

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 09.03.03 Прикладная информатика

Наименование образовательной программы: Информационные технологии в теплоэнергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Заочная

Рабочая программа дисциплины
ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.05.02
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4; 8 семестр - 4; всего - 8
Часов (всего) по учебному плану:	288 часа
Лекции	7 семестр - 8 часов; 8 семестр - 8 часов; всего - 16 часов
Практические занятия	7 семестр - 4 часа; 8 семестр - 4 часа; всего - 8 часов
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	7 семестр - 2 часа; 8 семестр - 2 часа; всего - 4 часа
Самостоятельная работа	7 семестр - 128,5 часа; 8 семестр - 128,5 часа; всего - 257,0 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	7 семестр - 1,2 часа; 8 семестр - 1,2 часа; всего - 2,4 часа
включая: Тестирование Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,3 часа;
Экзамен	8 семестр - 0,3 часа;
	всего - 0,6 часа

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Джураева Е.В.
	Идентификатор	R930396c8-DzhuraevaEV-8c9904a

Е.В. Джураева

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербатов И.А.
	Идентификатор	R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17

И.А. Щербатов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основных законов термодинамики и термодинамических методов анализа применительно к техническому оборудованию и системам производства, передачи и трансформации теплоты в теплосиловых установках.

Задачи дисциплины

- освоение основных законов термодинамики, методов их применения для расчета и анализа процессов в техническом оборудовании и системах производства, передачи и трансформации теплоты в теплосиловых установках;
- овладение методами получения информации о термических и калорических свойствах веществ, применяемых в качестве теплоносителей и рабочих тел в теплосиловых установках;
- обучение методам термодинамического анализа процессов и циклов теплосиловых установок.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИД-3 _{ОПК-1} Выполняет теоретические и экспериментальные исследования объектов профессиональной деятельности	знать: - методы расчета процессов идеального газа. уметь: - рассчитывать термодинамические процессы реального газа (воды и водяного пара).
ВК/ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИД-5 _{ВК/ОПК-3} Демонстрирует понимание физических явлений и умеет применять физические законы механики, молекулярной физики, термодинамики, электричества и магнетизма для решения типовых задач	знать: - методы расчета термодинамических свойств и процессов идеального газа. уметь: - рассчитывать термодинамические циклы газотурбинных установок.
ВК/ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-2 _{ВК/ОПК-4} Демонстрирует понимание основ термодинамики, основных законов термодинамики и применяет их для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей	знать: - основные законы термодинамики и условия их применения. уметь: - рассчитывать термодинамические циклы ТЭЦ и АЭС; - рассчитывать термодинамические циклы ПТУ; - рассчитывать термодинамические циклы парогазовых установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Информационные технологии в теплоэнергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы дифференциального и интегрального исчисления функций одной и нескольких переменных

- знать причинно-следственные связи между объектами и явлениями природы, основанные на физических методах исследования

- знать раздел Физики (общей) "Молекулярная физика"

- уметь использовать основные понятия, законы и модели физики при решении инженерных задач

- уметь дифференцировать и интегрировать функции, решать дифференциальные уравнения

- уметь рассчитывать значения величин в единицах Международной системы измерений

- уметь использовать пакеты прикладных программ MS Office, MathCAD и прочие современные компьютерные программы для решения инженерных задач

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа						СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основные понятия и законы термодинамики	25.65	7	2.5	-	1.25	-	0.6	-	0.30	-	21.0	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основные понятия и законы термодинамики"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия и законы термодинамики"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 67-72 [3], 20-25,50</p>
1.1	Основные понятия	13.55		1.5	-	1	-	0.4	-	0.15	-	10.5	-	
1.2	Первый закон термодинамики	12.10		1	-	0.25	-	0.2	-	0.15	-	10.5	-	
2	Свойства и процессы идеального газа	32.35	7	2	-	0.50	-	0.5	-	0.35	-	29.0	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Свойства и процессы идеального газа"</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Свойства и процессы идеального газа" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Примеры вариантов домашних заданий:</p>
2.1	Термодинамические свойства идеального газа	14.10		1	-	0.25	-	0.2	-	0.15	-	12.5	-	
2.2	Термодинамические процессы идеального газа	18.25		1	-	0.25	-	0.3	-	0.2	-	16.5	-	

