

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

С.Т. Князев
2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля
1156179

Модуль
Основы термодинамики, гидравлики и теплотехники

Екатеринбург, 2020

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа Проектирование и эксплуатация атомных станций	Код ОП 14.05.02/33.01
Направление подготовки Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	Код направления и уровня подготовки 14.05.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Нейская Светлана Анатольевна	Кандидат технических наук, доцент	Доцент	Кафедра теплоэнергетики и теплотехники
2	Черепанова Екатерина Владимировна	Кандидат технических наук, доцент	Доцент	Кафедра теплоэнергетики и теплотехники

Согласовано:

Управление образовательных программ



Р. Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ *Основы термодинамики, гидравлики и теплотехники*

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Основы термодинамики, гидравлики и теплотехники» формирует знание фундаментальных законов взаимного преобразования тепловой и механической энергии, умение давать физическую и математическую формулировку задач, использование специальной и справочной литературы, умение решать конкретные задачи с использованием вычислительной техники. Модуль состоит из трех дисциплин.

Дисциплина «Техническая термодинамика» формирует знание основных законов термодинамики, термодинамических процессов и циклов, термодинамики потока, теории тепловых двигателей, холодильных установок и тепловых насосов, элементов химической и неравновесной термодинамики. Обучающиеся приобретают способность анализировать основные термодинамические процессы и циклы, оценивать эффективность получения и использования энергии в теплоэнергетических установках различного назначения.

Дисциплина «Тепломассообмен в энергетическом оборудовании» изучает законы переноса теплоты и массы в пространстве, методы решения задач теплопроводности, конвективного и лучистого теплообмена, включая процессы переноса в ядерных энергетических реакторах, а также основы расчета теплообменных аппаратов. Формируются навыки практического применения знаний для проведения расчетов в процессе решения задач профессиональной деятельности..

Дисциплина «Механика жидкостей и газов» направлена на формирование знания и понимания законов равновесия жидкости и газа, законов движения и сохранения энергии и массы потоков жидкости и газа, навыков расчетов параметров деформируемой и движущейся сплошной среды, навыков измерения параметров движущихся сплошных сред, способности проводить лабораторные испытания по заданному алгоритму, навыков расчета сложных трубопроводных систем и параметров струйных течений.

В ходе выполнения лабораторных работ по дисциплинам модуля студенты получают наглядное представление об основных законах и процессах гидроаэродинамики, термодинамики и тепломассообмена, а также изучают стандартные методики проведения измерений и обработки экспериментальных данных.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1.	Механика жидкостей и газов	6
2.	Тепломассообмен в энергетическом оборудовании	6
3.	Техническая термодинамика	9
ИТОГО по модулю:		21

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<i>Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности</i>
Постреквизиты и корреквизиты модуля	<i>Тепломеханическое оборудование АЭС Атомные станции</i>

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Механика жидкостей и газов	ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий	З-8 - Сформулировать законы сохранения энергии и массы в дифференциальной и интегральной формах для различных моделей жидкости, основные закономерности движения вязких несжимаемых жидкостей, сжимаемых жидкостей, развития изотермических и неізотермических турбулентных струй У-7 - Оценивать основные параметры изотермических и неізотермических ламинарных и турбулентных потоков У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде У-10 - Выбирать методы теоретического и экспериментального исследования с учетом специфики поставленной задачи П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии
	ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	У-5 - Выбирать оптимальные методы измерения давления, скорости, расхода, температуры и другие параметров в потоках жидкости
Тепломассообмен в энергетическом оборудовании	ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов,	З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания У-2 - Обоснованно выбрать необходимую

