

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

ТЕОРИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕНА (ЧАСТЬ 2)

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.01 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
7	4	144	32	32	16		19	0	Э
Итого	4	144	32	32	16	16	19	0	

АННОТАЦИЯ

Целями преподавания данной дисциплины являются:

- 1) более глубокое и полное изложение современной теории тепломассообмена;
- 2) привитие у студентов навыков применения результатов теории в практических расчетах тепло- и массообменных процессов, происходящих в ядерных энергетических установках (ЯЭУ).

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями преподавания данной дисциплины являются:

- 1) более глубокое и полное изложение современной теории тепломассообмена;
- 2) привитие у студентов навыков применения результатов теории в практических расчетах тепло- и массообменных процессов, происходящих в ядерных энергетических установках (ЯЭУ).

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для освоения данной дисциплины требуется знание дисциплин: «Химия», «Основы термодинамики и теплопередачи», «Общая физика».

Знания, полученные при изучении дисциплины, также помогут студентам в научно-исследовательской работе и дипломном проектировании, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

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			
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-	ПК-2 [1] - Способен к участию в проведении физического и численного эксперимента, к	З-ПК-2[1] - Знать методы проведения физического и численного эксперимента, и

инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	подготовке соответствующих экспериментальных стендов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	подготовки соответствующих экспериментальных стендов.; У-ПК-2[1] - Уметь проводить физический и численный эксперимент, подготовить соответствующие экспериментальные стенды; В-ПК-2[1] - Владеть методами проведения физического и численного эксперимента и подготовки соответствующих экспериментальных стендов.
проектный			
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения	ПК-5 [1] - Способен разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии	З-ПК-5[1] - Знать методы разработки проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, с использованием новых информационных технологий.; У-ПК-5[1] - Уметь разрабатывать проекты узлов

теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	<i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии; В-ПК-5[1] - Владеть методами проведения разработок проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, с использованием новых информационных технологий
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики	ПК-6 [1] - Способен к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-6[1] - Знать методы проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечен; У-ПК-6[1] - Уметь проектировать основное оборудование атомных электростанций, термоядерных

	и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;		реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы ; В-ПК-6[1] - Владеть навыками проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы.
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой	ПК-7 [1] - Способен к определению теплотехнических характеристик и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-7[1] - Знать теплотехнические характеристики и конструктивные особенности теплотехнических систем и оборудования; У-ПК-7[1] - Уметь определять теплотехнические характеристики и конструктивные особенности теплотехнических систем и оборудования; В-ПК-7[1] - Владеть методами определения теплотехнических характеристик и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования

	природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;		
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и	ПК-8 [1] - Способен разрабатывать производственно-техническую документацию <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-8[1] - Знать производственно-техническую документацию; У-ПК-8[1] - Уметь разрабатывать производственно-техническую документацию; В-ПК-8[1] - Владеть навыками работы с производственно-технической документацией

	энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;		
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)

5. 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>7 Семестр</i>						
1	Конвективный теплообмен в однофазной среде в условиях свободного и вынужденного движения.	1-8	16/16/8		25	КИ-8	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7,

							В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообмен излучением.	9-15	16/16/8		25	КИ-15	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/32/16		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	Э	3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8

* – 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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	32	16

