

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Нижнетагильский технологический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ

Директор
В.В. Потанин
«28» июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Модуль Теоретические основы теплотехники	Код модуля М.1.15
Образовательная программа Теплоэнергетика и теплотехника	Код ОП Теплоэнергетика и теплотехника 13.03.01/33.05
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника	Код направления и уровня подготовки 13.03.01

Нижний Тагил, 2023

Программа модуля и программы дисциплин составлены авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Ходырев Александр Анатольевич	нет	Старший преподаватель	Департамент естественнонаучного образования

Руководитель модуля «согласовано в электронном виде» А.А. Ходырев

Рекомендовано:

Учебно-методическим советом НТИ (филиал) УрФУ

Председатель учебно-методического совета

«согласовано в электронном виде»

М.В. Миронова

Протокол № 6 от 28.06.2023 г.

Согласовано:

Руководитель ОП «согласовано в электронном виде»

А.Ю. Лапина

Начальник ОООД «согласовано в электронном виде»

С.Е. Четвериков

Начальник ОБИР «согласовано в электронном виде»

А.В. Катаева

Раздел 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Теоретические основы теплотехники» относится к обязательной части образовательной программы. В состав модуля включены три дисциплины: «Гидрогазодинамика», «Техническая термодинамика» и «Тепломассообмен».

Модуль направлен на теоретическую и практическую подготовку по вопросам теплотехнической эффективности технологических процессов и оборудования. Особое внимание уделяется изучению теоретических основ, определяющих суть и особенности процессов получения, преобразования и передачи тепловой энергии с целью обеспечения у студентов знаний, необходимых для самостоятельной и творческой деятельности при проектировании, монтаже и эксплуатации различного теплотехнического оборудования.

Назначение модуля заключается в формировании у студентов знаний о фундаментальных законах, определяющих физико-химические процессы в макроскопических системах, сопровождающихся тепловыми эффектами, а также в изучении термодинамической теории современных тепловых двигателей и холодильных установок. В ходе изучения модуля студенты приобретают навык практического использования аппарата термодинамики для проведения инженерных расчетов теплоэнергетических процессов и знакомятся с законами тепломассопереноса в различных средах.

1.2. Структура и объем модуля

№ п/п	Перечень дисциплин модуля	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах и часах	Форма итоговой промежуточной аттестации по дисциплинам модуля и в целом по модулю
1.	Гидрогазодинамика	6/216	экзамен
2.	Техническая термодинамика	6/216	зачет; экзамен
3.	Тепломассообмен	6/216	зачет
ИТОГО по модулю:		18/648	не предусмотрено

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности
Постреквизиты и корреквизиты модуля	Источники и системы теплоснабжения; Основное и вспомогательное оборудование тепловых электрических станций

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

Изучение дисциплин модуля предусматривает формирование компетенций

посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Результаты обучения по дисциплине – это конкретные знания, умения, опыт и другие результаты (содержательные компоненты компетенций), которых планируется достичь на этапе изучения дисциплины модуля и которые должны будут продемонстрированы обучающимися и оценены преподавателем по индикаторам/измеряемым критериям, включенным в формулировку результатов обучения.

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины.

Индикаторы учитываются при выборе и составлении заданий контрольно-оценочных мероприятий (оценочных средств) текущей и промежуточной аттестации.

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
Гидрогазо-динамика	ОПК-1. Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные физические свойства жидкостей и газов; – основные понятия и законы статики, кинематики и динамики жидкостей и газов; – особенности физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать основные расчетные формулы гидрогазодинамики при постановке и решении конкретных технических задач. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – первичными навыками и основными средствами решения математических задач из общеинженерных и специальных дисциплин профилизации.
	ОПК 4. Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – гидравлические закономерности движения жидкости в напорных трубах, регулирующей и запорной аппаратуре, а также принципов их гидравлического расчета. <p><i>Уметь:</i></p>

		<ul style="list-style-type: none"> – использовать разработанные методы для нахождения оптимальных вариантов решения гидрогазодинамических задач; – рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течениях в каналах (трубах) проточных частях гидрогазодинамических машин. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методиками проведения типовых расчетов трубопроводов; – методиками проведения эксперимента и обработки результатов опытных данных; – методами расчета параметров гидрогазодинамических процессов.
	<p>ПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – области применения, типов и принципов действия гидро- и пневмомашин, используемых в теплоэнергетике, в которых работают законы гидрогазодинамики. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать знания по гидрогазодинамике в дальнейшем обучении и практической деятельности. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – умением работать с современной научно-технической и нормативной литературой по гидрогазодинамике.
	<p>ПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – закономерности протекания гидрогазодинамических потоков, методы расчета гидравлических сопротивлений и потерь напора. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать положения математической теории подобия для моделирования гидродинамических процессов <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами количественной оценки потерь напора и давления потоков жидкости и газа

