

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
5	4	144	32	16	16		26	0	Э
Итого	4	144	32	16	16	16	26	0	

АННОТАЦИЯ

Плодотворная деятельность будущих выпускников в любых отраслях современного производства невозможна без знания основ теплопередачи. Особое значение процессы передачи тепла и массы имеют в энергетических отраслях промышленности, включая и ядерную энергетику. От того, как протекают эти процессы, во многом зависит эффективность, надежность и безопасность работы ядерных энергетических установок (ЯЭУ). Это и определяет цель преподавания дисциплины, в которой излагается современная теория, а также ее применение в расчетах тепло- и массообменных процессов, происходящих в ЯЭУ.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является решение двуединой задачи – базовой профессиональной подготовки выпускников и формирования у них современного физического мировоззрения. В курсе систематически рассматриваются исходные понятия, основные законы и уравнения, описывающие процессы передачи тепла между телами, жидкостями и газами.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

В результате освоения данной дисциплины студент должен знать основные понятия, методы, законы и уравнения теплопередачи, а также их основные следствия применительно к различным системам, включая ядерные энергетические установки.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-4 [1] – Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	З-ОПК-4 [1] – Знать: основные законы движения жидкости и газа; законы термодинамики и термодинамических соотношений; законы и способы переноса теплоты и массы У-ОПК-4 [1] – Уметь: проводить расчеты теплотехнических установок и систем; расчеты термодинамических процессов, циклов и их показателей; расчет тепломассообмена в 16 теплотехнических установках В-ОПК-4 [1] – Владеть: навыками демонстрации применения стандартных методов расчета теплотехнических установок и систем с учетом теплофизических свойств рабочих тел
ОПК-6 [1] – Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на	З-ОПК-6 [1] – Знать: средства измерения электрических и неэлектрических величин У-ОПК-6 [1] – Уметь: выбирать средства измерения и

объектах теплоэнергетики и теплотехники	проводить измерения электрических и неэлектрических величин В-ОПК-6 [1] – Владеть: навыками проведения измерений, обработки результатов измерений и оценки их погрешности
---	--

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
производственно-технологический			
монтаж и наладка, эксплуатацию и сервисное обслуживание, ремонт и модернизацию технических средств по производству теплоты	тепловые и атомные электрические станции; системы энергообеспечения промышленных; установки, системы и комплексы высокотемпературной и низкотемпературной теплотехнологии; реакторы и парогенераторы атомных электростанций; паровые турбины, энергоблоки, тепловые насосы; установки водородной энергетики; вспомогательное теплотехническое оборудование; тепло- и массообменные аппараты различного назначения; теплотехнологическое оборудование промышленных предприятий; установки кондиционирования теплоносителей и рабочих тел; технологические жидкости, газы и пары,	ПК-7 [1] - Способен управлять технологическими процессами и участвовать в работах по освоению и доводке технологических процессов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 20.014	З-ПК-7[1] - Знать: технические характеристики обслуживаемого оборудования, устройство и порядок его работы, паспортные данные и пределы безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов; У-ПК-7[1] - Уметь: анализировать техническое состояние оборудования и технологических систем; применять приемы и методы по доводке и освоению технологических процессов; В-ПК-7[1] - Владеть: современными технологиями для выполнения работ по доводке и освоению технологических процессов

	расплавы, твердые и сыпучие тела как теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок; нормативно-техническая документация и системы стандартизации; системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике и теплотехнике.		
--	---	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ

		публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок

		появления тех или иных открытий и теорий.
--	--	---

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>5 Семестр</i>						
1	Основные понятия и исходные положения. Основные законы и уравнения термодинамики.	1-8	16/8/8		25	КИ-8	З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4, З-ОПК-6, У-ОПК-6, В-ОПК-6, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Физические принципы переноса теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен	9-15	16/8/8		25	КИ-15	З-ОПК-4, У-ОПК-4, В-ОПК-4,