	интерпретацию полученных результатов	аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности
	ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий	<p>З-7 - Сформулировать законы переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам</p> <p>З-8 - Сформулировать законы сохранения энергии и массы в дифференциальной и интегральной формах для различных моделей жидкости, основные закономерности движения вязких несжимаемых жидкостей, сжимаемых жидкостей, развития изотермических и неізотермических турбулентных струй</p> <p>У-5 - Выбирать адекватные методы решения задач тепломассообмена применительно к процессам, происходящим в тепломеханическом оборудовании атомных станций и установок</p> <p>У-7 - Оценивать основные параметры изотермических и неізотермических ламинарных и турбулентных потоков</p> <p>У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде</p> <p>У-10 - Выбирать методы теоретического и экспериментального исследования с учетом специфики поставленной задачи</p> <p>П-4 - Выполнять теплогидравлические расчеты процессов, происходящих в оборудовании атомных станций и установок</p> <p>П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии</p> <p>П-8 - Иметь практический опыт постановки и решения задач тепломассообмена</p>
	ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	У-5 - Выбирать оптимальные методы измерения давления, скорости, расхода, температуры и другие параметров в потоках жидкости

	<p>ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС</p>	<p>З-13 - Характеризовать методы расчета и рациональной организации тепловых процессов в оборудовании и технологических системах атомных станций</p>
Техническая термодинамика	<p>ОПК-3 - Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p>З-1 - Сформулировать основные принципы организации и планирования научного исследования У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p>
	<p>ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в сфере ядерной энергетики и технологий</p>	<p>З-9 - Описывать термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках У-6 - Анализировать термодинамические циклы тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации коэффициента полезного действия, используя методы технической термодинамики У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде У-10 - Выбирать методы теоретического и экспериментального исследования с учетом специфики поставленной задачи П-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии П-9 - Выполнять термодинамические расчеты процессов, протекающих в тепловых машинах, параметров их работы и тепловой эффективности П-10 - Выполнять расчет тепловой схемы атомной станции</p>
	<p>ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного</p>	<p>У-5 - Выбирать оптимальные методы измерения давления, скорости, расхода, температуры и другие параметров в потоках жидкости</p>

	оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	
--	---	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в форме:

Очная.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Механика жидкостей и газов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Гапонцев Виталий Леонидович	Доктор физико- математических наук, профессор	Профессор	Кафедра гидравлики

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Гапонцев Виталий Леонидович, профессор, кафедра гидравлики

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение, свойства жидкости	Предмет и объект изучения в механике жидкости и газа. Сплошная среда как модель жидкости. Границы применения этой модели. Капельная жидкость и газ. Физические свойства жидкости. Принцип текучести. Силы, действующие в жидкости. Закон Ньютона для силы трения. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости. Тензор напряжений, его инварианты, давление. Формула Коши для напряжений.
P2	Гидростатика	Уравнения движения в напряжениях. Покоящаяся жидкость. Уравнение Эйлера покоящейся жидкости. Вид тензора напряжений покоящейся жидкости. Закон Паскаля. Абсолютное и относительное равновесие жидкости. Абсолютное равновесие несжимаемой жидкости под воздействием силы тяжести. Основное уравнение гидростатики; его геометрическая и энергетическая интерпретация. Абсолютное, избыточное давление и вакуум. Приборы для измерения давления. Парадокс Паскаля. Силовое воздействие покоящейся жидкости на твердые плоские и криволинейные поверхности. Закон Архимеда.
P3	Кинематика жидкости	Методы Эйлера и Лагранжа описания движения жидкости. Связь скоростей изменения величин в методе Лагранжа и методе Эйлера. Основные понятия: линия тока, трубка тока, живое сечение, расход. Уравнение неразрывности. Первая теорема Гельмгольца. Вихревые линии и трубки. Вторая теорема Гельмгольца и ее следствие: невозможность обрыва вихревой трубки в объеме жидкости. Вихревые и потенциальные течения. Ускорение жидкой частицы. Кинематическая теорема Кельвина.
P4	Динамика идеальной жидкости	Понятие идеальной жидкости. Вид тензора напряжений идеальной жидкости. Уравнение Эйлера. Уравнение Громека-Ламба. Понятие баротропной жидкости. Трехчлен Бернулли. Динамическая теорема Кельвина и теорема Лагранжа. Условия возникновения вихревого течения. Потенциал