	<p>ОПК-2. Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основы математического моделирования процессов теплообмена; – способы аналитического задания конвективных потоков теплоносителей. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – строить математические модели движения тепловых потоков; – составлять системы дифференциальных уравнений для описания процессов стационарной и нестационарной теплопроводности <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – аналитическими и численными методами расчета стационарных и нестационарных процессов теплопереноса; – методами и приемами теории подобия для расчета коэффициентов теплоотдачи
Тепломассообмен	<p>ОПК 3. Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать результаты решения конкретных задач с целью построения более совершенных моделей; – использовать математический аппарат и информационные технологии при проведении расчетов; – пользоваться справочными данными и информационными базами по характеристикам материалов и способам их обработки. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами практического использования современных компьютеров для обработки информации и основами численных методов решения инженерных задач; первичными навыками и основными средствами решения математических задач из общинженерных и специальных дисциплин профилизации.

	<p>ПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – законы и основные физико-математических модели переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать передаваемые тепловые потоки; – рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты. <p><i>Владеть:</i></p> <p>основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.</p>
	<p>ПК-4. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы эксперимента и способы их реализации. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений; – проводить физические эксперименты, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий; – анализировать, обрабатывать и систематизировать исходную научную и техническую информацию. <p><i>Владеть:</i></p> <p>основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешности измерений.</p>

	<p>ПК-5. Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок</p>	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – тепловые свойства конструкционных материалов; – закономерности передачи тепла в различных стенках и теплоносителях <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать температурное поле в веществе; – определять тепловые потоки и тепловые нагрузки в конструкциях <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – способами определения термических сопротивлений материалов
<p>Техническая термодинамика</p>	<p>ОПК-1. Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества</p>	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать результаты решения конкретных задач с целью построения более совершенных моделей; – использовать математический аппарат и информационные технологии при проведении расчетов. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определение параметров их работы, тепловой эффективности.
	<p>ОПК-2. Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках; <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – пользоваться справочными данными и информационными базами по характеристикам материалов и способам их обработки; – проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.

		<p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешности измерений.
	<p>ОПК 4. Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные направления и перспективы развития теплоэнергетических систем; <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать, обрабатывать и систематизировать исходную научную и техническую информацию; – правильно оценивать результаты расчетов. <p><i>Владеть:</i></p> <p>проблематикой и применением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.</p>
	<p>ПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p>	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретические основы математического моделирования теплотехнических задач; – аналитические и численные методы решения основных задач термодинамики <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать, обрабатывать и систематизировать исходную научную и техническую информацию; – правильно оценивать результаты расчетов. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – способами расчета термодинамических процессов и функций состояния системы
	<p>ПК-4. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</p>	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – способы передачи теплоты; – основные законы преобразования энергии; – качественные характеристики переноса теплоты <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – применять основные законы и уравнения термодинамики для выполнения технических расчетов;

		<ul style="list-style-type: none"> – уметь пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Навыками решения производственных задач, характеризующих протекание термодинамических процессов – навыками определения параметров работы сложных теплосиловых установок и их тепловой эффективности
--	--	---

1.5. Форма обучения

Реализация модуля предусмотрена для обучающихся по очной, очно-заочной и заочной формам.

**РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ»**

**2.1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»**

**2.1.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ
«ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»**

2.1.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология с применением электронного обучения.

**2.1.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине
«Гидрогазодинамика»**

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
<p>ОПК-1. Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные физические свойства жидкостей и газов; – основные понятия и законы статики, кинематики и динамики жидкостей и газов; – особенности физического и математического моделирования одномерных и трехмерных, дозвуковых и сверхзвуковых, ламинарных и турбулентных течений идеальной и реальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать основные расчетные формулы гидрогазодинамики при постановке и решении конкретных технических задач. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – первичными навыками и основными средствами решения математических задач из общеинженерных и специальных дисциплин профилизации.
<p>ОПК 4. Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – гидравлические закономерности движения жидкости в напорных трубах, регулирующей и запорной аппаратуре, а также принципов их гидравлического расчета. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать разработанные методы для нахождения оптимальных вариантов решения гидрогазодинамических задач; – рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течении в каналах (трубах) проточных частях гидрогазодинамических машин. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методиками проведения типовых расчетов трубопроводов;

