

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  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156179	Основы термодинамики, гидравлики и теплотехники

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Проектирование и эксплуатация атомных станций	<b>Код ОП</b> 1. 14.05.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 14.05.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Климова Виктория Андреевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	атомные станции и возобновляемые источники энергии
2	Нейская Светлана Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	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	Техническая термодинамика	9
2	Тепломассообмен в энергетическом оборудовании	6
3	Механика жидкостей и газов	6
ИТОГО по модулю:		21

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности
---------------------	--

<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дополнительные вопросы энергетики</li> <li>2. Математическое моделирование физических процессов</li> <li>3. Тепломеханическое оборудование АЭС</li> </ol>
---	---

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

Таблица 2

<b>Перечень дисциплин модуля</b>	<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения (индикаторы)</b>
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	<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 неизотермических турбулентных струй</p> <p>У-7 - Оценивать основные параметры изотермических и неизотермических 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-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии</p>
	ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных	У-5 - Выбирать оптимальные методы измерения давления, скорости, расхода, температуры и другие параметров в потоках жидкости

	<p>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</p>	
Тепломассообмен в энергетическом оборудовании	<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</p> <p>З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения</p> <p>У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания</p> <p>У-2 - Обоснованно выбрать необходимую аппаратуру и метод исследования для решения инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности</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-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 неадиабатических турбулентных струй</p> <p>У-5 - Выбирать адекватные методы решения задач тепломассообмена применительно к процессам, происходящим в</p>

		<p>тепломеханическом оборудовании атомных станций и установок</p> <p>У-7 - Оценивать основные параметры изотермических и неизотермических 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 теплообмена</p>
	<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</p>	<p>У-5 - Выбирать оптимальные методы измерения давления, скорости, расхода, температуры и другие параметров в потоках жидкости</p>
	<p>ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать</p>	<p>З-13 - Характеризовать методы расчета и рациональной организации тепловых</p>

	<p>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>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</p> <p>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</p> <p>У-6 - Анализировать термодинамические циклы тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации коэффициента полезного действия, используя методы технической термодинамики</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-6 - Осуществлять обоснованный выбор методов теоретического и экспериментального исследования процессов, протекающих в оборудовании объектов использования атомной энергии</p> <p>П-9 - Выполнять термодинамические расчеты процессов, протекающих в тепловых машинах, параметров их работы и тепловой эффективности</p> <p>П-10 - Выполнять расчет тепловой схемы атомной станции</p>
	<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</p>	<p>У-5 - Выбирать оптимальные методы измерения давления, скорости, расхода, температуры и другие параметров в потоках жидкости</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Техническая термодинамика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Нейская Светлана Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	теплоэнергетики и теплотехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Нейская Светлана Анатольевна, Доцент, 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;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основные понятия термодинамики	Предмет и метод термодинамики. Задачи термодинамики. Основные способы получения энергии. Математический аппарат термодинамики. Термодинамическая система. Классификация термодинамических систем. Термодинамическое состояние. Основные термодинамические параметры. Уравнение состояния. Диаграммы состояний. Примеры уравнений состояний (идеального газа, Ван-дер-Ваальса). Термодинамическое равновесие. Термодинамический процесс.
P2	Внутренняя энергия, работа, теплота, теплоемкость	Определение и свойства внутренней энергии. Калорическое уравнение состояния. Работа. Работа против внешних сил давления. Удельная работа. Графическое представление работы. Работа цикла. Внешняя работа. Энтальпия. Теплота. Графическое представление теплоты. Понятие энтропии. T-S-диаграмма. Теплоемкость термодинамической системы. Расчет количества теплоты при переменной теплоемкости.
P3	Основные законы термодинамики	I закон термодинамики. Принцип эквивалентности работы и теплоты. Следствие: внутренняя энергия - параметр состояния системы. Понятие о вечном двигателе первого рода. II закон термодинамики. Качественное различие между теплотой и работой. Принципиальная схема теплового двигателя. Различные формулировки второго закона термодинамики (Томсона, Клаузиуса, Каратеодори). Энтропия, принцип возрастания энтропии. III закон термодинамики. Статистический смысл энтропии. Дифференциальные