													цикла ГТУ и представить их в табличной форме. Считать, что для газа $s = 0$ при $T_0 = 273,15$ К и $p_0 = 0,1$ МПа. 2. Мощность газовой турбины, компрессора, ГТУ, количество подведенной теплоты Q_1 , теплоты Q_2 , отведенной с уходящими газами. 3. Термический и внутренний КПД ГТУ. Сравнить термический КПД ГТУ с термическим КПД цикла Карно. Изобразить принципиальную схему установки, цикл ГТУ а T,s-диаграмме. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 45-50,136,382-384 [4], 5-9 [5], 214-219,299
3	Второй закон термодинамики	29.05	2.0	-	1.25	-	0.4	-	0.4	-	25.0	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Второй закон термодинамики" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 20-28 [3], 49-107
3.1	Второй закон термодинамики	14.9	1	-	1	-	0.2	-	0.2	-	12.5	-	
3.2	hs-, Ts- диаграмма. Вторая теорема Карно. Необратимость.	0.5	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3.3	Эксергетический анализ термодинамических систем	13.65	0.5	-	0.25	-	0.2	-	0.2	-	12.5	-	
4	Свойства и процессы реального газа	20.95	1.5	-	1.0	-	0.5	-	0.15	-	17.8	-	
4.1	Свойства реальных газов	10.55	1	-	0.5	-	0.2	-	0.05	-	8.8	-	
4.2	Процессы с реальными газами	10.4	0.5	-	0.5	-	0.3	-	0.1	-	9	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Свойства и процессы реального газа" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Примеры вариантов домашних заданий: Вариант 1. Водяной пар расширяется в

														среду в конденсаторе. 3. Термический и внутренний КПД ПТУ. Сравнить термический КПД ПТУ с термическим КПД цикла Карно. 4. Изобразить принципиальную схему установки, цикл ПТУ в T,s-диаграмме. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [4], 23-32
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7		
	Всего за семестр	144.00		8.0	-	4.0 0	-	2.0	-	1.20	0.3	92.8	35.7	
	Итого за семестр	144.00		8.0	-	4.0 0	2.0		1.20	0.3		128.5		
5	Термодинамические циклы паротурбинных установок	39.60	8	3.0	-	1.7	-	0.7	-	0.40	-	33.8	-	<u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Термодинамические циклы теплоэнергетических установок" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. Примеры заданий: Определить термический и внутренний КПД цикла ПТУ. Начальные параметры пара: давление $p_1 = 10,0$ МПа; температура $t_1 = 520^\circ\text{C}$; давление в конденсаторе $p_2 = 5$ кПа; внутренние относительные КПД турбины и насоса $\eta_{oi}=0,85$; $\eta_{oi}=0,71$. Определить мощности турбины, насоса и всей установки, если расход пара – 640 т/ч, и влажность пара в конце расширения в турбине. Рассчитать удельный расход условного топлива при известных КПД: котла $\eta_k = 0,9$, паропровода $\eta_{пп} = 0,98$ и электрогенератора $\eta_g = 0,97$. Представить схему установки и T,s-диаграмму цикла.
5.1	Циклы паротурбинных установок (ПТУ)	14.75		1.5	-	1	-	0.3	-	0.15	-	11.8	-	
5.2	ПТУ с промежуточным перегревом пара	12.15		0.5	-	0.3	-	0.2	-	0.15	-	11	-	
5.3	ПТУ с регенерацией	12.7		1	-	0.4	-	0.2	-	0.1	-	11	-	