	<ul style="list-style-type: none"> – методиками проведения эксперимента и обработки результатов опытных данных; – методами расчета параметров гидрогазодинамических процессов.
ПК-1. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – области применения, типов и принципов действия гидро- и пневмомашин, используемых в теплоэнергетике, в которых работают законы гидрогазодинамики. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать знания по гидрогазодинамике в дальнейшем обучении и практической деятельности. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – умением работать с современной научно-технической и нормативной литературой по гидрогазодинамике.
ПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – закономерности протекания гидрогазодинамических потоков, методы расчета гидравлических сопротивлений и потерь напора. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать положения математической теории подобия для моделирования гидродинамических процессов <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами количественной оценки потерь напора и давления потоков жидкости и газа

2.1.1.3. Содержание дисциплины «Гидрогазодинамика»

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Введение. Основные физические свойства жидкостей и газов	История развития гидравлики. Применение и значение гидравлики в современном машиностроении. Капельные и газообразные жидкости. Основные физические свойства жидкостей и газов. Удельный вес, плотность, сжимаемость, вязкость, температурное расширение жидкостей. Модель идеальной жидкости.
Р2	Гидростатика	Силы, действующие на жидкость. Гидростатическое давление и его свойства. Дифференциальное уравнение равновесия жидкости (уравнение Эйлера). Основное уравнение гидростатики. Законы Паскаля и Архимеда. Приборы для измерения давления. Центр давления. Эпюры давления. Определение силы гидростатического давления на плоские и криволинейные поверхности.
Р3	Кинематика и динамика жидкости и газа	Способы описания движения жидкости. Установившееся и неустановившееся движения. Напорное и безнапорное движения. Траектория, линия тока, трубка тока, элементарная струйка, поток, живое сечение, местная и средняя скорости, гидравлические радиус и диаметр, расход. Уравнение неразрывности. Энергия жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной

		жидкости. Полный, геометрический, пьезометрический и скоростной напор. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Напорная и пьезометрическая линии. Уклоны. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Распределение скоростей по сечению потока. Критерий Рейнольдса. Элементы теории подобия гидромеханических процессов.
P4	Гидравлические сопротивления и потери напора	Потери напора при установившемся движении жидкости. Местные потери напора при ламинарном и турбулентном движении. Формула Вейсбаха. Теорема Борда. Формула Идельчика. Потери напора на трение по длине. Формула Дарси-Вейсбаха. Закон Пуазёйля. Шероховатость стенок. Исследования И.И. Никурадзе. График Мурина. Зоны гидравлического сопротивления.
P5	Гидродинамический пограничный слой	Обтекание тел потоком вязкой жидкости, ламинарный и турбулентный пограничные слои. Сопротивление шара в потоке. Формула Стокса. Толщина пограничного слоя. Явление отрыва. Сопротивление трения и сопротивление давления. Дифференциальные уравнения ламинарного пограничного слоя.
P6	Истечение жидкости из отверстий и насадков.	Классификация отверстий. Истечение через малые отверстия в тонкой стенке при постоянном напоре. Истечение при несовершенном сжатии. Истечение под уровень. Истечение через насадки при постоянном напоре. Истечение через отверстия и насадки при переменном напоре (опорожнение сосудов).
P7	Гидравлический расчет трубопроводов	Типы трубопроводов и их классификация. Уравнение равномерного движения жидкости и формула Шези. Расчет гидравлически длинных трубопроводов. Последовательное соединение трубопроводов. Параллельное соединение трубопроводов. Сложные трубопроводы. Расчет гидравлически коротких трубопроводов. Расчет сифонного трубопровода. Оптимальные скорости и диаметры при расчете трубопроводов. Трубопроводы с насосной подачей жидкости. Гидравлический удар.
P8	Одномерные течения газов	Уравнение Бернулли для адиабатического течения газов. Скорость распространения звука в газах. Число Маха. Параметры торможения. Критическая скорость. Уравнение Гюгонио. Истечение газа через сужающееся сопло. Сопло Лавалья. Сверхзвуковые течения. Скачки уплотнения. Свободная струя. Ограниченные струи. Взаимодействие струи с плоскостью. Струйное движение в камере.

2.1.1.4. Язык реализации программы

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.1.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»

Электронные ресурсы (издания)

1. Жуков, Н.П. Гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 ч. / Н.П. Жуков, Н.Ф. Майникова ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : ТГТУ, 2015. – Ч. 1. Гидравлика. – 141 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444914>
2. Кураев, А.А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях / А.А. Кураев, А.П. Шашкин – Новосибирск : НГТУ, 2018. – Ч. 1. Гидродинамика. – 122 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573832>
3. Кураев, А.А. Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие : в 2 частях / А.А. Кураев, А.П. Шашкин. – Новосибирск : НГТУ, 2018. – Ч. 2. Газодинамика. – 151 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574785>
4. Гроховский, Д.В. Основы гидравлики и гидропривод : учебное пособие [Электронный ресурс] / Д.В. Гроховский. - Санкт-Петербург : Политехника, 2012. - 239 с. : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=124242>.
5. Слабожанин, Г.Д. Гидравлика: практикум (на комплексе «Капелька») [Электронный ресурс] / Г.Д. Слабожанин. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. – 144 с. http://drop-let.ru/praktikum/po_obchey_gedravlike.pdf