		уравнения термодинамики. Уравнения для первого закона термодинамики, внутренней энергии и энтальпии, энтропии и теплоемкости. Закон Джоуля. Формула Майера. Вычисление термодинамических функций.
<b>P4</b>	Реальные газы (влажный воздух, водяной пар), их термодинамические свойства. Таблицы термодинамических свойств веществ	<p>Термодинамические свойства воды и водяного пара. Анализ процессов в <math>p</math>-<math>V</math>, <math>T</math>-<math>s</math> и <math>h</math>-<math>s</math> диаграммах. Расчет параметров. Основные термодинамические процессы процессы воды и водяного пара.</p> <p>Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность, влагосодержание, <math>I</math>-<math>d</math> диаграмма влажного воздуха. Температура точки росы. Термодинамические процессы влажного воздуха.</p> <p>Таблицы термодинамических свойств различных газов, воды и водяного пара. Расчет процессов при помощи таблиц.</p>
<b>P5</b>	Термодинамика потока	<p>Методы описания потока вещества. Первый закон термодинамики для потока в формах Эйлера и Лагранжа. Учет трения в потоке. Работа проталкивания. Уравнение баланса механической энергии. Второй закон термодинамики для потока. Уравнение неразрывности. Скорость звука. Число Маха. Режимы течения.</p> <p>Сопло и диффузор. Принцип обращения воздействия. Принцип работы турбины. Типы сопел. Термодинамика геометрического сопла. Истечение идеального газа из сопла. Расчет процесса истечения реальных газов (водяного пара). Учет трения, коэффициенты скорости и расхода.</p> <p>Адиабатическое торможение потока. Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона. Дифференциальный и интегральный температурный эффект дросселирования. Температура и кривая инверсии.</p>
<b>P6</b>	Термодинамика циклов (прямые циклы)	<p>Первый и второй законы термодинамики применительно к циклам тепловых двигателей. Схема теплового двигателя. Термический КПД цикла. Классификация циклов по свойствам рабочего тела. Обобщенный цикл Карно. Регенерация тепла. Циклы Карно и Ренкина на влажном паре. Термодинамический анализ работы компрессора. Многоступенчатое сжатие. Цикл Ренкина - цикл паротурбинной установки (ПТУ).</p> <p>Принципиальная тепловая схема и изображение цикла в <math>p</math>-<math>V</math>, <math>T</math>-<math>s</math> и <math>h</math>-<math>s</math> диаграммах. Расчет цикла Ренкина с помощью таблиц и диаграмм. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара, схема и изображение цикла в <math>p</math>-<math>V</math>, <math>T</math>-<math>s</math> и <math>h</math>-<math>s</math> диаграммах. Расчет цикла с промежуточным перегревом. Цикл Ренкина с регенерацией, схема и изображение цикла в <math>p</math>-<math>V</math>, <math>T</math>-<math>s</math> и <math>h</math>-<math>s</math> диаграммах. Расчет цикла с регенеративными отборами. Оптимальная температура подогрева питательной воды и максимальный КПД регенеративного цикла.</p> <p>Термодинамические основы теплофикации. Теплофикационные циклы с отбором пара и противодавлением. Их схемы и изображение цикла в <math>p</math>-<math>V</math>, <math>T</math>-<math>s</math> и <math>h</math>-<math>s</math> диаграммах. Особенности циклов АЭС.</p>

		Парогазовые циклы. Схема, изображение на диаграммах состояния, расчет.
<b>P7</b>	Термодинамика циклов (обратные циклы)	Первый и второй законы термодинамики применительно к обратным циклам. Холодильный коэффициент. Факторы, влияющие на холодильный коэффициент. Принципиальная схема воздушной холодильной установки. Удельная и полная холодопроизводительность. Способы увеличения холодильного коэффициента. Цикл парокомпрессорной холодильной установки. Схема установки, изображение в диаграммах состояния, расчет цикла. Цикл с многоступенчатым сжатием рабочего тела. Схема и принцип действия теплового насоса и трансформатора тепла. Их применение.
<b>P8</b>	Эксергетический анализ циклов	Эксергия. Эксергия тепла термодинамического процесса, неподвижного рабочего тела и вещества в потоке. Эксергетический анализ необратимых процессов. Учет необратимых потерь в циклах. Энергетический и эксергетический КПД цикла.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной 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	П-9 - Выполнять термодинамические расчеты процессов, протекающих в тепловых машинах, параметров их работы и тепловой эффективности

### 1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Техническая термодинамика**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Шаров, Ю. И.; Техническая термодинамика : учебно-методическое пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2019; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575627> (Электронное издание)
2. Амирханов, Д. Г., Шевченко, Е. И.; Техническая термодинамика : учебное пособие.; Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/63486.html> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. , Андрианова, Т. Н., Дзампов, Б. В., Зубарев, В. Н., Ремизов, С. А., Филатов, Н. Я.; Сборник задач по технической термодинамике : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям "Теплоэнергетика", "Техн. физика".; МЭИ, Москва; 2006 (20 экз.)
2. Королев, В. Н., Толмачев, Е. М.; Техническая термодинамика : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 140503 - Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели направления подготовки 140500 - Энергомашиностроение.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (50 экз.)
3. Кириллин, В. А.; Техническая термодинамика : учеб. для вузов.; Наука, Москва; 1979 (48 экз.)
4. Нащокин, В. В., Силецкий, В. С.; Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 1975 (20 экз.)
5. Толмачев, Е. В.; Техническая термодинамика. Термодинамический расчет и анализ циклов газовых двигателей и паросиловых установок : [учебное пособие].; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (49 экз.)
6. , Островская, А. В., Толмачев, Е. М., Белоусов, В. С., Нейская, С. А., Сапожников, Б. Г.; Техническая термодинамика : учебное пособие [в 2 частях]. Ч. 1. ; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2009 (44 экз.)
7. , Сапожников, Б. Г., Островская, А. В., Толмачев, Е. М., Белоусов, В. С., Нейская, С. А.; Техническая термодинамика : учебно-методическое пособие : в 2 частях. Ч. 2. ; УрФУ, Екатеринбург; 2010 (60 экз.)
8. Толмачев, Е. В.; Техническая термодинамика. Термодинамический расчет и анализ циклов газовых двигателей и паросиловых установок : [учебное пособие].; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (49 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Не используются.

#### **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**

Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара <http://thermalinfo.ru>

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Техническая термодинамика

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
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	Не требуется

		<p>Специализированная лаборатория Т-127, оснащенная стендами для проведения лабораторных работ: "Определение теплоемкости воздуха при постоянном давлении методом проточного калориметра", "Определение показателя адиабаты для воздуха методом Клемона-Дезорма", "Определение показателя политропы графоаналитическим способом на индикаторных диаграммах", "Исследование зависимости давления насыщения водяного пара от температуры", "Определение удельной теплоты парообразования", "Определение скорости звука и показателя адиабаты методом стоячей волны"</p>	
4	Курсовая работа/ курсовой проект	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
5	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
7	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	<b>Не требуется</b>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Тепломассообмен в энергетическом**  
**оборудовании**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Нейская Светлана Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	теплоэнергетики и теплотехники

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Нейская Светлана Анатольевна, Доцент, 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;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 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.

<b>P5</b>	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.
<b>P6</b>	Отдельные задачи конвективного теплообмена	Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании тонкой 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.
<b>P7</b>	Теплообмен при фазовых превращениях	Теплоотдача при пленочной конденсации пара. Теплоотдача при кипении жидкости в большом объеме. Теплоотдача при кипении жидкости, движущейся в трубах.
<b>P8</b>	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.
<b>P9</b>	Теплообмен излучением	Поверхностное излучение: его количественные характеристики, разновидности. Основные законы теплового излучения. Теплообмен излучением между двумя телами, разделенными прозрачной средой. Объемное излучение. Особенности излучения газов и паров.
<b>P10</b>	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. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной	ПК-2 - Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной	П-8 - Иметь практический опыт постановки и решения задач тепломассообмена

		профессиональн ой деятельности  Технология самостоятельной работы	деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментальног о исследования в сфере ядерной энергетики и технологий	
--	--	--	---	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Тепломассообмен в энергетическом оборудовании

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Кутателадзе, С. С.; Справочник по теплопередаче : справочник.; Госэнергоиздат, Москва|Ленинград; 1958; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257440> (Электронное издание)

#### Печатные издания

- Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел, А. С.; Теплопередача : учеб. для теплоэнергет. специальностей вузов.; Энергоиздат, Москва; 1981 (59 экз.)
- Краснощеков, Е. А.; Задачник по теплопередаче : для теплоэнергет. специальностей вузов.; Энергия, Москва; 1980 (87 экз.)
- Галин, Н. М., Кириллов, П. Л.; Тепломассообмен (в ядерной энергетике : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1987 (19 экз.)
- Кириллов, П. Л., Бобков, В. П., Юрьев, Ю. С.; Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (19 экз.)
- Сапожников, Б. Г., Белоусов, В. С.; Тепломассообмен : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2007 (19 экз.)
- Цветков, Ф. Ф., Григорьев, Б. Ф.; Тепломассообмен : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по энергет. специальностям.; Издательство МЭИ, Москва; 2005 (50 экз.)
- Королев, В. Н.; Тепломассообмен : учеб. пособие.; [УГТУ-УПИ], Екатеринбург; 2006 (69 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Научная электронная библиотека eLibrary

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

Не используются.

### 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Тепломассообмен в энергетическом оборудовании

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
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Google Chrome
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Лаборатория Т-125, оснащенная лабораторными стендами: "Определение коэффициентов теплопроводности теплоизоляционных материалов методом плиты", "Определение коэффициента температуропроводности методом теплового регулярного режима", "Исследование теплопередачи в теплообменнике из горизонтальных труб со спиральными ребрами", "Исследование теплоотдачи при движении воздуха в пучке труб", "Исследование сложного теплообмена горизонтальных труб с окружающим воздухом в условиях свободной конвекции", "Изучение теплоотдачи при кипении жидкости в большом объеме", "Определение коэффициента теплоотдачи излучением между двумя телами", "Определение степени черноты поверхности излучающего тела"</p>	<b>Не требуется</b>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>

6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	<b>Не требуется</b>
---	----------------------------------	---	---------------------

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Механика жидкостей и газов**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Давыдов Вадим Борисович	канд. физ.-мат. наук,	доцент	Гидравлики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Давыдов Вадим Борисович, доцент, 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;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1.	Введение. Физические 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.
<b>P4</b>	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.
<b>P5</b>	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.
<b>P6</b>	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.
<b>P7</b>	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.
<b>P8</b>	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.
<b>P9</b>	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.

<b>P10</b>	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.
<b>P11</b>	Истечение жидкости из отверстий, насадков. Струйные течения	Истечение жидкости из отверстий и насадков. Коэффициенты сжатия, скорости и расхода. Схемы струй и следов. Классификация струй. Учет сжимаемости, сверхзвуковые потоки. Скачки уплотнения. Сопло Лавалья.
<b>P12</b>	Расчет трубопроводов	Классификация трубопроводов. Гидравлический расчет трубопроводов. Трубопроводы с последовательным и параллельным соединением труб. Гидравлический удар в простом трубопроводе: формула Жуковского; прямой гидравлический удар и методы его предотвращения.
<b>P13</b>	Гидродинамические подобию и моделирование	Подобие гидромеханических процессов. Анализ размерностей (Пи-теорема). Числа подобия. Понятие автомодельности.
<b>P14</b>	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. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной 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	У-7 - Оценивать основные параметры изотермических и неизотермических ламинарных и турбулентных потоков  У-8 - Выбирать справочные данные для решения задач, в том числе в цифровой среде

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Механика жидкостей и газов**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Лойцянский, Л. Г.; Механика жидкости и газа; Государственное издательство технико-теоретической литературы, Москва, Ленинград; 1950; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256639> (Электронное издание)
2. ; Механика жидкости и газа в промышленной теплотехнике и теплоэнергетике : учебное пособие.; Инфра-Инженерия, Москва, Вологда; 2021; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=618530> (Электронное издание)
3. , Никитин, , В. А.; Гидравлика (Основы статики и динамики жидкости, Прикладная механика жидкости и газа) : задачник.; Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, Оренбург; 2008; <http://www.iprbookshop.ru/21761.html> (Электронное издание)
4. Новикова, , А. М.; Механика жидкости и газа : учебное пособие.; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, Санкт- Петербург; 2014; <http://www.iprbookshop.ru/58534.html> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Штеренлихт, Д. В.; Гидравлика : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломир. специалистов в обл. техники и технологии, сельского и рыб. хоз-ва.; КолосС, Москва; 2005 (31 экз.)
2. Чугаев, Р. Р.; Гидравлика (техническая механика жидкости) : [учеб. для вузов].; БАСТЕТ, Москва; 2008 (149 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Не используются.

#### **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**

Не используются.

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Механика жидкостей и газов**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad 14</p>
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	<p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>Mathcad 14</p>
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Специализированные лабораторные стенды кафедры гидравлики (ауд. И-235)</p>	<b>Не требуется</b>
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p>	<b>Не требуется</b>
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p>	<b>Не требуется</b>
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p>	<b>Не требуется</b>

