



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе дисциплины)  
**«ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
**13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Профиль программы  
**«ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства  
кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

### 1.1 Результаты освоения дисциплины

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными компетенциями

Код и наименование компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями
ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	Техническая термодинамика	<p><i>Знать:</i> законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты; калорические и переносные свойства вещества;</p> <p><i>Уметь:</i> проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД;</p> <p><i>Владеть:</i> основами термодинамического анализа рабочих процессов в теплосиловых машинах; навыками определения параметров работы теплосиловых установок и их тепловой эффективности</p>

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов;
- контрольная работа (для заочной формы обучения).

К оценочным средствам для промежуточной аттестации относятся:

- типовые задания по курсовой работе;
- экзаменационные задания по дисциплине, представленные в виде тестовых заданий закрытого и открытого типов.

### 1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

1.4 Оценивание тестовых заданий закрытого типа осуществляется по системе зачтено/ не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – 0-40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» – 0-40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» – 41-60 % правильных ответов; оценка «хорошо» – 61-80% правильных ответов; оценка «отлично» – 81-100 % правильных ответов).

Тестовые задания открытого типа оцениваются по системе «зачтено/ не зачтено». Оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

## 2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Компетенция ОПК-4: Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.

### Тестовые задания открытого типа:

1. Термодинамическая система, которая может обмениваться веществом с окружающей средой, называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: открытая система**

2. Форма передачи внутренней энергии от более нагретых тел к менее нагретым называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: теплота**

3. "Все самопроизвольные процессы направлены в сторону наиболее вероятных, то есть равновесных состояний" – это формулировка: \_\_\_\_\_

**Ответ: второго закона термодинамики**

4. К термическим параметрам состояния относятся: \_\_\_\_\_

**Ответ: абсолютная температура, абсолютное давление, удельный объем**

5. Обратимый термодинамический процесс, протекающий при постоянной энтропии, называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: адиабатным**

6. Соотношение между параметрами идеального газа в изохорном процессе имеет вид:

\_\_\_\_\_

**Ответ:  $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1}$**

7. В координатах T-s изображается горизонтальной прямой линией: \_\_\_\_\_

**Ответ: изотермический процесс**

8. Процесс перехода вещества из парообразного состояния в жидкое называется:

\_\_\_\_\_

**Ответ: конденсация**

9. Наибольшая температура существования жидкости и наименьшая температура существования пара при данном давлении называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: температура насыщения**

10. Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг жидкости, предварительно нагретой до температуры кипения, в сухой насыщенный пар при постоянном давлении, называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: теплота парообразования**

11. Единицы измерения удельной энтальпии: \_\_\_\_\_

**Ответ: Дж/кг или кДж/кг**

12. Степень сухости представляет собой массовую долю: \_\_\_\_\_

**Ответ: сухого насыщенного пара во влажном паре**

13. При изотермическом подводе теплоты к влажному пару будет оставаться постоянным:

\_\_\_\_\_

**Ответ: давление**

14. После адиабатного дросселирования идеального газа уменьшается: \_\_\_\_\_

**Ответ: давление**

15. При дросселировании реальных газов имеет место положительный дроссель-эффект, если понижение давления сопровождается: \_\_\_\_\_

**Ответ: понижением температуры**

16. После адиабатного дросселирования влажного пара, проходящего в области насыщения, уменьшатся его: \_\_\_\_\_

**Ответ: давление и температура**

17. Отношение массы пара к единице объема влажного воздуха называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: абсолютная влажность**

18. Термический КПД обратимого цикла Карно определяется по формуле: \_\_\_\_\_

**Ответ:  $\eta_t^K = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$**

19. Наиболее распространенным рабочим телом в газотурбинных установках является:

\_\_\_\_\_

**Ответ: смесь воздуха и продуктов сгорания топлива**

20. Циклы двигателей внутреннего сгорания в зависимости от свойств рабочего тела относятся к: \_\_\_\_\_

**Ответ: газовым циклам**

21. Количественной мерой термодинамической эффективности обратимого цикла теплосилового устройства является: \_\_\_\_\_

**Ответ: термический КПД**

22. Основной цикл паротурбинной установки называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: циклом Ренкина**

23. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: теплофикация**

24. Подогрев поступающей в паровой котел воды паром из промежуточных отборов турбины на ТЭС называется: \_\_\_\_\_

**Ответ: регенерация**

**Тестовые задания закрытого типа:**

25. Из перечисленного калорическим параметром состояния является:

- |                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. абсолютная температура | 3. удельный объем            |
| 2. абсолютное давление    | <b>4. удельная энтальпия</b> |

26. Тройная точка – это точка, в которой:

- |   |  |
|---|--|
| <b>1. вещество может одновременно существовать в трех фазах</b> | 3. исчезает различие между жидкой и паровой фазами |
| 2. вещество может существовать только в одной фазе              | 4. исчезает различие между жидкой и твердой фазами |

27. Сопло – это канал переменного сечения, в котором при перемещении газа происходит его:

- |  |   |
|--|---|
| <b>1. расширение с уменьшением давления и увеличением скорости</b> | 3. сжатие с увеличением давления и уменьшением скорости     |
| 2. сжатие с уменьшением давления и увеличением скорости            | 4. расширение с увеличением давления и уменьшением скорости |

28. Формула для расчета работы изменения объема 1 кг идеального газа в изобарном процессе имеет вид:

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| <b>1. <math>\ell = p \cdot (v_2 - v_1)</math></b> | 3. $\ell_0 = v \cdot (p_2 - p_1)$ |
| 2. $\ell = p \cdot (v_1 - v_2)$                   | 4. $\ell_0 = v \cdot (p_1 - p_2)$ |

29. Формула для расчета количества теплоты, подведенной к 1 кг идеального газа в изотермическом процессе, имеет вид:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| 1. $q = c_p \cdot (T_2 - T_1)$ | <b>3. <math>q = T \cdot (s_2 - s_1)</math></b> |
| 2. $q = c_v \cdot (T_2 - T_1)$ | 4. $q = R \cdot (T_2 - T_1)$                   |

30. Часовой расход топлива паросиловой установкой рассчитывается по формуле:

- |  |  |
|--|--|
| <b>1. <math>B = \frac{3600 \cdot N}{Q_H^p \cdot \eta_e^{уст}}</math></b> | 3. $b = \frac{3600}{Q_H^p \cdot \eta_e^{уст}}$ |
| 2. $D = \frac{3600 \cdot N}{\ell_T}$                                     | 4. $d = \frac{3600}{\ell_T}$                   |

31. Увеличение температуры перегрева пара в цикле паросиловой установки при неизменных значениях начального давления пара и давления в конденсаторе может привести к:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. уменьшению термического КПД цикла  | 3. уменьшению внутреннего относительного КПД турбины     |
| 2. увеличению конечной влажности пара | <b>4. увеличению средней температуры подвода теплоты</b> |

32. Уменьшение конечного давления пара в конденсаторе паросиловой установки при неизменных начальных параметрах пара: температуре и давлении, может привести к уменьшению:

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| 1. термического КПД цикла  | 3. удельного объема пара                     |
| 2. конечной влажности пара | <b>4. средней температуры отвода теплоты</b> |

### **3 ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ, РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ**

3.1 Учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы (для заочной формы обучения). Контрольная работа включает решение шести задач по темам: параметры состояния, закон сохранения энергии, идеальный газ и его свойства, термодинамические процессы для идеального газа, второй закон термодинамики. Выполненную контрольную работу студенты сдают на проверку преподавателю, который делает замечания и пишет рецензию. В случае отсутствия серьёзных замечаний студент допускается к защите контрольной работы. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обладающий полнотой знаний в отношении изучаемых объектов, получает оценку «зачтено». Система оценивания и критерии оценки контрольной работы представлены в таблице 2.

Задача 1. Ртутный вакуумметр, присоединенный к конденсатору паровой турбины, показывает разрежение  $p_v$  мм рт. ст. при температуре  $t_1$  °С. Атмосферное давление по ртутному барометру  $p_{бар}$  мм рт. ст. при  $t_2$  °С. Определить абсолютное давление  $p$  в конденсаторе в мм рт. ст., Па, барах.

Задача 2. Паротурбинная электростанция мощностью  $N$  МВт работает в году  $\tau$  суток с КПД  $\eta$ . Теплота сгорания топлива  $Q_H^p$  кДж/кг. Определить суточный  $V_{сут}$  и годовой  $V_{г}$  расходы топлива. Определить также годовой расход ядерного горючего на АЭС той же мощности, если 1 кг урана при расщеплении выделяет  $(Q_H^p)^y = 825 \cdot 10^8$  кДж/кг теплоты.