													<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термодинамические циклы паротурбинных установок"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамические циклы паротурбинных установок"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 73-110 [5], 296,298-302</p>
6	Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций	27.4	2	-	0.7	-	0.5	-	0.2	-	24	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 103-110</p>
6.1	ТЭЦ	13.7	1	-	0.3	-	0.3	-	0.1	-	12	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций"</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 103-110</p>
6.2	АЭС	13.7	1	-	0.4	-	0.2	-	0.1	-	12	-	
7	Термодинамические циклы газотурбинных установок	25.4	2	-	0.7	-	0.4	-	0.3	-	22	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термодинамические циклы газотурбинных установок"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Термодинамические циклы газотурбинных установок". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p>
7.1	Компрессоры	12.6	1	-	0.3	-	0.2	-	0.1	-	11	-	
7.2	ГТУ	12.8	1	-	0.4	-	0.2	-	0.2	-	11	-	

														<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 111-127 [5], 185-187,201
8	Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором	15.6	1.0	-	0.9	-	0.4	-	0.3	-	13	-	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором"
8.1	Достоинства и недостатки ПТУ и ГТУ	0.4	0.2	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором"
8.2	ПГУ	15.2	0.8	-	0.7	-	0.4	-	0.3	-	13	-	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используется следующее (пример): Рассчитать термодинамический цикл одноконтурной парогазовой установки (ПГУ) с котлом-утилизатором, используя ранее полученные данные о параметрах ГТУ и ПТУ. Известно также, что минимальная разность температур между газом и кипящей водой в котле-утилизаторе (КУ) составляет 10 С. Определить следующее: 1. Расход пара в паротурбинном контуре, мощность паровой турбины, насоса, ПТУ. 2. Мощность ПГУ, количество теплоты Q2, отведенной через конденсатор в окружающую среду, теплоты Qку, переданной в КУ за единицу времени. 3. Внутренний КПД ПГУ и котла-утилизатора. Сравнить внутренний КПД ПГУ с термическим КПД цикла Карно. 4.

													Изобразить принципиальную схему установки, цикл ПГУ в T,s-диаграмме и процессы, совершаемые газом и водяным паром в котле-утилизаторе, в T,Q-диаграмме. 5. Оформить расчетное задание полностью. <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 128-133
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	35.7	
	Всего за семестр	144.00		8.0	-	4.0	-	2.0	-	1.20	0.3	92.8	35.7
	Итого за семестр	144.00		8.0	-	4.0	2.0		1.20	0.3		128.5	
	ИТОГО	288.00	-	16.0	-	8.0 0	4.0		2.40	0.6		257.0	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основные понятия и законы термодинамики

1.1. Основные понятия

Термодинамическая система и окружающая среда. Функции состояния и функции процесса. Равновесные и неравновесные состояния и процессы.

1.2. Первый закон термодинамики

Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии.. Теплота и работа - формы передачи энергии. Работа расширения и техническая работа. Внутренняя энергия и энтальпия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Уравнение первого закона термодинамики для неравновесных процессов. Уравнение первого закона термодинамики для стационарного одномерного потока.

2. Свойства и процессы идеального газа

2.1. Термодинамические свойства идеального газа

Уравнение состояния идеального газа (Клапейрона - Менделеева).. Калорические свойства идеального газа.. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеальных газов.. Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры.. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа.. Таблицы термодинамических свойств идеальных газов..

2.2. Термодинамические процессы идеального газа

Изобарный процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты и работы расширения по таблицам, изображение процесса в диаграммах.. Изохорный процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты и работы расширения по таблицам, изображение процесса в диаграммах. Изотермический процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты и работы расширения по таблицам, изображение процесса в диаграммах. Адиабатный (идеальный и реальный) процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты, работы расширения и технической работы (неохлаждаемый компрессор и газовая турбина) по таблицам, изображение процесса в диаграммах. Политропный процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты, работы расширения и технической работы по таблицам, изображение процесса в диаграммах.

