

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Техническая термодинамика

**Код модуля**  
1159074

**Модуль**  
Теоретические основы теплоэнергетики

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Островская Анна Валентиновна	кандидат технических наук, доцент	доцент	Теплоэнергетики и теплотехники

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

**Авторы:**

- Островская Анна Валентиновна, доцент, Теплоэнергетики и теплотехники

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Техническая термодинамика

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	7	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен Курсовая работа	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	3

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Техническая термодинамика

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, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1 -Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	3-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Домашняя работа № 3 Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	фундаментальных естественнонаучных знаний	
ПК-5 -Способен применять фундаментальные знания в области гидрогазодинамики, технической термодинамики и теплообмена в процессе проектирования и эксплуатации теплоэнергетических установок и систем промышленных предприятий и тепловых электрических станций	Д-1 - Правильно оценивать результаты расчетов З-1 - Перечислить основные физические свойства жидкостей и газов З-2 - Объяснить термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках П-1 - Разрабатывать рекомендации по анализу рабочих процессов в тепловых машинах, определять параметры их работы, тепловой эффективности У-1 - Анализировать циклы тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД	Курсовая работа Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия Экзамен

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>контрольная работа № 1</i>	3,6	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа №1</i>	3,13	100

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –</b>		

### **3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

#### **3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.25</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа № 2</i>	4,6	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		

<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа № 3</i>	4,13	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.25</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>выполнение лабораторных работ</i>	4,16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-

оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

**Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)

3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Основные законы термодинамики
  2. Основные термодинамические процессы
  3. Термодинамика потока
  4. Термодинамика систем с переменным числом частиц
  5. Влажный воздух
  6. Термодинамика циклов. Основные законы и понятия для циклов
  7. Газовые циклы
  8. Циклы паротурбинных установок
  9. Обратные циклы
  10. Эксергия термодинамических систем
- LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.1.3. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Определение теплоёмкости воздуха при постоянном давлении
  2. Определение показателя адиабаты воздуха методом Клемона – Дезорма
  3. Определение скорости звука в газах и показателя адиабаты методом стоячей волны
  4. Определение зависимости между температурой и давлением насыщенного водяного пара при низких давлениях
  5. Определение удельной теплоты парообразования воды
- LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**



Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

## Базовый

### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Основные термодинамические процессы

Примерные задания

По трубопроводу течет газ, объемным расходом 20 м<sup>3</sup>/мин при температуре 15° С и давлении 10 бар. Найти расход этого газа при нормальных физических условиях

В баллоне объемом 1 м<sup>3</sup> находится кислород под давлением 50 бар и при температуре 27° С. Какая масса кислорода была израсходована из баллона, если давление в нем упало до 25 бар, а температура до 17° С.

1 кг воздуха сжимается по политропе с показателем от давления 1 бар до давления 5 бар. Начальная температура воздуха 227° С.

Найти параметры воздуха (p,v,T) в начале и в конце процесса, удельные теплоту, работу изменения объема и внешнюю полезную работу, удельное изменение термодинамических функций состояния – внутренней энергии, энтальпии, энтропии. Изобразить процесс в диа-граммах p–v и T–s. Теплоемкости воздуха считать постоянными.

Трехатомный газ, занимающий при давлении 2 бара и температуре 40° С объем 2 м<sup>3</sup>, сжат до объема 0,5 м<sup>3</sup>, давление при этом стало равным 11 бар. Определить показатель политропы процесса сжатия, а также конечную температуру газа, теплоту и работу процесса.

Каким значениям показателя политропы соответствуют процессы с отрицательной теплоемкостью?

2 кг пара, имеющего давление 8 бар и объем 0,15 м<sup>3</sup>, изотермически расширяются до объема 0,35 м<sup>3</sup>. Определить начальное и конечное состояния пара, работу, совершенную паром и количество подведенной к пару теплоты

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Расчет зависимости теплоемкостей от температуры.

Примерные задания

Один килограмм воздуха при температуре 10 °С и начальном давлении 0,1 МПа сжимается изотермически до конечного значения 1 МПа. Определить конечный объем, затраченную работу и количество теплоты, которое необходимо отвести от газа.

Определить теплоту, необходимую для нагрева смеси газов массой 5 кг при постоянном давлении от температуры 40° С до температуры 800° С, если смесь газов имеет следующий массовый состав: 20 % – азот N<sub>2</sub>; 80 % – углекислый газ CO<sub>2</sub>. При расчетах:

- 1) учесть зависимость теплоемкости от температуры;
- 2) теплоемкости  $c_v$  и  $c_p$  вычислить методами молекулярно–кинетической теории.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Политропный процесс идеального газа

Примерные задания

Один килограмм воздуха при температуре  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и начальном давлении  $0,1\text{ МПа}$  сжимается изотермически до конечного значения  $1\text{ МПа}$ . Определить конечный объем, затраченную работу и количество теплоты, которое необходимо отвести от газа.

Трехатомный газ, занимающий при давлении  $2\text{ бара}$  и температуре  $40^{\circ}\text{C}$  объем  $2\text{ м}^3$ , сжат до объема  $0,5\text{ м}^3$ , давление при этом стало равным  $11\text{ бар}$ . Определить показатель политропы процесса сжатия, а также конечную температуру газа, теплоту и работу процесса.

$1\text{ кг}$  воздуха сжимается по политропе с показателем от давления  $1\text{ бар}$  до давления  $5\text{ бар}$ . Начальная температура воздуха  $227^{\circ}\text{C}$ .

Найти параметры воздуха ( $p, v, T$ ) в начале и в конце процесса, удельные теплоту, работу изменения объема и внешнюю полезную работу, удельное изменение термодинамических функций состояния – внутренней энергии, энтальпии, энтропии. Изобразить процесс в диа-граммах  $p-v$  и  $T-s$ . Теплоемкости воздуха считать постоянными.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.4. Домашняя работа № 3

Примерный перечень тем

1. Термодинамический анализ работы компрессора.

Примерные задания

В цикле ДВС с подводом тепла при постоянной объеме начальное давление рабочего тела  $p_1 = 0,1\text{ МПа}$  и начальная температура  $t_1 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Степень сжатия  $\epsilon = 6$ . Степень повышения давления  $\lambda = 2,5$ . Найти параметры рабочего тела в характерных точках цикла, полезную работу цикла и термический КПД.

К соплам газовой турбины подводятся продукты сгорания с параметрами  $p_1 = 10\text{ бар}$  и  $t_1 = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Давление за соплами  $p_0 = 1,2\text{ бар}$ . Расход газа через одно сопло  $0,4\text{ кг/с}$ . Определить тип сопла и его геометрические размеры (диаметры выходного отверстия и горловины сопла). Считать, что рабочее тело обладает свойствами воздуха.

LMS-платформа – не предусмотрена

## 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Термодинамическая система. Параметры состояния и уравнение состояния.

Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа

2. Теплоемкость. Факторы, влияющие на теплоемкость. Классическая и квантовая теории теплоемкости.

3. Работа и теплота. Вычисление количеств работы и теплоты в термодинамике

4. Первое начало термодинамики. Математическое выражение первого начала термодинамики
5. Внутренняя энергия. Вычисление внутренней энергии идеального газа.
6. Энтальпия термодинамической системы. Полезная внешняя работа.
7. Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и Томсона. Вечный двигатель второго рода
8. Закон Джоуля. Соотношение Майера.
9. Политропный процесс. Уравнение политропного процесса в координатах  $p-v$ . Показатель политропы. Политропный процесс идеального газа
10. Частные случаи политропного процесса. Расчёт, изображение на термодинамических диаграммах адиабатического, изотермического, изобарного и изохорного процессов идеального газа
11. Термодинамика потока. Основные законы термодинамики для потока. Скорость звука. Число Маха. Термодинамика геометрического сопла. Дросселирование
12. Прямые и обратные термодинамические циклы. I и II законы термодинамики для цикла. Термический КПД цикла. Среднеинтегральные температуры подвода и отвода теплоты
13. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Теоремы Карно. Регенерация теплоты, обобщенный цикл Карно
14. Циклы ДВС с изобарным и изохорным подводом теплоты. Расчёт термического КПД. Графическое сравнение циклов
15. Термодинамический анализ работы компрессора. Выбор оптимального отношения давлений в многоступенчатом компрессоре
16. Цикл ГТУ  $p=\text{const}$ . Расчёт его термического КПД. Цикл ГТУ  $p=\text{const}$  с учётом потерь в компрессоре и в турбине. Относительные внутренние КПД компрессора и турбины. Расчет термического КПД цикла. Цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и расширением
17. Первый закон термодинамики для систем с переменной массой. Химический потенциал. Фазовая диаграмма  $p-t$
18. Условия термодинамического равновесия двухфазной системы. Правило фаз Гиббса.
19. Вычисление параметров влажного пара. Степень сухости.
20. Изобарный процесс водяного пара. Расчёт процесса. Изображение процесса в диаграммах  $p-v$ ,  $T-s$ ,  $h-s$ .
21. Простейшая схема паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина. Диаграмма  $T-s$  цикла.
22. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах  $T-s$  и  $h-s$ .
23. Цикл Ренкина с отбором пара на регенерацию. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах  $T-s$  и  $h-s$
24. Теплофикационный цикл Ренкина с противодавлением. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах  $T-s$  и  $h-s$
25. Цикл Ренкина с отбором пара на теплофикацию. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах  $T-s$  и  $h-s$
26. Бинарный и парогазовый циклы
27. Учет необратимых потерь в цикле Ренкина. Система КПД

28. Циклы воздушной и парокomppressorной холодильных установок. Холодильный коэффициент

29. Тепловые насосы и трансформаторы теплоты. Отопительный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3.2. Курсовая работа

Примерный перечень тем

1. Термодинамический расчет цикла газотурбинной установки

2. Расчет цикла паротурбинной установки, работающей на перегретом паре

### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ПК-5	Д-1	Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия Экзамен