	излучением. Теплообменные аппараты						3- ОПК- 6, У- ОПК- 6, В- ОПК- 6, 3-ПК- 7, У- ПК-7, В- ПК-7
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/16/16		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	Э	3- ОПК- 4, У- ОПК- 4, В- ОПК- 4, 3- ОПК- 6, У- ОПК- 6, В- ОПК- 6, 3-ПК- 7, У- ПК-7, В- ПК-7

* – 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:

Обозна чение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	16	16
1-8	Основные понятия и исходные положения. Основные законы и уравнения термодинамики.	16	8	8
1	Введение. История развития термодинамики. Задачи термодинамики. Современные проблемы термодинамики	Всего аудиторных часов		
		3	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
2	Основные понятия и исходные положения. Термодинамические системы. Термодинамические переменные. Гомогенные и гетерогенные системы. Постулаты термодинамики. Равновесные и неравновесные термодинамические состояния. Параметры состояния. Уравнение состояния. Термодинамические коэффициенты. Основные термодинамические процессы. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Политропные процессы.	Всего аудиторных часов		
		3	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
3	Основные законы и уравнения термодинамики. Первый закон термодинамики. Принцип эквивалентности теплоты и работы. Внутренняя энергия и внешняя работа. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Химический потенциал. Второй закон термодинамики. Энтропия. Основное уравнение термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность. Третий закон термодинамики.	Всего аудиторных часов		
		3	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Методы термодинамики. Метод термодинамических циклов. Метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц. Дифференциальные уравнения термодинамики в частных производных. Метод термодинамического подобия. Переход от одной системы термодинамических координат к другой.	Всего аудиторных часов		
		3	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
6	Равновесие термодинамических систем. Необходимые условия термодинамического равновесия. Устойчивость равновесия. Равновесие в гетерогенной системе. Правило фаз Гиббса. Условия фазового равновесия. Спинодаль и бинодаль. Метастабильные состояния. Критическая точка. Термодинамические флуктуации. Фазовые диаграммы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы при искривленных поверхностях раздела. Фазовые переходы второго рода. Уравнение Эренфеста. Переход жидкость-пар. Термодинамические параметры парожидкостной системы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Физические принципы переноса теплоты.	16	8	8

	Стационарная и нестационарная теплопроводность. Конвективный теплообмен. Теплообмен излучением. Теплообменные аппараты			
9	Термодинамика потока. Система уравнений одномерного течения газа. Критическая скорость истечения. Переход через скорость звука. Сопло Лавала. Потери на трение. Дросселирование. Адиабатическое расширение.	Всего аудиторных часов		
		3	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
10	Эффективность циклов теплосиловых установок. Термодинамические циклы энергетических установок. Термический и эффективный к.п.д. Эксергия. Анализ потерь работоспособности. Регенерация теплоты в цикле.	Всего аудиторных часов		
		3	2	2
		Онлайн		
		0	0	0
11	Циклы энергетических установок. Циклы паросиловых установок с насыщенным и перегретым паром. Влияние параметров цикла на к.п.д. паросиловой установки. Газотурбинные циклы с адиабатным и изотермическим сжатием. Бинарные циклы. Парогазовые циклы. Циклы ядерных энергетических установок.	Всего аудиторных часов		
		3	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
12	Обратимые и необратимые термодинамические процессы. Причины необратимости. Релаксация в термодинамической системе. Квазиравновесный процесс. Принцип локального термодинамического равновесия. Термодинамические флуктуации.	Всего аудиторных часов		
		3	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Линейная неравновесная термодинамика. Линейные феноменологические законы. Термодинамические потоки и силы. Соотношения взаимности Онсагера. Стационарные процессы переноса. Диффузия, теплопроводность. Перекрестные явления переноса. Термоэлектрические явления и термодиффузия.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Основы линейной неравновесной термодинамики. Системы, далекие от равновесия. Критерий эволюции Гленсдорфа – Пригожина. Пространственные диссипативные структуры. Ячейки Бенара. Временные и пространственно – временные диссипативные структуры. Экологические системы. Реакция Белоусова – Жаботинского.	Всего аудиторных часов		
		2	1	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>5 Семестр</i>
1 - 3	Лабораторная работа №1 «Приборы для измерения температуры» Цель работы: Изучение приборов для измерения температуры, понятие класса точности прибора, сравнение показаний приборов различного типа. Контрольные вопросы к лабораторной работе №1 1. Дать понятие о температуре с точки зрения молекулярно-кинетической теории и термодинамического взаимодействия. 2. Принцип действия термометров расширения. 3. Принцип действие манометрических термометров. 4. Принцип действие термометров сопротивления. 5. Методика определения погрешностей при намерении температуры.
4 - 5	Лабораторная работа №2 «Динамические характеристики терморезистивного преобразователя» Цель работы: изучение зависимости показаний терморезистивного преобразователя от времени пребывания в среде, температура которой измеряется. Определение влияния среды на время установления показаний терморезистивного преобразователя. Контрольные вопросы к лабораторной работе №2 1. Что называется терморезистивным преобразователем? 2. Что можно измерить с помощью преобразователя? 3. Как вычисляется угловой коэффициент k_v? 4. Сделать выводы о влиянии среды, температура которой измеряется, на время установления показаний преобразователя. 5. От чего зависит коэффициент теплопередачи?
6 - 8	Лабораторная работа №3 «Динамические характеристики терморезистивного преобразователя (автоматический режим)» Цель работы: изучение зависимости показаний терморезистивного преобразователя от времени пребывания в среде, температура которой измеряется. Определение влияния среды на время установления показаний терморезистивного преобразователя. Изучение автоматизации сбора и обработки экспериментальных данных. Контрольные вопросы к лабораторной работе №3 1. Что называется терморезистивным преобразователем? 2. Что можно измерить с помощью преобразователя? 3. Чем отличаются измерения от предыдущей работы? 4. Какой метод измерений эффективней? 5. Что называется теплопередачей?
9 - 11	Лабораторная работа № 1 «Определение