Печатные издания

1. Кудинов, А. А. Гидрогазодинамика : учеб. пособие для вузов / А. А. Кудинов. - Москва : ИНФРА-М, 2012. - 336 с. – 5 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Электронно-библиотечная система «Университетская Библиотека Онлайн» <http://biblioclub.ru/>
2. Специализированной информационно-аналитический ресурс И-маш – www.i-Mash.ru
3. Информационно-поисковая система «Первый машиностроительный портал» - <http://www.1bm.ru>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - <http://window.edu.ru>
5. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ГИС «Энергоэффективность») - <http://gisee.ru>

Периодические издания

1. Гидравлика : Сетевой журнал - <http://hydrojournal.ru>
2. Известия Российской Академии наук. Механика жидкости и газа - <http://mzg.ipmnet.ru/ru/>
3. Известия Российской Академии наук. Энергетика - <https://sciencejournals.ru/journal/izen/>
4. Гидравлика-Пневматика-Приводы» (HPD) : Информационно-технический журнал <http://www.industri.ru/page.php?PageId=25>
5. Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика» <http://tepen.ru/>

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.

2.1.3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГИДРОГАЗОДИНАМИКА»

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п/п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект (переносного – если аудитория не оборудована стационарным оборудованием) проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект (переносного – если аудитория не оборудована стационарным оборудованием) проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
3	Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ № 401 Лаборатория мехатроники и автоматике	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами:	Не требуется

			<p>Стенд «Гидропривод и гидроавтоматика» (в комплекте исполнительные механизмы – гидроцилиндры, набор датчиков, набор распределителей, набор средств электро- и гидроуправления, набор устройств пропорциональной гидравлики) – 3 стенда</p> <p>Стенд «Пневмопривод и пневмоавтоматика» (в комплекте исполнительные механизмы – пневмоцилиндры, набор датчиков, набор распределителей, набор средств электро- и пневмоуправления) – 2 стенда</p> <p>Портативная лаборатория по гидравлике «Капелька» - 3 комплекта (по 4 устройства)</p>	
4	Консультации	Учебная аудитория для проведения консультаций	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная	Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет
5	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
6	Самостоятельная работа студентов	Учебная аудитория/ Помещения для самостоятельной работы обучающихся	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная.</p> <p>Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, устройства подключения к сети Интернет, доступ в электронную образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения</p>	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет

2.2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

2.2.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

2.2.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология с применением электронного обучения.

2.2.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине «Техническая термодинамика»

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ОПК-1. Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать результаты решения конкретных задач с целью построения более совершенных моделей; – использовать математический аппарат и информационные технологии при проведении расчетов. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определение параметров их работы, тепловой эффективности.
ОПК-2. Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках; <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – пользоваться справочными данными и информационными базами по характеристикам материалов и способам их обработки; – проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешности измерений.
ОПК 4. Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основные направления и перспективы развития теплоэнергетических систем; <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать, обрабатывать и систематизировать исходную научную и техническую информацию; – правильно оценивать результаты расчетов. <p><i>Владеть:</i></p>

ограничений	– проблематикой и применением нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.
ПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретические основы математического моделирования теплотехнических задач; – аналитические и численные методы решения основных задач термодинамики <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать, обрабатывать и систематизировать исходную научную и техническую информацию; – правильно оценивать результаты расчетов. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – способами расчета термодинамических процессов и функций состояния системы
ПК-4. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	<p>– <i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – способы передачи теплоты; – основные законы преобразования энергии; – качественные характеристики переноса теплоты <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – применять основные законы и уравнения термодинамики для выполнения технических расчетов; – уметь пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Навыками решения производственных задач, характеризующих протекание термодинамических процессов <p>навыками определения параметров работы сложных теплосиловых установок и их тепловой эффективности</p>

2.2.1.3. Содержание дисциплины «Техническая термодинамика»

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Введение. Основные понятия термодинамики	<p>Объект исследования, математический аппарат и задачи технической термодинамики. Основные способы получения энергии.</p> <p>Классификация термодинамических систем. Параметры состояния. Термодинамическое равновесие. Первый (основной) постулат термодинамики.</p> <p>Уравнение состояния. Пространство состояний.</p> <p>Понятие о термодинамическом процессе. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы.</p> <p>Циклы. Общий критерий обратимости термодинамических процессов.</p> <p>Определение и свойства внутренней энергии.</p> <p>Работа и внешняя работа. Работа цикла.</p> <p>Теплота. Энтропия как обобщенная координата. Теплота</p>

