

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 ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

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
2	2	72	0	30	0		42	0	3
Итого	2	72	0	30	0	0	42	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.

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.

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
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
УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	З-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и

	управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта
УКЦ-1 [1] – Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	3-УКЦ-1 [1] – Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы У-УКЦ-1 [1] – Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности В-УКЦ-1 [1] – Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий

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
	<i>2 Семестр</i>						
1	Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики.	1-8	0/15/0	СК-8 (25)	25	СК-8	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1
2	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем.	9-15	0/15/0	СК-15 (25)	25	СК-15	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		0/30/0		50		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				50	3	3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2,

							У-УК-2, В-УК-2, З-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-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
СК	Семестровый контроль
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	0	30	0
1-8	Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики.	0	15	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 перспективным материалам ядерной энергетики. Существующие технологии и конструкционные решения.	Всего аудиторных часов		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Принципы и критерии обеспечения безопасности. Основные принципы и критерии обеспечения безопасности ядерных энергетических установок. Анализ аварий, вероятностный анализ безопасности.	Всего аудиторных часов		
		0	4	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		
		0	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с	Всего аудиторных часов		

	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.	0	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем.	0	15	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		
		0	7	0
		Онлайн		
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 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.	Всего аудиторных часов		
		0	8	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>2 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.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается 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)
УК-1	З-УК-1	З, СК-8, СК-15
	У-УК-1	З, СК-8, СК-15
	В-УК-1	З, СК-8, СК-15
УК-2	З-УК-2	З, СК-8, СК-15
	У-УК-2	З, СК-8, СК-15
	В-УК-2	З, СК-8, СК-15
УКЦ-1	З-УКЦ-1	З, СК-8, СК-15
	У-УКЦ-1	З, СК-8, СК-15
	В-УКЦ-1	З, 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»	B	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		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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»	F	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. 006 С32 Метрология : история, современность, перспективы: учебное пособие для вузов, Сергеев А.Г., Москва: ЛОГОС, 2011
3. 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
4. 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
5. ЭИ В 39 Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи : учебное пособие, Ветошкин А. Г., Санкт-Петербург: Лань, 2022
6. 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
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. 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. 621.039 Х20 Сборник задач по курсу "Инженерно-физические расчеты ЯЭУ" : Учеб. пособие, Харитонов В.В., М.: МИФИ, 1995
3. 621.039 К43 Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) : , Кириллов П.Л., Юрьев Ю.С., Бобков В.П., М.: Энергоатомиздат, 1990

4. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.2 Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы, , Москва: ИздАТ, 2013
5. 621.039 К59 Теплогидравлические расчеты и оптимизация ядерных энергетических установок : Учеб. пособие для вузов, Харитонов В.В., Кокорев Л.С., М.: Энергоатомиздат, 1986
6. 621.039 К43 Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов, Кириллов П.Л., Богословская Г.П., Москва: ИздАТ, 2008
7. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : учеб. пособие для вузов, Петухов Б.С. [и др.], М.: МЭИ, 2003
8. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, Деев В.И., Москва: МИФИ, 2004
9. 621.036 Ч-65 Теплофизические свойства материалов ядерной техники : Справочник, Чиркин В.С., М.: Атомиздат, 1968
10. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Шмелев А.Н. [и др.], Долгопрудный: Интеллект, 2014
11. 621.039 С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Савандер В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
12. 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.tvcl.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

Главное внимание в преподавании курса необходимо сосредоточить на изучении студентами следующих знаний, умений и навыков:

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- Основы теории размерности и подобия, теории теплопроводности и теории конвективного теплообмена;

Уметь:

- Решать основные задачи по применению теории теплопроводности и теории конвективного теплообмена;

Владеть:

- Навыками применения теории теплопроводности и теории конвективного теплообмена для проведения базовых расчетов теплофизики ядерных реакторов.

В ходе проведения лекционных занятий следует обращать внимание на необходимость более полного усвоения студентами учебного материала путем применения интерактивных методов и средств активизации их учебно-познавательной деятельности.

Целью практических занятия является применение на практике теоретического материала дисциплины, глубже проникнуть в физическую сущность изучаемых явлений. Для изучения дисциплины необходимо владение базовыми знаниями, умениями, навыками и компетенциями сформированными дисциплинами рабочего учебного плана.

Автор(ы):

Маслов Юрий Александрович, к.т.н.

Рецензент(ы):

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