1-8	Конвективный теплообмен в однофазной среде в условиях свободного и вынужденного движения.	16	16	8
1 - 2	Общая характеристика процессов тепломассопереноса. Основные понятия и определения. Механизмы переноса импульса, тепла и массы в твердых телах, жидкостях и газах. Перенос энергии и вещества в условиях фазовых и химических превращений. Феноменологический и кинетический методы изучения явлений переноса.	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Основные законы тепломассопереноса. Эмпирические законы переноса количества движения, тепла и массы (законы Ньютона, Био – Фурье, Фика). Коэффициенты переноса. Числа Прандтля, Шмидта, Льюиса – Семенова.	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Дифференциальные уравнения тепломассопереноса. Уравнения неразрывности, движения вязкой жидкости, переноса вещества и энергии в многокомпонентной среде. Условия однозначности для процессов переноса. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициенты тепло- и массоотдачи.	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Стационарная теплопроводность и диффузия. Дифференциальные уравнения тепломассопереноса в объеме неподвижных сред. Начальные и граничные условия для процессов теплопроводности и диффузии. Методы решения стационарных задач.	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообмен излучением.	16	16	8
9 - 10	Некоторые задачи стационарной теплопроводности и диффузии. Теплопроводность и диффузия в телах простой геометрической формы (плоская, цилиндрическая и шаровая стенки). Коэффициенты тепло- и массопередачи. Термические и диффузионные сопротивления. Число Био. Особенности температурных полей в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов. Теплопроводность тел с пренебрежимо малым внутренним термическим сопротивлением. Теплопередача через ребристые стенки. Методы интенсификации теплоотдачи от тепловыделяющих элементов ядерных реакторов.	Всего аудиторных часов		
		4	4	2
		Онлайн		
		0	0	0
11	Нестационарные процессы теплопроводности и диффузии. Теплопроводность полуограниченного массива. Нагревание (охлаждение) неограниченной пластины, бесконечно длинного цилиндра, шара. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров. Регулярные режимы теплопроводности. Теплопроводность в системах с подвижными границами. Общая сравнительная характеристика методов решения нестационарных задач теплопроводности и диффузии.	Всего аудиторных часов		
		3	3	2
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 13	Введение в теорию конвективного тепломассообмена. Общая характеристика и методы изучения процессов конвективного тепломассопереноса. Понятие о подобии физических явлений. Условия подобия. Критерии подобия и уравнения подобия. Прямая и обратная теоремы метода	Всего аудиторных часов		
		3	3	2
		Онлайн		
		0	0	0

	подобия. Метод анализа размерностей физических величин, П-теорема. Моделирование процессов теплообмена.			
14	Пограничный слой. Понятие и основные свойства динамического, теплового, диффузионного пограничного слоя. Дифференциальные и интегральные уравнения переноса количества движения, тепла и массы в пограничном слое. Условия однозначности. Тройная аналогия. Теплоотдача при продольном обтекании пластины ламинарным потоком. Случаи умеренных и очень малых значений числа Прандтля.	Всего аудиторных часов		
		3	3	1
		Онлайн		
		0	0	0
15	Заключительная лекция. Обзор результатов современной теории теплопроводности и диффузии и их применение при решении практических задач в тепловой и ядерной энергетике.	Всего аудиторных часов		
		3	3	1
		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 ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1	1. Распределение температур в плоской, цилиндрической, шаровой стенках с переменным коэффициентом теплопроводности в стационарных условиях (граничные условия 1-го рода). 1. Распределение температур в плоской, цилиндрической, шаровой стенках с переменным коэффициентом теплопроводности в стационарных условиях (граничные условия 1-го рода).
2 - 3	2. Стационарная теплопроводность в двухслойной стенке (плоской, цилиндрической, шаровой) без внутренних источников тепла (граничные условия 1-го и 3-го рода). Критическая толщина тепловой изоляции. 2. Стационарная теплопроводность в двухслойной стенке (плоской, цилиндрической, шаровой) без внутренних источников тепла (граничные условия 1-го и 3-го рода). Критическая толщина тепловой изоляции.
4	3. Передача тепла через ребра. Эффективность ребер. 3. Передача тепла через ребра. Эффективность ребер.
5 - 6	4. Стационарная теплопроводность в плоской и цилиндрической стенках с внутренними источниками тепла (граничные условия 3-го рода). 4. Стационарная теплопроводность в плоской и цилиндрической стенках с

	внутренними источниками тепла (граничные условия 3-го рода).
7 - 8	5. Распределение температуры в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов (твэлы с дисперсионным топливом, твэлы с диоксидом урана) в стационарных режимах. 5. Распределение температуры в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов (твэлы с дисперсионным топливом, твэлы с диоксидом урана) в стационарных режимах.
9	6. Двумерные стационарные задачи теплопроводности. 6. Двумерные стационарные задачи теплопроводности.
10	7. Нестационарная теплопроводность в полуограниченном теле (граничные условия 1-го, 2-го, 3-го рода). 7. Нестационарная теплопроводность в полуограниченном теле (граничные условия 1-го, 2-го, 3-го рода).
11 - 12	8. Нестационарная теплопроводность неограниченной пластины, бесконечно длинного цилиндра, шара (граничные условия 3-го рода). 8. Нестационарная теплопроводность неограниченной пластины, бесконечно длинного цилиндра, шара (граничные условия 3-го рода).
13	9. Нестационарные тепловые процессы в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов. 9. Нестационарные тепловые процессы в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов.
14	10. Теплопередача тел при пренебрежимо малом внутреннем термическом сопротивлении. 10. Теплопередача тел при пренебрежимо малом внутреннем термическом сопротивлении.
15	11. Многомерные задачи теплопроводности. 11. Многомерные задачи теплопроводности.