		скоростей. Интеграл Лагранжа-Коши. Теорема Бернулли.
P5	Плоские потенциальные течения идеальной жидкости.	Типы задач о течении идеальной жидкости. Уравнение Лапласа для потенциального течения. Граничные условия. Потенциал скорости, функция тока и характеристическая функция плоского потенциального течения несжимаемой жидкости. Их основные свойства. Плоскопараллельное течение, источник, изолированный вихрь, диполь. Суперпозиция потенциальных течений. Обтекание цилиндра. Общее представление о методе конформных отображений.
P6	Течение вязкой жидкости	Обобщенный закон Ньютона, связь между тензором напряжений и тензором скоростей деформаций. Уравнение Стокса. Граничные условия для уравнения движения вязкой жидкости. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости. Опыты Рейнольдса. Критическое число Рейнольдса. Турбулентность и ее основные свойства. Структура турбулентного потока. Модель «пути смешения» Прандтля для течения в полупространстве около плоской стенки. Логарифмический профиль скорости. Осреднение во времени параметров турбулентного потока жидкости. Пульсации скорости и других параметров в турбулентном потоке жидкости. Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания. Модели турбулентности.
P7	Взаимодействие вязкого потока с твердыми телами	Основы теории пограничного слоя. Примеры пограничных слоев. Обтекание тел вязкой жидкостью. Силы, действующие со стороны жидкости на обтекаемое тело. Понятие профильного сопротивления. Сопротивление трения и давления. Хорошо и плохообтекаемые тела. Отрыв пограничного слоя, возникновение силы сопротивления давления, причины отрыва ПС. Экспериментальное определение сопротивления тел (на примере цилиндра). Опытные данные об обтекании шара. Кризис сопротивления плохообтекаемых тел.
P8	Одномерное движение несжимаемой жидкости	Уравнение Бернулли для одномерного потока реальной жидкости. Энергетический смысл уравнения Бернулли. Диаграмма уравнения Бернулли. Гидравлический уклон. Примеры применения уравнения Бернулли. Виды потерь механической энергии. Общие сведения о гидравлических сопротивлениях.
P9	Установившееся движение несжимаемой жидкости в трубах	Установившееся ламинарное движение жидкости в круглой трубе. Закон изменения скорости в живом сечении потока. Коэффициент Кориолиса. Потери механической энергии, коэффициент гидравлического сопротивления. Установившееся турбулентное движение жидкости в круглой трубе.
P10	Гидравлические потери	Зоны гидравлического сопротивления в трубах. Графики Никурадзе и Мурина. Потери механической энергии в трубах круглого сечения. Виды местных сопротивлений. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса. Особенности расчета потерь механической энергии по длине и в местных сопротивлениях.
P11	Истечение жидкости из	Истечение жидкости из отверстий и насадков. Коэффициенты сжатия, скорости и расхода. Схемы струй и следов.

	отверстий и насадков, струйные течения,	Классификация струй. Учет сжимаемости, сверхзвуковые потоки. Скачки уплотнения. Сопло Лаваля.
P12	Расчет трубопроводов	Классификация трубопроводов. Гидравлический расчет трубопроводов. Трубопроводы с последовательным и параллельным соединением труб. Гидравлический удар в простом трубопроводе: формула Жуковского; прямой ГУ и методы его предотвращения.
P13	Гидродинамическое подобие и моделирование	Подобие гидромеханических процессов. Анализ размерностей (Пи-теорема). Числа подобия. Понятие автомодельности.
P14	Экспериментальные методы в механике жидкости и газа	Моделирование процессов и течений жидкости и газа. Метод аналогий. Физические основы измерений параметров течения: скорости, температуры, давления, расхода. Измерение мгновенных и осредненных значений параметров. Датчики, первичные и вторичные приборы. Оптические методы исследования.