		<p>цикла.</p> <p>Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Уравнение состояния для смеси идеальных газов. Расчет термодинамических свойств идеальных газов по свойствам компонентов. Энтропия смеси идеальных газов.</p> <p>Полная и удельные теплоемкости. Факторы, влияющие на теплоемкость. Понятие о классической и квантовой теориях теплоемкости. Расчет количества теплоты при переменной теплоемкости (табличный и аналитический способы). Теплоемкость газовых смесей.</p>
P2	Основные законы термодинамики	<p>Формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики. Понятие о вечном двигателе первого рода.</p> <p>Энтальпия термодинамической системы и внешняя работа.</p> <p>Качественное различие между работой и теплотой. Принципиальная схема теплового двигателя. Различные формулировки второго закона термодинамики (Томсона, Клаузиуса, Гиббса). Понятие о вечном двигателе второго рода. Математическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов, принцип возрастания энтропии.</p> <p>Основы термодинамики необратимых процессов.</p> <p>Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста. Формулировка Планка.</p>
P3	Дифференциальные уравнения термодинамики	<p>Уравнения для первого закона термодинамики, внутренней энергии и энтальпии, энтропии и теплоемкости. Закон Джоуля. Формула Майера. Вычисление термодинамических функций.</p>
P4	Основные термодинамические процессы	<p>Уравнение политропного процесса и его анализ.</p> <p>Политропный процесс идеального газа. Адиабатный, изотермический, изобарный, изохорный процессы.</p> <p>Обобщающее значение политропного процесса.</p>
P5	Термодинамика потока	<p>Методы описания и основные законы для потока вещества. Уравнение баланса механической энергии. Скорость звука. Число Маха. Режимы течения.</p> <p>Принцип обращения воздействия. Сопло и диффузор. Принцип работы турбины. Типы сопел. Особенности воздействия трением.</p> <p>Термодинамика геометрического сопла. Режимы работы сопла. Истечение идеального и реальных газов из суживающегося и комбинированного сопла Лаваля.</p> <p>Адиабатическое торможение потока. Температура адиабатического торможения.</p> <p>Процесс дросселирования. Дифференциальный и интегральный эффект Джоуля-Томсона. Особенности дросселирования воды и водяного пара.</p>
P6	Термодинамика систем с переменным числом частиц	<p>Свободная энергия Гельмгольца. Изобарный потенциал Гиббса. Фундаментальное уравнение Гиббса для термодинамических потенциалов. Соотношения Максвелла.</p>

		<p>Процессы с переменным числом частиц</p> <p>Фундаментальное уравнение Гиббса для систем с переменным числом частиц. Химический потенциал и его свойства.</p> <p>Правило фаз Гиббса. Фазовая диаграмма $p-T$. Фазовые переходы первого рода. Условия фазового равновесия на примере системы «жидкость – пар». Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.</p>
P7	Реальные газы. Водяной пар и влажный воздух	<p>Термодинамические свойства воды и водяного пара. Анализ процессов в $p-V$, $T-S$, $h-S$ диаграммах. Уравнение состояния воды и перегретого пара. Расчет параметров влажного пара.</p> <p>Основные термодинамические процессы воды и водяного пара. Расчет процессов при помощи таблиц и диаграмм. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание. Термодинамические свойства, $h-d$ диаграмма и расчет процессов влажного воздуха.</p>
P8	Основы химической термодинамики	<p>Стехиометрия химических реакций. Первый закон термодинамики применительно к химическим реакциям. Теплоты химических превращений. Закон Гесса.</p> <p>Химическое равновесие, закон действующих масс. Константа равновесия. Химическое сродство. Скорости химических реакций.</p>
P9	Термодинамика циклов. Основные законы и понятия для циклов	<p>Прямые и обратные циклы. Первый и второй закон термодинамики для циклов тепловых двигателей. Термический КПД цикла. Выражение для термического КПД и его анализ.</p> <p>Цикл Карно. Теоремы Карно. Регенерация тепла. Обобщенный цикл Карно.</p>
P10	Газовые циклы	<p>Циклы двигателей внутреннего сгорания с изохорным, изобарным и смешанным подводом тепла и их сравнение. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Термодинамический анализ работы компрессора. Термический КПД идеального цикла ГТУ и способы его повышения.</p> <p>Циклы прямоточного турбореактивного и ракетного двигателей.</p>
P11	Циклы паротурбинных установок	<p>Цикл Карно в области влажного пара. Цикл Ренкина – цикл паротурбинной установки (ПТУ). Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла. Промежуточный перегрев пара, регенерация теплоты и теплофикация в циклах ПТУ.</p> <p>Термодинамический расчет с учетом потерь. КПД реальных циклов. Внутренний относительный и эффективный КПД.</p> <p>Особенности циклов АЭС.</p>
P12	Бинарные циклы	<p>Влияние свойств рабочего тела на КПД цикла Ренкина. Расчет бинарного цикла и парогазового циклов.</p>
P13	Обратные циклы. Циклы холодильных установок	<p>Обратный цикл Карно. Принципиальные схемы и расчет воздушной и парокомпрессорной холодильных установок. Рабочие тела парокомпрессорных холодильных установок.</p>

