

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Техническая термодинамика

Код модуля
1157620

Модуль
Теоретические основы теплотехники

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Островская Анна Валентиновна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	теплоэнергетики и теплотехники

Согласовано:

Управление образовательных программ

.. Плеханова Е.А.

Авторы:

- Островская Анна Валентиновна, Доцент, теплоэнергетики и теплотехники

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Техническая термодинамика

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	5	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Домашняя работа	2

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
ПК-24 -Способность проводить работы по проектированию систем теплогазоснабжения, вентиляции и котельных установок	3-1 - Формулировать основные понятия, законы и методы технической термодинамики. 3-2 - Описывать методы теоретического и экспериментального исследования изучаемых процессов и явлений. 3-3 - Определять основные физические и термодинамические свойства рабочих тел и теплоносителей теплотехнических установок. 3-4 - Характеризовать термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплоэнергетических и холодильных установках.	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Контрольная работа № 1 Контрольная работа № 2 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	<p>П-1 - Иметь практический опыт использования основных методов измерений, обработки результатов и оценки погрешности измерений.</p> <p>П-2 - Делать выводы об энергетической эффективности работы тепловых машин и холодильных установок на основе проводимого термодинамического анализа рабочих процессов.</p> <p>П-3 - Осуществлять сбор необходимой информации при работе с литературой по термодинамике и смежным дисциплинам.</p> <p>П-4 - Оформлять отчеты по результатам проведенных расчетов и измерений в соответствии с требованиями нормативных документов.</p> <p>У-1 - Анализировать качественно и количественно изучаемые процессы.</p> <p>У-2 - Определять оптимальные методы проведения расчетов с использованием математического аппарата и информационных технологий.</p> <p>У-3 - Оценивать результаты проводимых расчетов.</p> <p>У-4 - Выбирать необходимые справочные данные по характеристикам материалов с учетом поставленной задачи.</p> <p>У-5 - Анализировать термодинамические циклы тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и увеличения КПД.</p> <p>У-6 - Правильно интерпретировать результаты проводимых физических экспериментов, привлекая для этого методы математической статистики.</p> <p>У-7 - Систематизировать исходную научную и техническую информацию для решения поставленных задач.</p>	
--	--	--

--	--	--

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

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.2		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Контрольная работа № 1</i>	4,6	50
<i>Контрольная работа № 2</i>	4,12	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 1		
Промежуточная аттестация по лекциям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – не предусмотрено		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.6		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Домашняя работа № 1</i>	4,10	50
<i>Домашняя работа № 2</i>	4,14	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.4		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – 0.6		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.2		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение 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		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий – не предусмотрено		

Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

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

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
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

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
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. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа
2. Смеси идеальных газов
3. Теплоемкость газов и газовых смесей
4. Работа, теплота и внутренняя энергия. 1 закон термодинамики

5. Термодинамические процессы идеального газа (изохорный, изобарный, изотермический)
 6. Термодинамические процессы идеального газа (адиабатный, политропный)
 7. Термодинамические свойства и процессы реальных газов (водяной пар)
 8. Термодинамические свойства и процессы реальных газов (влажный воздух)
 9. Истечение идеальных газов из сопел
 10. Истечение и дросселирование водяного пара
 11. Термодинамический анализ работы компрессора
 12. Расчет циклов газотурбинных установок
 13. Расчет циклов паротурбинных установок
 14. Расчет циклов паротурбинных установок (регенерация, теплофикация)
 15. Расчет циклов воздушных холодильных установок
 16. Расчет циклов пароконпрессорных холодильных установок
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Определение изобарной теплоемкости воздуха при постоянном давлении методом проточного калориметра
 2. Определение показателя адиабаты методом Кленорма-Дезорма
 3. Определение показателя политропы графоаналитическим способом
 4. Исследование зависимости давления насыщения водяного пара от температуры
 5. Определение скрытой удельной теплоты парообразования воды
 6. Определение скорости звука в воздухе и показателя адиабаты методом стоячей волны
 7. Исследование диаграмм циклов ПТУ графоаналитическим способом
- 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 № 1

Примерный перечень тем

1. Термодинамические процессы идеального газа

Примерные задания

Дана комбинация процессов в (p-v) или (T-s) диаграммах и некоторые параметры в характерных точках. Рабочее тело – воздух.

Рабочее тело является идеальным газом с постоянными теплоемкостями c_p и c_v , вычисляемыми с помощью молекулярно-кинетической теории.

Определить:

1. Параметры рабочего тела (p, v, T) в характерных точках процессов (точки 1, 2, 3).
2. Удельные теплоту, работу, внешнюю работу каждого процесса.
3. Удельное изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии в каждом процессе.

Построить процессы в диаграммах (p-v) и (T-s) в масштабе.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Процессы водяного пара

Примерные задания

Водяной пар с параметрами $p_1 = 50$ бар, $t_1 = 640$ оС расширяется адиабатически до давления $p_2 = 0,1$ бар.

Найти параметры водяного пара в состояниях 1 и 2, а также количества удельной теплоты, работы изменения объёма и полезной внешней работы, изменение термодинамических функций состояния – внутренней энергии, энтальпии, энтропии.

Представить процесс в диаграммах p-v, T-s, h-s .