1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

1. Гидравлика (Основы статики и динамики жидкости, Прикладная механика жидкости и газа) [Электронный ресурс]: Задачник/ — Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2008.— 227 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=21761>.— «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю
2. Новикова А.М. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Новикова А.М., Кудрявцев А.В., Иваненко И.И.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 140 с.— Режим доступа: <http://www.bibliocomplectator.ru/book/?id=58534>.— «БИБЛИОКОМПЛЕКТАТОР», по паролю

Печатные издания

1. Сборник задач по машиностроительной гидравлике: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов в обл. техники и технологии / Д.А. Бутаев, З.А. Калмыкова, Л.Г. Подвидз и др. ; Под ред. И.И. Куколевского, Л.Г. Подвидза. - 6-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 486 с., ил. - 87 экз.
2. Самойлович, Георгий Семенович. Гидрогазодинамика: Учеб. по спец. "Турбостроение". - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1990. - 382 с.: ил. - 50 экз.
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. Том 1 Учеб. руководство: Для вузов. 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит, 1991 г. —600 с. - 13 экз.
4. Дейч М. Е. Зарянкин А. Е. Гидрогазодинамика: Учебное пособие. - М: Энергоатомиздат, 1984.-384с. - 20 экз.
5. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломированных специалистов в обл. техники и технологии, сельского и рыб. хоз-ва / Д. В. Штеренлихт. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2008. - 656 с.: ил. - 31 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Отсутствуют.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Специализированные лабораторные стенды и приборы (аудитория И-235).	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Тепломассообмен в энергетическом
оборудовании

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Нейская Светлана Анатовна	Кандидат технических наук, доцент	Доцент	Кафедра теплоэнергетики и теплотехники

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Нейская Светлана Анатольевна, доцент кафедры теплоэнергетики и теплотехники

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Теплопроводность	Введение. Тепломассообмен. Основные понятия и определения. Основы аналитической теории теплопроводности.
P2	Теплопроводность при стационарном режиме	Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенки при граничных условиях 1-го рода. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку (граничные условия 3-го рода). Теплопроводность однослойной и многослойной цилиндрической стенки при граничных условиях 1-го рода. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрическую стенку (граничные условия 3-го рода). Критический диаметр изоляции; теплопроводность и теплопередача через тонкие стенки произвольной формы. Теплопроводность вдоль прямого стержня постоянного поперечного сечения и теплопередача через ребристую стенку. Теплопроводность с внутренними источниками тепла.
P3	Теплопроводность при нестационарном режиме.	Общая характеристика теплопроводности при нестационарном режиме. Общий анализ процессов охлаждения (нагрева) тел. Охлаждение (нагревание) тел сложной формы.
P4	Основные положения конвективного теплообмена	Общая характеристика конвективного теплообмена. Краткие сведения из гидродинамики. Аналитическое описание процессов конвективного теплообмена.
P5	Основы теории подобия и моделирования	Определение подобных процессов и методы получения безразмерных переменных. Метод масштабных преобразований. Основные числа подобия. Теорема подобия. Метод анализа размерностей. Основы моделирования процессов конвективного теплообмена и их экспериментальное исследование.
P6	Отдельные задачи	Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании тонкой