3. Второй закон термодинамики

3.1. Второй закон термодинамики

Обратимые и необратимые процессы. Основные причины необратимости процессов. Формулировки второго закона термодинамики и связь между ними. Термодинамические циклы. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Цикл Карно и его КПД. Коэффициенты трансформации теплоты цикла холодильной машины. Обратный цикл Карно. Энтропия. T,s-диаграмма. Термодинамические циклы в T,s-диаграмме. Формулировки и аналитические выражения второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов.

3.2. hs-, Ts- диаграмма. Вторая теорема Карно. Необратимость.

hs-, Ts- диаграмма. Вторая теорема Карно. Доказательство теоремы. Необратимость. Энтропия необратимости..

3.3. Эксергетический анализ термодинамических систем

Эксергия теплоты. Эксергия потока вещества. Уравнение Гюи - Стодола. Эксергетический КПД.

4. Свойства и процессы реального газа

4.1. Свойства реальных газов

Отличия свойств реальных газов от идеальных. Фаза и фазовый переход. Тройная точка, критическая точка вещества. Фазовые диаграммы реального газа (p, V -, p, T -, T, s -, h, s -). Вода и водяной пар. Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Сверхкритическая область состояния пара. T, s - и h, s - диаграммы водяного пара. Термические уравнения состояния реального газа: Уравнение Ван-дер-Ваальса.

4.2. Процессы с реальными газами

Расчет теплоты и работы расширения в изобарном процессе. Изображение процесса в диаграммах. Расчет теплоты и работы расширения в изохорном процессе. Изображение процесса в диаграммах. Расчет теплоты и работы расширения в изотермическом процессе. Изображение процесса в диаграммах. Расчет теплоты, работы расширения и технической работы в адиабатном (реальном и идеальном) процессе. Изображение процесса в диаграммах. Адиабатное дросселирование. Расчет процесса. Коэффициент Джоуля-Томсона. Точки и кривая инверсии. Сравнение эффектов охлаждения при изоэнтропном расширении и адиабатном дросселировании.

5. Термодинамические циклы паротурбинных установок

5.1. Циклы паротурбинных установок (ПТУ)

Принципиальная схема ПТУ. Цикл в p, v - и T, s - диаграммах.. Термический КПД цикла ПТУ. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла.. Необратимое расширение пара в турбине и сжатие воды в насосе. Действительный КПД цикла ПТУ..

5.2. ПТУ с промежуточным перегревом пара

Цикл и схема ПТУ с промежуточным перегревом пара.. Цикл в T, s - и h, s - диаграммах. КПД цикла..

5.3. ПТУ с регенерацией

Регенеративный подогрев питательной воды в циклах ПТУ. Схема регенеративного подогрева с отбором пара.. Термический КПД, зависимость его от числа подогревателей и температуры питательной воды..

6. Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций

6.1. ТЭЦ

Критерии оценки эффективности циклов ПТУ-ТЭЦ; коэффициент использования теплоты (топлива), отопительный коэффициент, эксергетический КПД.. Принципиальная схема и циклы в T, s - диаграмме для ТЭЦ с турбиной типа Р (турбина с противодавлением).. Принципиальная схема и циклы в T, s - диаграмме для ТЭЦ с турбиной типа Т (турбина с отборами пара из турбины)..

6.2. АЭС

Принципиальная схема и цикл ПТУ с одним промежуточным сепаратором пара..
Принципиальная схема и цикл в Ts-диаграмме, процессы в hs - диаграмме..
Принципиальная схема и цикл ПТУ с сепарацией и перегревом пара..
Принципиальная схема и цикл в Ts-диаграмме, процессы в hs - диаграмме..

7. Термодинамические циклы газотурбинных установок

7.1. Компрессоры

Компрессоры охлаждаемые и неохлаждаемые.. Влияние параметров газа на КПД цикла..

7.2. ГТУ

Принципиальная схема и цикл простой ГТУ, изображение цикла в Ts-диаграмме..
Принципиальная схема и цикл ГТУ с регенерацией, изображение цикла в Ts-диаграмме..
Удельная работа, подведенная и отведенная теплота, внутренний КПД цикла..

8. Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором

8.1. Достоинства и недостатки ПТУ и ГТУ

Достоинства и недостатки ПТУ. Достоинства и недостатки ГТУ.

8.2. ПГУ

Бинарный цикл. Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором. Ts - диаграмма ПГУ. Мощность ПГУ, КПД цикла.

3.3. Темы практических занятий

1. Термодинамический цикл газотурбинной установки с регенерацией
;
2. Уравнение Клапейрона - Менделеева;
3. 1 закон термодинамики;
4. Процессы с идеальными газами;
5. 2 закон термодинамики;
6. Цикл ПТУ с регенерацией;;
7. Цикл АЭС;;
8. Цикл ПТУ;;
9. Теплофикационные циклы;;
10. Процессы с водой и водяным паром: изобарный и изохорный.;
11. Термодинамический цикл парогазовой установки;
12. Определение параметров воды и водяного пара;
13. Процессы с водой и водяным паром: изотермический, адиабатный, поток вещества.;
14. Термодинамический цикл простой газотурбинной установки.;

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по темам раздела "Основные понятия и законы термодинамики"

2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Свойства и процессы идеального газа". Разбор сложных моментов, вызывающих трудности при решении задач.
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Свойства и процессы реального газа". Разбор сложных моментов, вызывающих трудности при решении задач.
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамические циклы паротурбинных установок"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамические циклы газотурбинных установок"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Знать:										
методы расчета процессов идеального газа	ИД-3 _{ОПК-1}	+								Тестирование/Процессы с идеальными газами. p, v, T - процессы
методы расчета термодинамических свойств и процессов идеального газа	ИД-5 _{ВК/ОПК-3}		+							Тестирование/Процессы с идеальными газами. s, p, поток вещества
основные законы термодинамики и условия их применения	ИД-2 _{ВК/ОПК-4}			+						Контрольная работа/Термодинамические процессы с водой и водяным паром. T, s - процессы
Уметь:										
рассчитывать термодинамические процессы реального газа (воды и водяного пара)	ИД-3 _{ОПК-1}				+					Контрольная работа/Термодинамические процессы с водой и водяным паром. v, p - процессы (Контрольная работа)
рассчитывать термодинамические циклы газотурбинных установок	ИД-5 _{ВК/ОПК-3}							+		Контрольная работа/Расчет термодинамического цикла газотурбинной установки
рассчитывать термодинамические циклы парогазовых установок	ИД-2 _{ВК/ОПК-4}								+	Контрольная работа/Расчет термодинамического цикла парогазовой установки
рассчитывать термодинамические циклы ПТУ	ИД-2 _{ВК/ОПК-4}					+				Тестирование/Расчет термодинамических циклов паротурбинной установки
рассчитывать термодинамические циклы ТЭЦ и АЭС	ИД-2 _{ВК/ОПК-4}						+			Контрольная работа/Расчет термодинамического цикла АЭС и ТЭЦ

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Процессы с идеальными газами. p, v, T - процессы (Тестирование)
2. Процессы с идеальными газами. s, p , поток вещества (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Термодинамические процессы с водой и водяным паром. T, s - процессы (Контрольная работа)
2. Термодинамические процессы с водой и водяным паром. v, p - процессы (Контрольная работа) (Контрольная работа)

8 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Расчет термодинамических циклов паротурбинной установки (Тестирование)

Форма реализации: Письменная работа

1. Расчет термодинамического цикла АЭС и ТЭЦ (Контрольная работа)
2. Расчет термодинамического цикла газотурбинной установки (Контрольная работа)
3. Расчет термодинамического цикла парогазовой установки (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