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Расчет циклов газотурбинных установок (ГТУ)

Примерные задания

ГТУ мощностью N работает на природном газе с теплотворной способностью $Q_{\text{нр}} = 40$ МДж/кг. Воздух на входе в компрессор имеет температуру $t_1 = 20$ оС и давление $p_1 = 1$ бар.. Продукты сгорания на входе в турбину имеют температуру $t_3 = 800$ оС Степень повышения давления в компрессоре равна 5.

Рассчитать:

1. Теоретический цикл.
2. Теоретический цикл с предельной регенерацией.
3. Действительный цикл.
4. Действительный цикл с предельной регенерацией.

Определить для каждого цикла:

1. Параметры рабочего тела в узловых точках цикла (свести в таблицу).
2. Удельную работу компрессора и турбины, удельное количество подведенной и отведенной теплоты.
3. Полезную работу цикла, термический (внутренний) КПД цикла.
4. Расходы рабочего тела и топлива.

Изобразить схемы установок и циклы в (p-v), (T-s) диаграммах в масштабе.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.4. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Расчет циклов паротурбинных установок (ПТУ)

Примерные задания

Паротурбинная установка имеет мощность $N = 100$ МВт, параметры пара на входе в турбину: давление $p_1 = 130$ бар, температура $t_1 = 570$ оС; давление в конденсаторе $p_2 = 0.04$ бар. Охлаждающая вода нагревается в конденсаторе на $\Delta t = 20$ оС. Топливо – природный газ с теплотворной способностью $Q_{\text{нр}} = 36$ МДж/кг. КПД парогенератора 0,9.

Рассчитать:

1. Цикл Ренкина на перегретом паре с учетом и без учета работы насоса.
2. Цикл с промежуточным перегревом пара до начальной температуры t_1 при давлении P_a .
3. Цикл с регенеративными отборами пара при давлениях P_{O1} и P_{O2} .
4. Цикл с теплофикационным отбором пара при давлении P_{O2} . Расход пара в отборе D_o .
5. Цикл Ренкина с необратимыми потерями.

Для каждого цикла:

1. Изобразить схемы установок и циклы в (p-v), (T-s), (h-s) диаграммах.
2. Определить:
 - а) термодинамические параметры и функции в характерных точках цикла и свести их в таблицу;
 - б) количество подведенного и отведенного тепла, удельную работу турбины, удельную полезную работу цикла, термический КПД цикла;
 - в) удельный и полный расход пара, расходы топлива и охлаждающей воды в конденсаторе.

Сделать выводы, сравнив термические КПД, степени сухости пара после турбины, расходы пара, топлива и охлаждающей воды в рассчитанных циклах.

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, классификация систем
2. Параметры состояния, уравнение состояния идеальных газов. Диаграммы состояния.
3. Смеси идеальных газов. Вычисление газовой постоянной и молекулярной массы смеси идеальных газов
4. Работа и теплота термодинамического процесса. Вычисление количеств работы и теплоты в термодинамике. Изображение работы и теплоты на диаграммах состояния
5. Энтальпия термодинамической системы. Полезная внешняя работа.

6. Теплоемкость термодинамического процесса. Факторы, влияющие на теплоемкость. Расчет теплоемкостей по молекулярно-кинетической теории газов и по таблицам теплоемкостей.

7. Математическое выражение первого начала термодинамики. Внутренняя энергия. Вычисление внутренней энергии идеального газа.

8. Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и Томсона. Вечный двигатель второго рода. Эквивалентность формулировок. Математическое выражение II начала термодинамики.

9. Политропный процесс идеального газа и его частные случаи – изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный процессы. Изображение процессов на диаграммах состояния.

10. Термодинамический анализ работы компрессора.

11. Влажный воздух. Основные процессы влажного воздуха.

12. Изображение процессов парообразования и конденсации на диаграммах состояния $p-v$, $T-s$, $h-s$. Таблицы воды и водяного пара. Вычисление параметров влажного пара. Степень сухости. Процессы водяного пара. Расчет процессов. Изображение на диаграммах $p-v$, $T-s$, $h-s$.

13. Основные законы термодинамики для циклов. Термический КПД цикла. Среднеинтегральная температура процесса. Выражение для термического КПД через среднеинтегральные температуры и его анализ

14. Цикл Карно. Карно. Теоремы Карно. Регенерация теплоты.

15. Компрессор. Термодинамический расчет одноступенчатого и многоступенчатого компрессора.

16. Циклы газотурбинных установок. Схема установки ГТУ с подводом теплоты при $p = \text{const}$ и ее расчет

17. Цикл ГТУ с подводом теплоты при $p = \text{const}$ с регенерацией теплоты. Действительный цикл ГТУ

18. Схема паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина. Расчет и изображение цикла на диаграммах $p-v$, $T-s$, $h-s$. Зависимость КПД от параметров пара.

19. Циклы Ренкина с промежуточным перегревом пара, с отбором пара на регенерацию и теплофикацию

20. Обратные циклы. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент.

21. Циклы воздушной и парокомпрессионной холодильных установок

LMS-платформа – не предусмотрена

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	проектная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной	ПК-24	З-1	Домашняя работа № 1
				З-2	
				З-3	Домашняя работа № 2
				З-4	
				У-1	Контрольная работа № 1
У-2					

		профессиональн ой деятельности Технология проектного образования Технология самостоятельной работы		У-3 У-4 У-5 У-6 У-7 П-1 П-2 П-3 П-4	Контрольная работа № 2 Лабораторные занятия Лекции Практические/сем инарские занятия Экзамен
--	--	---	--	---	---