Задача 3. Газовая смесь состоит из  $m_{N_2}$  кг, азота,  $m_{CO_2}$  кг углекислого газа и  $m_{CO}$  кг окиси углерода. Начальные параметры смеси  $p_1$  МПа и  $t_1$  °С. В процессе  $T = \text{const}$  смесь расширяется до давления  $p_2$  МПа. Определить работу расширения смеси  $L$ , количество подведенной теплоты  $Q$ , объем в конце расширения  $V_2$  и парциальные давления газов в

начальном состоянии. Определить также изменение внутренней энергии  $\Delta U$  и энтальпии  $\Delta H$  смеси. Построить процесс в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.

Задача 4. В цилиндре двигателя объемом  $V_1$  л находится газ со свойствами воздуха при абсолютном давлении  $p_1$  МПа и температуре  $t_1 = 1500$  °С. От воздуха отводится теплота при постоянном давлении до температуры  $t_2$  °С. Определить массу воздуха, конечный объем, изменение внутренней энергии, количество отнятой теплоты, изменение энтальпии, работу сжатия и изменение энтропии. Теплоемкость считать переменной. Построить процесс в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.

Задача 5. Определить теоретическую работу на привод одноступенчатого и  $z$ -ступенчатого с промежуточным охлаждением компрессоров при сжатии воздуха от давления  $p_1$  МПа до  $p_2$  МПа, если начальная температура  $t_1$  °С. Показатель политропы для всех ступеней принять равным  $n$ . Начальный объем газа  $V_1 = 1000$  м<sup>3</sup>. Сравнить величину работы одно- и  $z$ -ступенчатого сжатия. Определить температуры в конце сжатия. Построить процесс в  $p$ - $v$  и  $T$ - $s$  диаграммах.

Задача 6. В воздухонагревателе парового котла воздух нагревается до температуры  $t_1$  °С, а дымовые газы охлаждаются от температуры  $t_3 = 450$  °С до  $t_4$  °С. Тепловые потери воздухонагревателя составляют 20 % от количества теплоты, отдаваемой газами. Теплоемкости воздуха и газов постоянны. Дымовые газы обладают свойствами воздуха. Определить температуру  $t_2$  °С, до которой нагревается воздух и потерю работоспособности системы вследствие необратимого теплообмена  $\Delta I_c$ . Температуру окружающей среды  $t_0 = 17$  °С.

3.2 Курсовая работа позволяет студентам углубить и закрепить полученные в процессе изучения дисциплины знания в области теоретических и действительных циклов паросиловых установок, формирует умения и навыки термодинамического анализа циклов паросиловых установок, являющихся основными для тепловых электрических станций.

По результатам защиты курсовой работы выставляется оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно»). Критерии выставления оценки представлены в таблице 2.

Цель курсовой работы: провести термодинамический анализ действительного цикла паротурбинной установки методом коэффициентов полезного действия и эксергетическим методом, сопоставить результаты анализа, полученные разными методами, научиться составлять простейшую тепловую схему электростанции и изучить принцип действия основных элементов этой схемы: парового котла, паровой турбины, конденсатора.

В качестве исходных данных для расчета задаются начальные параметры пара перед турбиной (температура  $t_1$  и давление  $p_1$ ) и конечное давление пара в конденсаторе  $p_2$ .

Типовые задания по курсовой работе:

1. Выполнить описание принципиальной тепловой схемы электростанции, назначения и принципа действия её основных элементов: котла, турбины, конденсатора;
2. Выполнить термодинамический анализа обратимого цикла Ренкина;
3. Провести анализ необратимого цикла Ренкина по методу коэффициентов полезного действия;
4. Провести анализ необратимого цикла Ренкина с помощью эксергетического метода;
5. Сопоставить результаты анализа действительного цикла Ренкина по методу коэффициентов полезного действия с результатами анализа по эксергетическому методу;
6. Составить и изобразить принципиальную тепловую схему электростанции;
7. Изобразить теоретический цикл Ренкина в диаграмме T-s;
8. Построить теоретический и действительный процессы повышения давления воды в насосе в диаграммах h-s и T-s;
9. Построить теоретический и действительный процессы расширения пара в турбине в диаграммах h-s и T-s;
10. На основании анализа необратимого цикла Ренкина по методу коэффициентов полезного действия построить диаграмму тепловых потоков;
11. Изобразить необратимый цикл Ренкина в диаграмме T-s;
12. На основании анализа необратимого цикла Ренкина с помощью эксергетического метода построить диаграмму потоков эксергии.

**4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Техническая термодинамика» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (профиль Тепловые электрические станции).

Преподаватель-разработчик – Е. А. Беркова.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой энергетики.

Заведующий кафедрой



В. Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией ИМТЭС (протокол № 8 от 26.08.2024 г).

Председатель методической комиссии ИМТЭС



О.А. Белых