		Эжекторные и адсорбционные холодильные установки. схема, принцип действия и эффективность установок. Циклы тепловых насосов и трансформаторов тепла.
P14	Эксергия термодинамических систем	Определение эксергии. Эксергия тепла термодинамического процесса, неподвижного рабочего тела и вещества в потоке. Эксергетический анализ необратимых процессов. Учет необратимых потерь в циклах. Энергетический баланс цикла. Система КПД. Эксергетический баланс и эксергетический КПД цикла. Сравнение энергетического и эксергетического балансов и КПД.
P15	Нетрадиционные методы получения электрической энергии	Циклы прямого преобразования теплоты в электрическую энергию. Топливные элементы. Термоэлектрические и термомагнитные установки. Термоэлектронные преобразователи.

2.2.1.4. Язык реализации программы

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.2.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

Электронные ресурсы (издания)

1. Амирханов, Д.Г. Техническая термодинамика : учебное пособие / Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов ; ред. Е.И. Шевченко – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014. – 264 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428258>.
2. Зеленцов, Д.В. Техническая термодинамика : учебное пособие : / Д.В. Зеленцов. – Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – 140 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143845>.
3. Шаров, Ю.И. Техническая термодинамика : учебно-методическое пособие : / Ю.И. Шаров, О.К. Григорьева. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. – 40 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575627>.
4. Лифенцева, Л.В. Теплотехника : учебное пособие / Л.В. Лифенцева ; ред. Н.В. Шишкина. – 2-е, перераб. и доп. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2010. – 188 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141513>.

Печатные издания

1. Кудинов, Василий Александрович. Теплотехника : учебное пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк .— Москва : КУРС : Инфра-М, 2020 .— 422 с. – 5 экз.
2. Баскаков, А. П.. Техническая термодинамика : учеб. пособие / А. П. Баскаков, Е. Ю. Павлюк ; науч. ред. В. А. Мунц .— Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2010 .— 128 с. – 10 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Электронно-библиотечная система «Университетская Библиотека Онлайн»
<http://biblioclub.ru/>
2. Специализированной информационно-аналитический ресурс И-маш – www.i-Mash.ru
3. Информационно-поисковая система «Первый машиностроительный портал» -
<http://www.1bm.ru>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» -
<http://window.edu.ru>
5. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ГИС «Энергоэффективность») - <http://gisee.ru>

Периодические издания

1. Известия Российской Академии наук. Энергетика -
<https://sciencejournals.ru/journal/izen/>
2. Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика»
<http://tepen.ru/>
3. Научно-технический журнал «Тепловые процессы в технике» - <http://www.tptmai.ru>.
4. Промышленная энергетика - <http://www.promen.energy-journals.ru/index.php/PROMEN>

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.

2.2.3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п/п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект (переносного – если аудитория не оборудована стационарным оборудованием) проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office.

		занятий	место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект (переносного – если аудитория не оборудована стационарным оборудованием) проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
3	Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ № 322 Лаборатория общей и экспериментальной физики	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами: Установка для определения вязкости жидкости – 4 шт. Установка для определения молярной массы и плотности воздуха – 3 шт. Установка «Изучение вязкости воздуха». Установка «Определение отношения теплоемкостей воздуха»	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office.
4	Консультации	Учебная аудитория для проведения консультаций	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная	Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет
5	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
6	Самостоятельная работа студентов	Учебная аудитория/ Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, устройства подключения к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет

2.3. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАСООБМЕН»

2.3.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАСООБМЕН»

2.3.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология с применением электронного обучения.

2.3.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине «Тепломассообмен»

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
<p>ОПК-2. Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основы математического моделирования процессов тепломассообмена; – способы аналитического задания конвективных потоков теплоносителей. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – строить математические модели движения тепловых потоков; – составлять системы дифференциальных уравнений для описания процессов стационарной и нестационарной теплопроводности <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – аналитическими и численными методами расчета стационарных и нестационарных процессов теплопереноса; – методами и приемами теории подобия для расчета коэффициентов теплоотдачи
<p>ОПК 3. Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач, относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать результаты решения конкретных задач с целью построения более совершенных моделей; – использовать математический аппарат и информационные технологии при проведении расчетов; – пользоваться справочными данными и информационными базами по характеристикам материалов и способам их обработки. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – методами практического использования современных компьютеров для обработки информации и основами численных методов решения инженерных задач; – первичными навыками и основными средствами решения математических задач из общеинженерных и специальных дисциплин профилизации.