	теплопроводности твердых материалов методом пластины при имитационном моделировании процесса теплообмена». Цель работы: определить теплопроводность фторопласта методом плоского слоя в зависимости от температуры, определить влияние на температурное поле внутренних источников теплоты и термических контактных сопротивлений. Контрольные вопросы к лабораторной работе №7 1. Дать определение теплопроводности. 2. Что называется количеством теплоты, тепловым потоком, плотностью теплового потока? 3. Температурный градиент. Определение. Формула. 4. Закон Фурье. 5. Условия однозначности для процессов теплопроводности?
12 - 13	Лабораторная работа № 2 «Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около горизонтального цилиндра методом имитационного моделирования процесса теплообмена». Цель работы экспериментально определить коэффициент теплоотдачи на поверхности горизонтально расположенного цилиндра при естественной конвекции в неограниченном пространстве и сопоставить результаты опытов с расчетными данными. Контрольные вопросы к лабораторной работе №8 1. Определение конвективного теплообмена. 2. Вынужденная и естественная конвекция. 3. Что называется пограничным слоем? 4. Три теоремы подобия. 5. Критерии подобия (Нуссельта, Прандтля, Грасгофа
14 - 15	Лабораторная работа № 3 «Исследование работы теплообменных аппаратов при теплообмене между системами пар-жидкость и жидкость-газ». Цель работы Целью данной работы является испытание рекуперативного теплообменного аппарата при стационарном режиме теплообмена и получение основных характеристик его работы. Контрольные вопросы к лабораторной работе № 9 1. Как разделяются по принципу действия теплообменные аппараты? 2. Понятия теплопередача и теплоотдача, в чем их различие? 3. С помощью каких уравнений определяется тепловая нагрузка теплообменного аппарата и затраты энергии на проведение процесса? 4. Что такое термическое сопротивление процесса теплопередачи, из каких составляющих оно складывается, коэффициент теплопередачи, их физический смысл? 5. В каком случае при теплообмене между различными системами: пар - жидкость, пар - газ, жидкость - газ, термическое сопротивление является минимальным, а в

	каком максимальным при равных условиях теплообмена, чем это обусловлено? 6. Чем объясняется столь большая разница в площадях теплообмена испытанных теплообменников
--	---