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 2	1. Процессы стационарной теплопроводности в плоской стенке при отсутствии внутренних источников тепла. 1. Процессы стационарной теплопроводности в плоской стенке при отсутствии внутренних источников тепла.
3 - 4	2. Процессы стационарной теплопроводности в цилиндрической и сферической стенках при отсутствии внутренних источников тепла. 2. Процессы стационарной теплопроводности в цилиндрической и сферической стенках при отсутствии внутренних источников тепла.
5 - 8	3. Процессы стационарной теплопроводности в телах с внутренним тепловыделением. 3. Процессы стационарной теплопроводности в телах с внутренним тепловыделением.
9 - 10	4. Нестационарные процессы теплопроводности. 4. Нестационарные процессы теплопроводности.
11 - 13	5. Теплопроводность тел с малым числом Био. 5. Теплопроводность тел с малым числом Био.
14 - 15	6. Теплообмен в ламинарном пограничном слое на пластине. 6. Теплообмен в ламинарном пограничном слое на пластине.

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 2	Общая характеристика процессов тепломассопереноса. Основные понятия и определения. Механизмы переноса импульса, тепла и массы в твердых телах, жидкостях и газах. Перенос энергии и вещества в условиях фазовых и химических превращений. Феноменологический и кинетический методы изучения явлений переноса.
3 - 4	Основные законы тепломассопереноса. Эмпирические законы переноса количества движения, тепла и массы (законы Ньютона, Био – Фурье, Фика). Коэффициенты переноса. Числа Прандтля, Шмидта, Льюиса – Семенова.
5 - 6	Дифференциальные уравнения тепломассопереноса. Уравнения неразрывности, движения вязкой жидкости, переноса вещества и энергии в многокомпонентной среде. Условия однозначности для процессов переноса. Закон Ньютона – Рихмана. Коэффициенты тепло- и массоотдачи.
7 - 8	Стационарная теплопроводность и диффузия. Дифференциальные уравнения тепломассопереноса в объеме неподвижных сред. Начальные и граничные условия для процессов теплопроводности и диффузии. Методы решения стационарных задач.
9 - 10	Некоторые задачи стационарной теплопроводности и диффузии. Теплопроводность и диффузия в телах простой геометрической формы (плоская, цилиндрическая и шаровая стенки). Коэффициенты тепло- и массопередачи. Термические и диффузионные сопротивления. Число Био. Особенности температурных полей в тепловыделяющих элементах ядерных реакторов. Теплопроводность тел с пренебрежимо малым внутренним термическим сопротивлением. Теплопередача через ребристые стенки. Методы интенсификации теплоотдачи от тепловыделяющих элементов ядерных реакторов.
11	Нестационарные процессы теплопроводности и диффузии. Теплопроводность полуограниченного массива. Нагревание (охлаждение) неограниченной пластины, бесконечно длинного цилиндра, шара. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров. Регулярные режимы теплопроводности. Теплопроводность в системах с подвижными границами. Общая сравнительная характеристика методов решения нестационарных задач теплопроводности и диффузии.
12 - 13	Введение в теорию конвективного тепломассообмена. Общая характеристика и методы изучения процессов конвективного тепломассопереноса. Понятие о подобии физических явлений. Условия подобия. Критерии подобия и уравнения подобия. Прямая и обратная теоремы метода подобия. Метод анализа размерностей физических величин, П-теорема. Моделирование процессов тепломассообмена.
14	Пограничный слой. Понятие и основные свойства динамического, теплового, диффузионного пограничного слоя. Дифференциальные и интегральные уравнения переноса количества движения, тепла и массы в пограничном слое. Условия однозначности. Тройная аналогия. Теплоотдача при продольном обтекании пластины ламинарным потоком. Случаи умеренных и очень малых значений числа Прандтля.
15	Заключительная лекция. Обзор результатов современной теории теплопроводности и диффузии и их применение при решении практических задач в тепловой и ядерной энергетике.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (лекции, презентации, встречи с заведующими кафедр и ведущими учеными, разбор конкретных ситуаций, тестирование, выполнение и защита домашнего задания) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-7	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-8	З-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8	Э, 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:

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»		

60-64			Е
ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	«не зачтено»	Ф

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.