	конвективного теплообмена	пластины ламинарным пограничным слоем. Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании тонкой пластины турбулентным пограничным слоем. Гидродинамика и теплообмен при вынужденном ламинарном движении жидкости внутри труб. Теплоотдача при вынужденном турбулентном режиме движения жидкости внутри труб и каналов. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании одиночной трубы. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании пучков труб. Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме. Теплообмен при свободной конвекции в ограниченном пространстве.
P7	Теплообмен при фазовых превращениях.	Теплоотдача при пленочной конденсации пара. Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме. Теплоотдача при кипении жидкости, движущейся в трубах.
P8	Теплообмен в ядерных энергетических установках	Активная зона ядерного реактора. Особенности теплообмена. Жидкометаллические теплоносители. Поканальная методика расчета (метод ячеек). Переходные и аварийные условия работы. Расчет теплообменников, парогенераторов.
P9	Теплообмен излучением.	Поверхностное излучение: его количественные характеристики, его разновидности. Основные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между двумя телами, разделенными прозрачной средой. Объемное излучение. Особенности излучения газов и паров.
P10	Теплообменные аппараты.	Основы теплового расчета рекуперативных теплообменных аппаратов. Определение среднего температурного напора для прямотока и противотока и их сравнение. Основы гидродинамического и экономического расчетов теплообменников. Экспериментальные методы исследования тепломассообмена.

1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

1. Козлов, В. Г. Тепломассообмен : / Козлов В.Г. — Москва : ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=10863>
2. Круглов, Геннадий Александрович. Теплотехника : учеб. пособие / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова .— Москва : Лань, 2012 .— 208 с.— ISBN 978-5-8114-1017-0 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3900>.
3. Амирханов, Д. Г. Теплопередача : учебное пособие / Д.Г. Амирханов .— Казань : КГТУ, 2008 .— 119 с. — ISBN 978-5-7882-0611-0 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258943>>

Печатные издания

1. Королев, Владимир Николаевич. Тепломассообмен : учебное пособие / В. Н. Королев ; Урал. федер. ун-т им. первого Президента России Б. Н. Ельцина .— Изд. 2-е, испр. и доп. — Екатеринбург : УрФУ, 2013 .— 250 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 216 (18 назв.) .— ISBN 978-5-321-02136-1. — 11 экз. и 70 экз. 2006 года издания.

2. Галин, Николай Михайлович. Тепломассообмен (в ядерной энергетике) : Учеб. пособие для вузов / Н. М. Галин, П. Л. Кириллов .— М. : Энергоатомиздат, 1987 .— 374 с. : ил. ; 22 см .— допущено в качестве учебного пособия. — 19 экз.
3. Исаченко, Виктор Павлович. Теплопередача : учеб. для телознергет. специальностей втузов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел .— 4-е изд., перераб. и доп .— Москва : Энер-гоиздат, 1981 .— 417 с. : ил. ; 26 см .— Библиогр.: с. 407-411 (233 назв.) .— Алф. указ.: с. 412-413. — допущено в качестве учебника .— 1.70. — 61 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary
2. Реферативная БД Scopus

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Отсутствуют.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя, оснащённое персональным компьютером Доска аудиторная Периферийное устройство	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
3	Лабораторные занятия	Специализированные лабораторные стенды по тепломассообмену (ауд. Т-125)	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется

5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
---	---	--	--------------

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Техническая термодинамика

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Черепанова Екатерина Владимировна	Кандидат технических наук, доцент	Доцент	Кафедра теплоэнергетики и теплотехники

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Авторы:

- Черепанова Екатерина Владимировна, доцент, кафедра теплоэнергетики и теплотехники

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология;
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение. Основные понятия термодинамики	Предмет и метод термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамическое состояние. Термодинамический процесс. Внутренняя энергия, работа, теплота, теплоемкость
P2	Основные законы термодинамики	I закон термодинамики. Энтальпия термодинамической системы и внешняя работа. II закон термодинамики. Различные формулировки второго закона термодинамики (Томсона, Клаузиуса, Каратеодори). Энтропия, принцип возрастания энтропии. III закон термодинамики.
P3	Дифференциальные уравнения термодинамики	Уравнения для первого закона термодинамики, внутренней энергии и энтальпии, энтропии и теплоемкости. Закон Джоуля. Формула Майера. Вычисление термодинамических функций.
P4	Основные термодинамические процессы	Политропный процесс. Частные случаи политропного процесса. Обобщающее значение политропного процесса.
P5	Термодинамика потока	Основные законы термодинамики для потока. Методы описания и основные законы для потока вещества. Уравнение баланса механической энергии. Скорость звука. Число Маха. Режимы течения. Принцип обращения воздействия. Сопло и диффузор. Типы сопел. Термодинамика геометрического сопла. Адиабатическое торможение потока. Дросселирование.
P6	Термодинамика систем с переменным числом частиц	Термодинамические потенциалы и характеристические функции. Термодинамика фазовых переходов. Реальные газы (водяной пар). Основные термодинамические процессы воды и водяного пара. Расчет процессов при помощи таблиц и диаграмм.
P7	Влажный воздух	Термодинамические свойства, h-d диаграмма и расчет процессов влажного воздуха.