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
1 - 2	Исходные понятия и основные законы термодинамики. Термодинамические коэффициенты. Первый, второй и третий законы термодинамики. Основное уравнение термодинамики. Уравнение состояния.
3 - 4	Методы термодинамики. Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов. Соотношения Максвелла. Переход от одной системы термодинамических координат к другой. Метод термодинамического подобия.
5 - 6	Термодинамическое равновесие. Необходимое условие термодинамического равновесия. Устойчивость равновесия. Фазовое равновесие. Фазовые диаграммы.
7 - 8	Фазовые переходы. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы при искривленных поверхностях раздела. Фазовые переходы второго рода
9 - 10	Процессы в газе, влажном и перегретом паре. Термодинамика идеального и реального газов. Эффект Джоуля – Томпсона. Изэнтропное расширение газа. Термодинамические параметры парожидкостной системы.
11 - 12	Термодинамика потока. Система уравнений термодинамического состояния движущегося газа. Потери энергии на трение. Критическая скорость истечения. Сопло Лавалья.
13 - 14	Циклы энергетических установок Термический и эффективный КПД цикла. Регенерация теплоты в цикле. Паросиловые и газовые циклы
15 - 16	Неравновесная термодинамика. Основные понятия и определения. Процессы переноса. Диссипативные структуры.

ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>5 Семестр</i>
1	Введение. История развития термодинамики. Задачи термодинамики. Современные проблемы термодинамики
2	Основные понятия и исходные положения. Термодинамические системы. Термодинамические переменные. Гомогенные и гетерогенные системы. Постулаты термодинамики. Равновесные и неравновесные

	термодинамические состояния. Параметры состояния. Уравнение состояния. Термодинамические коэффициенты. Основные термодинамические процессы. Изохорный процесс. Изобарный процесс. Изотермический процесс. Политропные процессы.
3	Основные законы и уравнения термодинамики. Первый закон термодинамики. Принцип эквивалентности теплоты и работы. Внутренняя энергия и внешняя работа. Обобщенные силы и обобщенные координаты. Химический потенциал. Второй закон термодинамики. Энтропия. Основное уравнение термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность. Третий закон термодинамики.
4 - 5	Методы термодинамики. Метод термодинамических циклов. Метод термодинамических потенциалов. Термодинамические потенциалы сложных систем и систем с переменным числом частиц. Дифференциальные уравнения термодинамики в частных производных. Метод термодинамического подобия. Переход от одной системы термодинамических координат к другой.
6	Равновесие термодинамических систем. Необходимые условия термодинамического равновесия. Устойчивость равновесия. Равновесие в гетерогенной системе. Правило фаз Гиббса. Условия фазового равновесия. Спинодаль и бинодаль. Метастабильные состояния. Критическая точка. Термодинамические флуктуации. Фазовые диаграммы.
7 - 8	Фазовые переходы. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы при искривленных поверхностях раздела. Фазовые переходы второго рода. Уравнение Эренфеста. Переход жидкость-пар. Термодинамические параметры парожидкостной системы.
9	Термодинамика потока. Система уравнений одномерного течения газа. Критическая скорость истечения. Переход через скорость звука. Сопло Лавалья. Потери на трение. Дросселирование. Адиабатическое расширение.
10	Эффективность циклов теплосиловых установок. Термодинамические циклы энергетических установок. Термический и эффективный к.п.д. Эксергия. Анализ потерь работоспособности. Регенерация теплоты в цикле.
11	Циклы энергетических установок. Циклы паросиловых установок с насыщенным и перегретым паром. Влияние параметров цикла на к.п.д. паросиловой установки. Газотурбинные циклы с адиабатным и изотермическим сжатием. Бинарные циклы. Парогазовые циклы. Циклы ядерных энергетических установок.
12	Обратимые и необратимые термодинамические

