систем безопасности модульных газоохлаждаемых реакторов.	Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Ядерные энергетические реакторы поколения IV. Жидкосолевые реакторы. Возникновение концепции жидкосолевых ядерных энергетических установок, преимущества и недостатки. Опыт работ с расплавами солей: химия, выбор конструкционных материалов, вопросы переработки. Основные разрабатываемые конструкции жидкосолевых реакторов. Концепция систем безопасности.	Всего аудиторных часов		
		5	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

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>1 Семестр</i>
1 - 2	Экономика и материальный баланс топливного цикла. Экономика и материальный баланс топливного цикла.
3 - 4	Сравнительные характеристики теплофизических свойств перспективных топливных и конструкционных материалов ядерной энергетики. Сравнительные характеристики теплофизических свойств перспективных топливных и конструкционных материалов ядерной энергетики.
5 - 6	Принципы теплогидравлического профилирования, порядок расчета теплогидравлики активной зоны. Принципы теплогидравлического профилирования, порядок расчета теплогидравлики активной зоны.
7 - 8	Устойчивые и неустойчивые теплогидравлические характеристики активной зоны. Причины неустойчивости. Устойчивые и неустойчивые теплогидравлические характеристики активной зоны. Причины неустойчивости.
9 - 10	Расчет естественной циркуляции: некипящий и кипящий теплоносители. Расчет естественной циркуляции: некипящий и кипящий теплоносители.
11 - 12	Задача о повторном смачивании активной зоны. Задача о повторном смачивании активной зоны.
13	Порядок расчета температуры воды СКП при различных схемах циркуляции

	теплоносителя: однозаходной, двухзаходной и трехзаходной. Порядок расчета температуры воды СКП при различных схемах циркуляции теплоносителя: однозаходной, двухзаходной и трехзаходной.
14	Теплоотдача к воде СКП: теоретические соотношения и экспериментальные корреляции. Теплоотдача к воде СКП: теоретические соотношения и экспериментальные корреляции.
15	Корреляции для расчета перепада давления в активной зоне с теплоносителем СКП. Корреляции для расчета перепада давления в активной зоне с теплоносителем СКП.

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
1	1. Связь между основными характеристиками работы ядерного реактора: коэффициент размножения, реактивность, период реактора. \\
2	2. Экономика и материальный баланс топливного цикла.
3	3. Сравнительные характеристики теплофизических свойств перспективных топливных и конструкционных материалов ядерной энергетики.
4	4. Принципы теплогидравлического профилирования, порядок расчета теплогидравлики активной зоны.
5	5. Устойчивые и неустойчивые теплогидравлические характеристики активной зоны. Причины неустойчивости.
6	6. Расчет естественной циркуляции: некипящий и кипящий теплоносители.
7	7. Задача о повторном смачивании активной зоны.
8	8. Порядок расчета температуры воды СКП при различных схемах циркуляции теплоносителя: однозаходной, двухзаходной и трехзаходной.
9	9. Теплоотдача к воде СКП: теоретические соотношения и экспериментальные корреляции.
10	10. Корреляции для расчета перепада давления в активной зоне с теплоносителем СКП.
11	11. Корреляции для расчета теплоотдачи к потоку гелия.
12	12. Прочностные расчеты твэл газоохлаждаемых реакторов.
12	13. Теплоотдача к расплавам солей: теоретические соотношения и экспериментальные корреляции.
14 - 15	14. Порядок расчета работы пассивных систем безопасности.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерных практикумов, разбор конкретных ситуаций, тренингов и тестов) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