P8	Основы химической термодинамики	Законы химической термодинамики. Закон Гесса. Закон действующих масс. Равновесный состав продуктов реакции.
P9	Термодинамика циклов. Основные законы и понятия для циклов	Прямые и обратные циклы. Первый и второй законы термодинамики для циклов тепловых двигателей. Термический КПД цикла. Цикл Карно. Теоремы Карно. Регенерация теплоты. Обобщенный цикл Карно.
P10	Газовые циклы	Циклы двигателей внутреннего сгорания с изохорным, изобарным и смешанным подводом теплоты. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Термодинамический анализ работы компрессора. Циклы прямого турбореактивного и ракетного двигателей.
P11	Циклы паротурбинных установок	Цикл Карно в области влажного пара. Цикл Ренкина. Промежуточный перегрев пара в цикле паротурбинной установки (ПТУ), регенерация теплоты и теплофикация в циклах ПТУ. КПД реальных циклов. Особенности циклов АЭС. Бинарные циклы.
P12	Обратные циклы	Обратный цикл Карно. Принципиальные схемы и расчет воздушной и парокомпрессорной холодильных установок. Рабочие тела парокомпрессорных холодильных установок. Циклы тепловых насосов и трансформаторов теплоты.
P13	Эксергия термодинамических систем	Определение эксергии. Эксергия теплоты термодинамического процесса, неподвижного рабочего тела и вещества в потоке. Эксергетический анализ необратимых процессов. Эксергетический анализ циклов.

1.3. Программа дисциплины реализуется:

на государственном языке Российской Федерации (русский).

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы (издания)

Отсутствуют.

Печатные издания

1. Техническая термодинамика. В 2 ч. Ч. 1: учебное пособие / А.В. Островская, Е.М. Толмачёв, В.С. Белоусов, С.А. Нейская. Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2010. 155 с. – 44 экз.
2. Техническая термодинамика: учебное пособие. В 2 ч. Ч.2 / А.В.Островская, Е.М.Толмачев, В.С.Белоусов, С.А.Нейская. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 106 с. – 60 экз.
3. В.Н. Королёв, Е.М. Толмачёв. Техническая термодинамика / учебное пособие. Изд. 2-е. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. – 180 с. – 74 экз.
4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин С.А. Техническая термодинамика. - М.: Наука, 1991.- 512 с. – 65 экземпляров в учебном фонде.
5. Александров А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. – М: Изд-во МЭИ,2004.- 158 с. – 92 экземпляра в учебном фонде.
6. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Изд-во МЭИ.2003– 168 с. – 65 экземпляров в учебном фонде.
7. Сборник задач по технической термодинамике /Андрианова Т.М., Дзампов Б.В., Зубарев В.Н, Ремизов С.А. М.: Энергоатомиздат, 1981. - 240 с. – 42 экземпляра в учебном фонде.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные

1. Научная электронная библиотека eLibrary.
2. Реферативная БД Scopus

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Отсутствуют.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя, оснащённое персональным компьютером Доска аудиторная Периферийное устройство	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
3	Лабораторные занятия	Специализированные лабораторные стенды по термодинамике (ауд. Т-125)	Не требуется
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется