

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины
ТЕРМОДИНАМИКА**

| | |
|--|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.03 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 5; 6 семестр - 5; всего - 10 |
| Часов (всего) по учебному плану: | 360 часов |
| Лекции | 5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 60 часов |
| Практические занятия | 5 семестр - 48 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 76 часа |
| Лабораторные работы | 6 семестр - 14 часов; |
| Консультации | 5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 97,5 часа; 6 семестр - 107,5 часов; всего - 205,0 часов |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Контрольная работа Расчетно-графическая работа Лабораторная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 5 семестр - 0,5 часа; |
| Экзамен | 6 семестр - 0,5 часа; всего - 1,0 час |

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|---|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Герасимов Д.Н. |
| | Идентификатор | Ra5495398-GerasimovDN-6b58615 |

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-----------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Яньков Г.Г. |
| | Идентификатор | Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc |

(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|--|---|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Герасимов Д.Н. |
| | Идентификатор | Ra5495398-GerasimovDN-6b58615 |

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение основ общей (феноменологической) и технической термодинамики, изучение и анализ теплосиловых и холодильных установок.

Задачи дисциплины

- Изучение основных термодинамических законов.;
- Овладение физическим и математическим аппаратом термодинамики.;
- Овладение методами расчета и анализа теплосиловых и холодильных 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 |
|--|---|---|
| ПК-3 Способен проводить расчеты теплофизических характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования | ИД-2 _{ПК-3} Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании | знать: - основные термодинамические законы; - математический аппарат термодинамики; - уравнения, связывающие свойства веществ в различных агрегатных состояниях; - основы физики фазовых превращений. уметь: - проводить теплофизический эксперимент с регистрацией P, V, T зависимости; - определять теплофизические свойства веществ расчетно-экспериментальными методами. |
| ПК-3 Способен проводить расчеты теплофизических характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования | ИД-3 _{ПК-3} Демонстрирует знание типов современного энергетического оборудования и понимание принципов его работы | знать: - основные типы тепловых машин и холодильных установок и методы анализа их работы; - основные термодинамические процессы в тепловых машинах. уметь: - рассчитывать параметры тепловых машин и холодильных установок. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 10 зачетных единиц, 360 часов.

| № 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 | Термодинамические законы | 62 | 5 | 12 | - | 18 | - | - | - | - | - | 32 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термодинамические законы"</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</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 "Термодинамические законы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Термодинамические законы и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Термодинамические законы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение</p> |
| 1.1 | Термодинамические законы | 62 | | 12 | - | 18 | - | - | - | - | - | - | 32 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------------------------------|----|---|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | <p>дополнительного материала по разделу "Термодинамические законы"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Термодинамические законы". 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> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 36-99 [3], 1-88</p> |
| 2 | Термодинамические потенциалы | 32 | 8 | - | 12 | - | - | - | - | - | 12 | - | <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Термодинамические потенциалы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термодинамические потенциалы"</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Термодинамические потенциалы и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Термодинамические потенциалы"</p> |
| 2.1 | Термодинамические потенциалы | 32 | 8 | - | 12 | - | - | - | - | - | 12 | - | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------------------|----|---|---|----|---|---|---|---|---|---|----|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамические потенциалы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 101-136 | |
| 3 | Термодинамические процессы | 36 | 8 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 14 | - | <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термодинамические процессы" |
| 3.1 | Термодинамические процессы | 36 | 8 | - | 14 | - | - | - | - | - | - | 14 | - | <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Термодинамические процессы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Термодинамические процессы и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Термодинамические процессы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Термодинамические процессы". Студенты необходимо повторить |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | | теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамические процессы" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 178-220 |
| 4 | Термодинамические системы | 14 | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Термодинамические системы" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях | |
| 4.1 | Термодинамические системы | 14 | 4 | - | 4 | - | - | - | - | - | 6 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Термодинамические системы" <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Термодинамические системы и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Термодинамические системы" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Термодинамические системы" | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|-------|---|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|------|---|
| | | | | | | | | | | | | | | <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 233-255 |
| | Экзамен | 36.0 | | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 180.0 | | 32 | - | 48 | - | 2 | - | - | 0.5 | 64 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 180.0 | | 32 | - | 48 | | 2 | | - | 0.5 | | 97.5 | |
| 5 | Основы физико-технического описания тепловых машин | 34 | 6 | 6 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 20 | - | <u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Основы физико-технического описания тепловых машин" материалу. |
| 5.1 | Основы физико-технического описания тепловых машин | 34 | | 6 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | 20 | - | <u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы <u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Основы физико-технического описания тепловых машин" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Основы физико-технического описания тепловых машин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|----|---|---|---|---|---|---|----|---|--|
| | | | | | | | | | | | | | <p>дополнительного материала по разделу "Основы физико-технического описания тепловых машин"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Основы физико-технического описания тепловых машин". 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> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы физико-технического описания тепловых машин"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 233-276</p> |
| 6 | Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин | 42 | 6 | 10 | 6 | - | - | - | - | - | 20 | - | <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и</p> |
| 6.1 | Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин | 42 | 6 | 10 | 6 | - | - | - | - | - | 20 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин"</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и</p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|----|---|----|---|---|---|---|---|----|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | <p>подготовка к защите лаб. работы</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 "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 134-185</p> |
| 7 | Циклы силовых машин и холодильных установок | 68 | 16 | - | 18 | - | - | - | - | - | 34 | - | <p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Циклы силовых машин и холодильных установок"</p> |
| 7.1 | Циклы силовых машин и холодильных установок | 68 | 16 | - | 18 | - | - | - | - | - | 34 | - | <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Циклы силовых машин и холодильных установок" материалу.</p> <p><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка домашнего задания:</u> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание</p> |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--------------|----|-----------|-----------|-----------|----------|---|---|------------|----|--------------|---|
| | | | | | | | | | | | | | выдается студентам по изученному в разделе "Циклы силовых машин и холодильных установок" материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Циклы силовых машин и холодильных установок" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Циклы силовых машин и холодильных 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: <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Циклы силовых машин и холодильных установок" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 276-398 |
| | Экзамен | 36.0 | - | - | - | - | 2 | - | - | 0.5 | - | 33.5 | |
| | Всего за семестр | 180.0 | 28 | 14 | 28 | - | 2 | - | - | 0.5 | 74 | 33.5 | |
| | Итого за семестр | 180.0 | 28 | 14 | 28 | | 2 | - | | 0.5 | | 107.5 | |
| | ИТОГО | 360.0 | - | 60 | 14 | 76 | 4 | - | - | 1.0 | | 205.0 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Термодинамические законы

1.1. Термодинамические законы

Основные постулаты термодинамики. Внешние и внутренние параметры; термодинамические системы и процессы. Теплота, работа и энергия. Уравнения состояния веществ. Идеальный газ и газ Ван дер Ваальса. Термодинамические коэффициенты расширения, сжатия и давления. Нулевое начало термодинамики; термодинамическая температура. Первое начало термодинамики; функции состояния и функции процесса. Теплоемкость; политропный процесс. Первое начало термодинамики для потока. Истечение газов из малого отверстия. Второе начало термодинамики: математический подход. Энтропия, уравнения Максвелла. Второе начало термодинамики: физический подход; теоремы Карно, доказательство Клаузиуса существования интегрирующего множителя. Неравновесные системы и необратимые процессы, неравенство Клаузиуса. Третье начало термодинамики, недостижимость 0 К..

2. Термодинамические потенциалы

2.1. Термодинамические потенциалы

Внутренняя энергия и энтальпия; показатель адиабаты. Энергия Гельмогольца и энергия Гиббса; уравнение Гиббса–Гельмогольца. Системы с переменным количеством вещества. Химический потенциал. Уравнение Гиббса–Дюгема. Общие условия равновесия и устойчивости термодинамической системы. Фазовое и химическое равновесие. Правило фаз Гиббса..

3. Термодинамические процессы

3.1. Термодинамические процессы

Обратимые политропные процессы: изобарный, изохорный, изотермический, адиабатный. Расширение газа в вакуум. Дросселирование; коэффициент дросселирования, кривая инверсии. Термодинамические циклы: Карно, Ренкина, Отто, Дизеля. Цикл компрессора. Фазовые переходы; условие равновесия, одно- и двухфазный методы описания. Фазовое равновесие «жидкость–пар», кривая насыщения в различных диаграммах. Бинодаль, спинодаль, метастабильное состояние. Критическая точка. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса, уравнение Пойнтинга, общее уравнение вдоль кривой насыщения. Критический радиус зародыша новой фазы..

4. Термодинамические системы

4.1. Термодинамические системы

Реальный газ, способы его описания. Простейшие уравнения состояния реального газа, вириальное разложение. Температура Бойля. Химически реагирующие системы. Закон Гесса, уравнение Кирхгофа. Константа равновесия химической реакции. Плазма. Степень ионизации, уравнение Саха..

5. Основы физико-технического описания тепловых машин

5.1. Основы физико-технического описания тепловых машин

Течение газов и жидкостей в обогреваемом канале с переменным сечением. Сопло Лаваля. Свойства и методы описания влажного воздуха; h-d-диаграмма. H-s-диаграмма

системы «жидкость – пар», изолинии. Связь с T-s-диаграммой. КПД реального цикла, учет потерь. Эксергия и эксергетический метод анализа циклов. Принцип регенерации тепла..

6. Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин

6.1. Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин

Принципы построения уравнений состояния реального газа. Фазовые переходы и критическая область. Общая T-S-диаграмма вещества. P-V-диаграмма, отрицательные давления. Свойства веществ в двухфазной области. Свойства веществ в околокритической и закритической области..

7. Циклы силовых машин и холодильных установок

7.1. Циклы силовых машин и холодильных установок

Циклы паровых машин. Цикл Ренкина, перегрев пара. Работа насоса, работа турбины, КПД двигателя. Учет потерь. Цикло Отто и Дизеля. Цикл газотурбинной установки, регенерация тепла. Сравнение КПД различных вариантов ГТД. Циклы реактивных двигателей. Двигатель Стирлинга. Холодильные циклы. Холодильные установки: воздушная, парокомпрессионная. Тепловой насос..

3.3. Темы практических занятий

1. Анализ паровой машины;
2. Расчет параметров цикла Ренкина;
3. Работа с h-s-диаграммой;
4. Фазовые переходы;
5. Сопло Лавалю;
6. Термодинамика плазмы;
7. Построение и анализ циклов технических устройств;
8. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания;
9. Теплоемкости;
10. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса;
11. Дифференциальные уравнения термодинамики;
12. Динамическое отопление;
13. Двигатель Стирлинга альфа;
14. Цикл Карно;
15. Термодинамические диаграммы;
16. Анализ газотурбинного двигателя с регенерацией тепла;
17. Скорость звука;
18. Первое начало термодинамики;
19. Уравнения состояния вещества;
20. Дросселирование;
21. Анализ холодильной установки;
22. Критический радиус зародыша;
23. Анализ газотурбинного двигателя без регенерации тепла;
24. Интегрируемость термодинамической системы;
25. Двигатель Стирлинга гамма.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Измерение скорости звука в газе и определение показателя адиабаты;
2. Получение полуэмпирического уравнения состояния реального газа;

3. Определение удельной теплоты плавления металла.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамические законы"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамические потенциалы"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамические процессы"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Термодинамические системы"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы физико-технического описания тепловых машин"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Циклы силовых машин и холодильных установок"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термодинамические законы"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термодинамические потенциалы"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термодинамические процессы"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Термодинамические системы"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы физико-технического описания тепловых машин"
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Циклы силовых машин и холодильных установок"

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 | | |
| Знать: | | | | | | | | | | |
| основы физики фазовых превращений | ИД-2ПК-3 | | | | | | | + | | Лабораторная работа/«Определение удельной теплоты плавления металла» |
| уравнения, связывающие свойства веществ в различных агрегатных состояниях | ИД-2ПК-3 | | | + | + | | | | | Контрольная работа/«Комплексные задачи термодинамики» |
| математический аппарат термодинамики | ИД-2ПК-3 | | + | | | | | | | Контрольная работа/«Дифференциальные уравнения термодинамики» |
| основные термодинамические законы | ИД-2ПК-3 | + | | | | | | | | Контрольная работа/«Основные термодинамические соотношения» |
| основные термодинамические процессы в тепловых машинах | ИД-3ПК-3 | | | + | | | | | | Расчетно-графическая работа/«Определение параметров циклов тепловых и холодильных машин» Контрольная работа/«Термодинамические процессы» |
| основные типы тепловых машин и холодильных установок и методы анализа их работы | ИД-3ПК-3 | | | | | | | | + | Расчетно-графическая работа/«Построение h-s-диаграммы и анализ цикла Ренкина» |
| Уметь: | | | | | | | | | | |
| определять теплофизические свойства веществ расчетно-экспериментальными методами | ИД-2ПК-3 | | | | | | | + | | Лабораторная работа/«Измерение скорости звука в газе и определение показателя адиабаты» |
| проводить теплофизический эксперимент с регистрацией P, V, T зависимости | ИД-2ПК-3 | | | | | | + | | | Лабораторная работа/«Получение полуэмпирического уравнения состояния реального газа» |
| рассчитывать параметры тепловых машин и холодильных установок | ИД-3ПК-3 | | | | | | | | + | Расчетно-графическая работа/«Построение h-s-диаграммы и анализ цикла Ренкина» |

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. «Дифференциальные уравнения термодинамики» (Контрольная работа)
2. «Комплексные задачи термодинамики» (Контрольная работа)
3. «Определение параметров циклов тепловых и холодильных машин» (Расчетно-графическая работа)
4. «Основные термодинамические соотношения» (Контрольная работа)
5. «Термодинамические процессы» (Контрольная работа)

6 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. «Построение h-s-диаграммы и анализ цикла Ренкина» (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. «Измерение скорости звука в газе и определение показателя адиабаты» (Лабораторная работа)
2. «Определение удельной теплоты плавления металла» (Лабораторная работа)
3. «Получение полуэмпирического уравнения состояния реального газа» (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

По итоговой оценки в БАРС за 2й семестр.

Экзамен (Семестр №6)

Итоговая оценка в БАРС за 2й семестр.

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Базаров, И. П. Термодинамика : учебник / И. П. Базаров . – 5-е изд., стер . – СПб. : Лань-Пресс, 2010 . – 384 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1003-3 .;
2. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика : учебник для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин . – 5-е изд., перераб. и доп . – М. : Издательский дом МЭИ, 2008 . – 496 с. - ISBN 978-5-383-00263-6 .
[http://elibrary.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4174;](http://elibrary.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4174)

3. И. П. Базаров- "Методологические проблемы статистической физики и термодинамики",
Издательство: "Московский университет", Москва, 1979 - (88 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482779>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ.

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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | Т-209, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | Т-209, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий | Т-414, Учебная лаборатория термодинамики | стол преподавателя, стол учебный, стул, оборудование учебное |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | Т-209, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для самостоятельной работы | Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники | стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | Т-205, Учебная аудитория | стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | Т-213, Подсобное помещение | |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 «Основные термодинамические соотношения» (Контрольная работа)
 КМ-2 «Дифференциальные уравнения термодинамики» (Контрольная работа)
 КМ-3 «Термодинамические процессы» (Контрольная работа)
 КМ-4 «Комплексные задачи термодинамики» (Контрольная работа)
 КМ-5 «Определение параметров циклов тепловых и холодильных машин» (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
|---------------|------------------------------|------------|------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 5 | 9 | 13 | 15 | 15 |
| 1 | Термодинамические законы | | | | | | |
| 1.1 | Термодинамические законы | | + | | | | |
| 2 | Термодинамические потенциалы | | | | | | |
| 2.1 | Термодинамические потенциалы | | | + | | | |
| 3 | Термодинамические процессы | | | | | | |
| 3.1 | Термодинамические процессы | | | | + | + | + |
| 4 | Термодинамические системы | | | | | | |
| 4.1 | Термодинамические системы | | | | | + | |
| Вес КМ, %: | | | 22 | 23 | 22 | 23 | 10 |

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-6 «Измерение скорости звука в газе и определение показателя адиабаты» (Лабораторная работа)
 КМ-7 «Получение полуэмпирического уравнения состояния реального газа» (Лабораторная работа)
 КМ-8 «Определение удельной теплоты плавления металла» (Лабораторная работа)
 КМ-9 «Построение h-s-диаграммы и анализ цикла Ренкина» (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 | КМ-9 |
|------------------|---|---------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 14 | 14 | 14 | 14 |
| 1 | Основы физико-технического описания тепловых машин | | | | | |
| 1.1 | Основы физико-технического описания тепловых машин | | | + | | |
| 2 | Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин | | | | | |
| 2.1 | Теплофизические свойства рабочих тел тепловых машин | | + | | + | |
| 3 | Циклы силовых машин и холодильных установок | | | | | |
| 3.1 | Циклы силовых машин и холодильных установок | | | | | + |
| Вес КМ, %: | | | 25 | 25 | 25 | 25 |