<p>ПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – законы и основные физико-математических модели переноса теплоты и массы применительно к энергетическим, теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать передаваемые тепловые потоки; – рассчитывать температурные поля (поля концентраций веществ) в потоках технологических жидкостей и газов, в элементах конструкций тепловых и теплотехнологических установок с целью интенсификации процессов теплообмена, обеспечения нормального температурного режима работы элементов оборудования и минимизации потерь теплоты. <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – основами расчета процессов теплообмена в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования.
<p>ПК-4. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – физические основы эксперимента и способы их реализации. <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – измерять основные параметры объекта с помощью типовых измерительных приборов, оценивать погрешности измерений; – проводить физические эксперименты, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий; – анализировать, обрабатывать и систематизировать исходную научную и техническую информацию. <p><i>Владеть:</i></p> <p>основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешности измерений.</p>
<p>ПК-5. Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок</p>	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – тепловые свойства конструкционных материалов; – закономерности передачи тепла в различных стенках и теплоносителях <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать температурное поле в веществе; – определять тепловые потоки и тепловые нагрузки в конструкциях <p><i>Владеть:</i></p> <p>способами определения термических сопротивлений материалов</p>

2.3.1.3. Содержание дисциплины «Теплообмен»

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Введение. Способы	Перенос теплоты теплопроводностью, конвекцией и

	переноса теплоты в пространстве	излучением. Процессы теплоотдачи и теплопередачи. Температурное поле. Закон Био-Фурье - основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Механизм переноса теплоты в газах, жидкостях и твердых телах. Дифференциальное уравнение теплопроводности для твердого тела. Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности.
P2	Теплопроводность при стационарном режиме	Передача теплоты через одно-и многослойные плоские стенки при граничных условиях первого рода. Передача теплоты через одно-и многослойные плоские стенки при граничных условиях третьего рода. Коэффициент теплопередачи. Передача теплоты через одно-и многослойные цилиндрические стенки при граничных условиях первого рода. Передача теплоты через одно-и многослойные цилиндрические стенки при граничных условиях третьего рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Критический диаметр тепловой изоляции.
P3	Интенсификация процесса теплопередачи	Способы интенсификации теплопередачи. Теплопередача через ребристую стенку (приближенный расчет). Распределение температуры по длине ребра. Тепловой поток, передаваемый с поверхности ребра. Уточненный расчет теплопередачи через ребристую стенку.
P4	Теплопроводность при нестационарном режиме	Виды нестационарных процессов. Теплопроводность тонкой пластины при граничных условиях третьего рода. Анализ полученного решения, частные случаи, Физический смысл безразмерных чисел Био и Фурье. Определение количества теплоты, отдаваемого или воспринимаемого телом в процессе нестационарной теплопроводности. Нагревание (охлаждение) тел конечных размеров. Регулярный тепловой режим
P5	Конвективный теплообмен	Виды движения жидкости. Режимы движения жидкости. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Физические свойства жидкости. Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена. Приведение дифференциальных уравнений конвективного теплообмена к безразмерному виду. Безразмерные числа Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа, Пекле. Их физический смысл. Определяющий геометрический размер и определяющая температура. Теоремы подобия. Определение границ ламинарного и турбулентного пограничных слоев. Интегральное уравнение теплового потока. Расчет теплоотдачи при турбулентном пограничном слое на основе гидродинамической теории теплообмена. Особенности течения и теплообмена в трубах. Ламинарный и турбулентный режим. Тепловая и гидродинамическая стабилизация. Вязкостный и вязкостно-гравитационный режим течения. Расчетные уравнения. Особенности теплоотдачи при течении жидкости в трубах некруглого сечения.

		<p>Картина обтекания одиночной трубы набегающим потоком жидкости. Изменение локального коэффициента теплоотдачи по периметру трубы. Расчет среднего коэффициента теплоотдачи. Картина обтекания пучка труб. Режимы движения жидкости в пучке труб. Расчетные формулы для определения среднего коэффициента теплоотдачи для труб, начиная с третьего ряда. Расчет среднего коэффициента теплоотдачи для всего пучка труб.</p> <p>Расчет теплоотдачи при свободном ламинарном и турбулентном движении жидкости вдоль вертикальной стенки в неограниченном пространстве. Теплоотдача при движении жидкости вблизи горизонтально расположенной трубы. Методика расчета теплоотдачи при свободном движении жидкости в ограниченном пространстве.</p>
P6	Теплообмен при фазовых превращениях	<p>Пленочная и капельная конденсация. Теплоотдача при конденсации сухого насыщенного пара на вертикальной поверхности при ламинарном режиме течения пленки конденсата. Теплоотдача при конденсации пара на горизонтальной трубе и пучках труб. Факторы, влияющие на теплообмен при конденсации</p> <p>Режимы кипения. Условия, необходимые для возникновения процесса кипения. Влияние перегрева жидкости на величину коэффициента теплоотдачи. Расчетные формулы коэффициента теплоотдачи при пузырьковом режиме кипения.</p>
P7	Теплообмен излучением	<p>Особенности излучения и поглощения энергии твердыми, жидкими и газообразными средами. Виды тепловых потоков. Разновидности полусферического излучения. Связь эффективного и результирующего излучения. Законы теплового излучения.</p> <p>Теплообмен излучением в замкнутой системе, состоящей из двух серых тел. Приведенная степень черноты. Средний угловой коэффициент излучения. Частные случаи. Сложный теплообмен.</p>
P8	Теплообменные аппараты	<p>Виды теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей. Основные положения теплового расчета. Уравнение теплового баланса. Уравнение теплопередачи. Среднеинтегральный температурный напор. Сравнение прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей</p>
P9	Массообмен	<p>Массовая и молярная концентрация вещества. Градиент концентрации. Закон Фика. Коэффициент диффузии. Запись закона Фика через парциальное давление. Вычисление плотности потока массы. Диффузионный пограничный слой. Уравнение массоотдачи. Аналогия между процессами тепло- и массообмена. Безразмерные числа Шервуда и Шмидта. Определение коэффициента массоотдачи.</p>

2.3.1.4. Язык реализации программы

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации.

2.3.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАСООБМЕН»

Электронные ресурсы (издания)

1. Лифенцева, Л.В. Теплотехника : учебное пособие / Л.В. Лифенцева ; ред. Н.В. Шишкина. – 2-е, перераб. и доп. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2010. – 188 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141513>.
2. Шаров, Ю.И. Тепломассообмен : учебное пособие : / Ю.И. Шаров, О.К. Григорьева. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 164 с.– URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576520>.
3. Митропов, В.В. Основы теории массообмена : учебно-методическое пособие : [16+] / В.В. Митропов, О.Б. Цветков. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2019. – 126 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566778>.
4. Стоянов, Н.И. Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и тепломассообмен / Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2014. – 225 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457750>.
5. Видин, Ю.В. Теоретические основы теплотехники: тепломассообмен / Ю.В. Видин, Р.В. Казаков, В.В. Колосов. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2015. – 370 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497752>.

Печатные издания

1. Кудинов, Василий Александрович. Теплотехника : учебное пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк .— Москва : КУРС : Инфра-М, 2020 .— 422 с. – 5 экз.

Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Электронно-библиотечная система «Университетская Библиотека Онлайн» <http://biblioclub.ru/>
2. Специализированной информационно-аналитический ресурс И-маш – www.i-Mash.ru
3. Информационно-поисковая система «Первый машиностроительный портал» - <http://www.1bm.ru>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - <http://window.edu.ru>
5. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ГИС «Энергоэффективность») - <http://gisee.ru>

Периодические издания

1. Известия Российской Академии наук. Энергетика - <https://sciencejournals.ru/journal/izen/>
2. Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика» <http://tepen.ru/>
3. Научно-технический журнал «Тепловые процессы в технике» - <http://www.tptmai.ru>.
4. Промышленная энергетика - <http://www.promen.energy-journals.ru/index.php/PROMEN>

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.

2.3.3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕПЛОМАСООБМЕН»

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

№ п/п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект (переносного – если аудитория не оборудована стационарным оборудованием) проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
2	Практические занятия	Учебная аудитория для проведения практических занятий	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект (переносного – если аудитория не оборудована стационарным оборудованием) проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
3	Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ № 031 Лаборатория теплотехники	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами:	Не требуется

			Лабораторная установка «Стационарная теплопроводность», Лабораторная установка «Нестационарный теплообмен», Лабораторная установка «Нагрев термически тонких тел», Лабораторная установка «Теплопередача нагревательного прибора»	
4	Консультации	Учебная аудитория для проведения консультаций	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная	Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет
5	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Система управления учебным контентом и обучением LCMS Moodle
6	Самостоятельная работа студентов	Учебная аудитория/ Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: персональные компьютеры, периферийные устройства, устройства подключения к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду НТИ (филиала) УрФУ, комплект лицензионного программного обеспечения	Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office. Договор на предоставление постоянного доступа к сети Интернет