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)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1.1	З-ПК-1.1	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-1.1	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-1.1	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-1.2	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-1.2	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-10	З-ПК-10	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-10	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-10	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-3	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-3	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-4	З-ПК-4	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-4	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-4	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-6	З-ПК-6	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-6	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-6	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-7	З-ПК-7	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-7	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-7	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-8	З-ПК-8	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-8	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-8	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-9	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-9	Э, СК-8, СК-15	КП, Э, СК-8, СК-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:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению 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.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ I-70 Heat Conduction : Third Edition, Jiji, Latif M. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2009
2. ЭИ М31 Моделирование теплогидравлических процессов в реакторных установках и элементах теплообменного оборудования ЯЭУ : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Рябов Н.О., Меринов И.Г., Маслов Ю.А., Москва: МИФИ, 2008
3. ЭИ В 39 Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи : учебное пособие, Ветошкин А. Г., Санкт-Петербург: Лань, 2022
4. ЭИ С92 Схемные решения и принципы работы пассивных систем аварийного охлаждения различных типов ЯЭУ : учебное пособие, Ремизов О.В. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
5. ЭИ С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 К77 Инженерные расчеты ядерных реакторов : , Шевелев Я.В., Крамеров А.Я., М.: Энергоатомиздат, 1984
2. 006 С32 Метрология : история, современность, перспективы: учебное пособие для вузов, Сергеев А.Г., Москва: ЛОГОС, 2011
3. 621.039 М31 Моделирование теплогидравлических процессов в реакторных установках и элементах теплообменного оборудования ЯЭУ : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Рябов Н.О., Меринов И.Г., Маслов Ю.А., Москва: МИФИ, 2008
4. 621.039 Х20 Сборник задач по курсу "Инженерно-физические расчеты ЯЭУ" : Учеб. пособие, Харитонов В.В., М.: МИФИ, 1995
5. 621.039 К43 Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) : , Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П., М.: Энергоатомиздат, 1990
6. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.2 Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы, , Москва: ИздАТ, 2013
7. 621.039 С92 Схемные решения и принципы работы пассивных систем аварийного охлаждения различных типов ЯЭУ : учебное пособие, Ремизов О.В. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
8. 621.039 К59 Теплогидравлические расчеты и оптимизация ядерных энергетических установок : Учеб. пособие для вузов, Харитонов В.В., Кокорев Л.С., М.: Энергоатомиздат, 1986
9. 621.039 К43 Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов, Кириллов П.Л., Богословская Г.П., Москва: ИздАТ, 2008
10. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : учеб. пособие для вузов, Петухов Б.С. [и др.], М.: МЭИ, 2003
11. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, Деев В.И., Москва: МИФИ, 2004
12. 621.036 Ч-65 Теплофизические свойства материалов ядерной техники : Справочник, Чиркин В.С., М.: Атомиздат, 1968
13. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Шмелев А.Н. [и др.], Долгопрудный: Интеллект, 2014
14. 621.039 С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
15. 621.039 Д30 Ядерные энергетические реакторы : Учебник для вузов, Дементьев Б.А., М.: Энергоатомиздат, 1990

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. World-nuclear (<http://world-nuclear.org/>)
2. Росатом (www.rosatom.ru)
3. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
4. Урановый холдинг АРМЗ (<http://www.armz.ru>)
5. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
6. Периодическая система (<http://www.periodictable.ru>)
7. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

<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

Цель методических рекомендаций для студента – оптимизация процесса изучения данной дисциплины.

Материалы учебно-методического комплекса выдаются в электронном виде. Эти материалы не являются дословным изложением лекций и семинаров, а лишь их кратким содержанием. Они должны активно использоваться при подготовке к написанию тестов и экзамену.

Следует помнить, что в тестовые и экзаменационные вопросы не входит материал, который не был прочитан на лекциях или обсужден на семинарах. Тем не менее, для целей эффективного использования полученных знаний рекомендуется ознакомиться с интернет – ресурсами и литературой. В рекомендованной литературе, особенно дополнительной, изучаемые вопросы рассматриваются более глубоко, их изучение повышает квалификацию будущего специалиста.

Задачи домашнего задания аналогичны рассматриваемым на семинарских занятиях, поэтому рекомендуется выполнять их последовательно по мере изучения материала на занятиях. Для выполнения домашнего задания рекомендуется использование систем символьной математики.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина посвящена подготовке студентов к решению инженерных задач расчета ядерных энергетических установок на основе строгих научных методов. При построении

дисциплины учтено, что студенты имеют входные компетенции соответствующие подготовке специалистов по направлению подготовки 140300 «Ядерная физика и технологии». При разработке курса использована современная отечественная и иностранная литература.

Первая часть курса посвящена структуре и роли атомной энергетики в мире, принятым технологиям и перспективам развития. В процессе преподавания здесь рекомендуется широко использовать презентации, а сами занятия проводить в интерактивных классах. Особое внимание студентов следует обратить на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. В конце изучения этой части рекомендуется выдать студентам использованные презентации в электронном виде.

Во второй части излагаются методы инженерных расчетов ядерных энергетических установок. Знания, полученные студентами при изучении различных дисциплин, применяются к решению задач характерных для ядерных энергетических установок. Чтение лекций и проведение семинарских занятий также рекомендуется проводить в интерактивных классах, обучая студентов не только предмету дисциплины, но и использованию в ходе расчетов систем символьной математики.

Для закрепления теоретического материала дисциплина содержит большое количество задач для самостоятельного решения и контрольные вопросы (банк тестовых заданий) для проверки знаний. Для проверки и закрепления практических навыков студентам предлагается выполнить индивидуальное домашнее задание, а также два теста.

Результатом изучения дисциплины должно стать развитие способности студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов.

Автор(ы):

Маслов Юрий Александрович, к.т.н.

Рецензент(ы):

Харитонов В.С., Корсун А.С., Митрофанова О.В.