8. 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. 532 М67 Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок : , Митрофанова О.В., Москва: Физматлит, 2010
3. ЭИ М 67 Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок : учебное пособие, Митрофанова О. В., Москва: Физматлит, 2010
4. ЭИ П63 Оптимизация распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие для вузов, Якунин И.С., Постников В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. ЭИ Л 69 Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие, Крайнов А. В. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2022
6. 621.039 К43 Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов, Кириллов П.Л., Богословская Г.П., Москва: ИздАТ, 2008

7. ЭИ Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : сборник задач: учебное пособие для вузов, Архипов В.В. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 З-15 Задачник по теплообмену в ЯЭУ : Учеб. пособие, Архипов В.В. [и др.], М.: МИФИ, 1992
2. 536 Д26 Решение задач теплообмена на ЭВМ : Пособие к лаб. практикуму по курсу "Теория теплопереноса", Меринов И.Г., Деев В.И., М.: МИФИ, 2000
3. 536 Т33 Теория теплообмена : Учебник для вузов, , М.: Высш. школа, 1979
4. 621.039 К43 Теплообмен в ядерных энергетических установках : , Кириллов П.Л., Богословская Г.П., Москва: Энергоатомиздат, 2000
5. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : сборник задач, Архипов В.В. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
6. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : учеб. пособие для вузов, Петухов Б.С. [и др.], М.: МЭИ, 2003
7. 536 И85 Теплопередача : Учебник для вузов, Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С., М.: Энергоиздат, 1981
8. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, Деев В.И., Москва: МИФИ, 2004
9. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Шмелев А.Н. [и др.], Долгопрудный: Интеллект, 2014
10. 536 Э41 Экспериментальные методы изучения процессов теплопередачи : (учебное пособие к лабораторному практикуму по курсу "Теория теплообмена"), , Москва: МИФИ, 2008

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. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
5. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При изучении курса необходимо твердо усвоить основные механизмы и законы конвективного теплопереноса, хорошо знать критерии, определяющие перенос тепла и массы в тех или иных конкретных условиях (при естественном или вынужденном движении однофазной среды, при наличии фазовых превращений и т.д.). Используя в расчетах эмпирические формулы, нужно знать, что рекомендуемые зависимости справедливы только в том диапазоне изменения параметров, в котором они были подтверждены опытными данными. При анализе процессов кипения жидкости на поверхности нагрева очень важным является понятие критического теплового потока, так как в случае превышения его величины, как правило, происходит разрушение теплоотдающей стенки.

При выполнении расчетных работ следует уяснить поставленную задачу, правильно сформулировать ее математическое описание, знать способы решения записанной системы уравнений, уметь применять современные вычислительные средства, существующие программные комплексы для ЭВМ. При экспериментальном исследовании теплового процесса полезно подробно изучить методы измерения необходимых теплофизических величин или параметров процесса, нужно знать основные характеристики применяемых средств измерений и приборов. Результаты опытов должны обязательно содержать оценку погрешностей проведенных измерений. По итогам работы оформляется отчет, который включает всю полученную информацию в виде схем, формул, таблиц, графиков, а также содержит заключение или выводы.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Лекционный курс строится по следующему плану: сначала вводятся и обсуждаются основные понятия и исходные положения, излагаются основные законы и уравнения. Потом рассматриваются методы, с помощью которых разбираются важнейшие приложения.

С целью выработки профессиональных компетенций студентов на лекциях и семинарских занятиях используется интерактивная форма проведения лекционных (20%) и семинарских занятий (75%). Активная форма проведения лекционных занятий предполагает, в частности, что студенты углубленно изучают по рекомендуемой преподавателем литературе те разделы лекционного курса, которые не рассматриваются детально на лекциях, но необходимы для дальнейшего изучения курса.

Автор(ы):

Корсун Александр Сергеевич, к.т.н., доцент

Рецензент(ы):

доцент Харитонов В.С., доцент Куценко К.В.,
профессор Митрофанова О.В.