Экзамен (Семестр №8)

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник : Рек. Гос. службой стандартных справочных данных ГСССД Р-776-98 / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. – М. : Изд-во МЭИ, 2003. – 168 с. – К 100-летию со дня рождения М.П. Вукаловича. – ISBN 5-7046-0397-1.;
2. Александров, А. А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок : учебное пособие для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. А. Александров. – 2-е изд., стереот. – М. : Издательский дом МЭИ, 2006. – 158 с. – ISBN 5-903072-60-7.;

3. Кириллин В.А. , Сычев В.В. , Шейндлин А.Е. - "Техническая термодинамика", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (496 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72305;
4. Ривкин, С. Л. Термодинамические свойства газов / С. Л. Ривкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1964. – 294 с.;
5. Цирельман Н. М.- "Техническая термодинамика", (2-е изд., доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (352 с.)
<https://e.lanbook.com/book/107965>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
6. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
7. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
8. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
9. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
10. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-417/6, Белая мультимедийная студия	стол компьютерный, доска интерактивная, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	Ж-417/7, Световая черная студия	стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, микрофон, мультимедийный проектор, экран, оборудование специализированное, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер,

		кондиционер, стенд информационный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-417/1, Компьютерный класс ИДДО	стол преподавателя, стол компьютерный, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная передвижная, компьютер персональный, принтер, кондиционер, стенд информационный
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Лекционная аудитория	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Ж-200б, Конференц-зал ИДДО	стол, стул, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Ж-417 /2а, Помещение для инвентаря	стеллаж для хранения инвентаря, экран, указка, архивные документы, дипломные и курсовые работы студентов, канцелярский принадлежности, спортивный инвентарь, хозяйственный инвентарь, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Техническая термодинамика

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Процессы с идеальными газами. p, v, T - процессы (Тестирование)
 КМ-2 Процессы с идеальными газами. s, n , поток вещества (Тестирование)
 КМ-3 Термодинамические процессы с водой и водяным паром. T, s - процессы (Контрольная работа)
 КМ-4 Термодинамические процессы с водой и водяным паром. v, p - процессы (Контрольная работа) (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Основные понятия и законы термодинамики					
1.1	Основные понятия		+			
1.2	Первый закон термодинамики		+			
2	Свойства и процессы идеального газа					
2.1	Термодинамические свойства идеального газа			+		
2.2	Термодинамические процессы идеального газа			+		
3	Второй закон термодинамики					
3.1	Второй закон термодинамики				+	
3.2	hs -, Ts - диаграмма. Вторая теорема Карно. Необратимость.				+	
3.3	Эксергетический анализ термодинамических систем				+	
4	Свойства и процессы реального газа					
4.1	Свойства реальных газов					+
4.2	Процессы с реальными газами					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-5 Расчет термодинамических циклов паротурбинной установки (Тестирование)

КМ-6 Расчет термодинамического цикла АЭС и ТЭЦ (Контрольная работа)

КМ-7 Расчет термодинамического цикла газотурбинной установки (Контрольная работа)

КМ-8 Расчет термодинамического цикла парогазовой установки (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Термодинамические циклы паротурбинных установок					
1.1	Циклы паротурбинных установок (ПТУ)		+			
1.2	ПТУ с промежуточным перегревом пара		+			
1.3	ПТУ с регенерацией		+			
2	Теплофикационные циклы и циклы атомных электростанций					
2.1	ТЭЦ			+		
2.2	АЭС			+		
3	Термодинамические циклы газотурбинных установок					
3.1	Компрессоры				+	
3.2	ГТУ				+	
4	Термодинамический цикл парогазовой установки с котлом - утилизатором					
4.1	Достоинства и недостатки ПТУ и ГТУ					+
4.2	ПГУ					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25