	процессы. Причины необратимости. Релаксация в термодинамической системе. Квазиравновесный процесс. Принцип локального термодинамического равновесия. Термодинамические флуктуации.
13 - 14	Линейная неравновесная термодинамика. Линейные феноменологические законы. Термодинамические потоки и силы. Соотношения взаимности Онсагера. Стационарные процессы переноса. Диффузия, теплопроводность. Перекрестные явления переноса. Термоэлектрические явления и термодиффузия.
15 - 16	Основы линейной неравновесной термодинамики. Системы, далекие от равновесия. Критерий эволюции Гленсдорфа – Пригожина. Пространственные диссипативные структуры. Ячейки Бенара. Временные и пространственно – временные диссипативные структуры. Экологические системы. Реакция Белоусова – Жаботинского.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система контрольно-измерительных материалов, включая тесты) 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)
ОПК-4	З-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-4	Э, КИ-8, КИ-15
ОПК-6	З-ОПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ОПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ОПК-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

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 – <i>«отлично»</i>	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 – <i>«хорошо»</i>	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 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н95 Fluid and Thermodynamics : Volume 1: Basic Fluid Mechanics, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ Т44 The Thermodynamics of Phase and Reaction Equilibria : , : Elsevier, 2013

3. 53 Б81 Курс общей физики Кн. 3 Термодинамика. Статистическая физика. Строение вещества, Москва: Юрайт, 2013
4. ЭИ Л 69 Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие, Санкт-Петербург: Лань, 2022
5. ЭИ К84 Руководство по технической термодинамике с примерами и задачами : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. 536 К84 Руководство по технической термодинамике с примерами и задачами : учебное пособие для вузов, А. Б. Круглов, И. С. Радовский, В. С. Харитонов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 С34 Общий курс физики Т.2 Термодинамика и молекулярная физика, Москва: Физматлит, 2011
2. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетики. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2014
3. 536 К59 Краткое руководство по термодинамике Ч.1 Равновесная термодинамика, , М.: МИФИ, 1991
4. 52 С28 Теория орбит : ограниченная задача трех тел, , : Наука, 1982
5. 621.3 Т34 Теплоэнергетика и теплотехника Кн.3 Тепловые и атомные электростанции, , Москва: МЭИ, 2007
6. 621 А46 Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник. Таблицы рассчитаны по уравнениям Международной ассоциации по свойствам воды и водяного пара и рекомендованы Государственной службой стандартных справочных данных ГСССД Р-776-98, А. А. Александров, Б. А. Григорьев, Москва: МЭИ, 2006
7. 621 П18 Паровые и газовые турбины для электростанций : учебник для вузов, А. Г. Костюк [и др.], Москва: МЭИ, 2008
8. 621.38 Л12 Лабораторный практикум по курсу "Физика микроэлектронных структур" : , Абрамов В.В., Беляков В.В., Першенков В.С., Швецов-Шиловский И.Н., Москва: МИФИ, 1994
9. 621.1 К43 Техническая термодинамика : учебник для вузов, В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин, Москва: МЭИ, 2008
10. 536 Н73 Термодинамика : учебное пособие, И. И. Новиков, Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2009
11. 536 П75 Современная термодинамика : от тепловых двигателей до диссипативных структур, И. Пригожин, Д. Кондепуди, Москва: Мир, 2002
12. 536 Б17 Термодинамика : Учеб. пособие для вузов, И.П. Базаров, М.: Высш. школа, 1976

13. 621.3 К44 Термический КПД паротурбинных установок : Учеб. пособие, Киселев Н.П., Радовский И.С., М.: МИФИ, 1992

14. 536 Л12 Лабораторный практикум по термодинамике : учебное пособие для вузов, Л. С. Кокорев [и др.], Москва: МИФИ, 2008

15. 536 К59 Сборник задач по равновесной термодинамике : Учеб. пособие, Л. С. Кокорев, В. П. Соболев, Москва: МИФИ, 1991

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<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 теплопередачи, излагаются основные законы и уравнения. Потом рассматриваются методы, с помощью которых разбираются важнейшие энергетические приложения теплопередачи: свойства рабочих тел, процессы течения газов и жидкостей, циклы преобразования энергии в энергетических установках, в том числе в ядерных.

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):

Харитонов Владимир Степанович, к.т.н., с.н.с.

Рецензент(ы):

доцент Куценко К.В., доцент Корсун А.С.