

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Волхонов Михаил Михайлович

Должность: Декан

Дата подписания: 28.09.2023 09:36:10

Уникальный программный ключ:

b2dc75470204bc2b9ec58d577a1b983ee2235ea27359d43aa6c272df0610c6c81

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КОСТРОМСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

УТВЕРЖДАЮ

декан электроэнергетического факультета

Рожнов А.В.

14 июня 2023 года

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
по дисциплине  
«ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ»

|                          |  |
|--------------------------|--|
| Направление подготовки   | <u>13.03.02 Электроэнергетика и электротехника</u> |
| Направленность (профиль) | <u>Электроснабжение</u>                            |
| Квалификация выпускника  | <u>бакалавр</u>                                    |
| Формы обучения           | <u>очная, заочная</u>                              |
| Сроки освоения ОПОП ВО   | <u>4 года, 4 года 7 мес.</u>                       |

Фонд оценочных средств предназначен для оценивания сформированности компетенций по дисциплине «Энергетические установки».

Разработчик:  
доцент кафедры  
экономики, управления  
и техносферной безопасности \_\_\_\_\_ /А.Н. Смирнов/

Утвержден на заседании кафедры экономики, управления и техносферной безопасности, протокол №8 от 24 апреля 2023 года.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Т.М. Василькова

Согласовано:  
Председатель методической комиссии электроэнергетического факультета  
протокол №5 от «13» июня 2023 года.

Яблоков А.С. \_\_\_\_\_

## Паспорт фонда оценочных средств

Таблица 1

| Модуль дисциплины   | Формируемые компетенции или их части  | Оценочные материалы и средства | Количество |
|---|---|--------------------------------|------------|
| Модуль 1. Техническая термодинамика   | ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | Собеседование                  | 22         |
|   |   | Тестирование                   | 65         |
| Модуль 2. Теоретические основы преобразования теплоты в энергетических установках |   | Собеседование                  | 21         |
|   |   | Тестирование                   | 25         |
| Модуль 3. Основы теории теплообмена   |   | Собеседование                  | 36         |
|   |   | Тестирование                   | 60         |

### 1 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 2 – Формируемые компетенции

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)   | Оценочные материалы и средства |
|---|--|--------------------------------|
| ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей | <b>Модуль 1. Техническая термодинамика</b>   |                                |
|   | ИД-6 <sub>ПКос-1</sub> Организует работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Собеседование                  |
|   |  | Тестирование                   |
|   | <b>Модуль 2. Теоретические основы преобразования теплоты в энергетических установках</b>                               |                                |
|   | ИД-6 <sub>ПКос-1</sub> Организует работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Собеседование                  |
|   |  | Тестирование                   |
|   | <b>Модуль 3. Основы теории теплообмена</b>   |                                |
|   | ИД-6 <sub>ПКос-1</sub> Организует работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Собеседование                  |
| Тестирование  |  |                                |

# Оценочные материалы и средства для проверки сформированности компетенций

## Модуль 1. «Техническая термодинамика»

### Вопросы для собеседования:

1. Энергоресурсы и их использование.
2. Основные понятия технической термодинамики: термодинамическая система, рабочее тело, параметры состояния (термические  $p$ ,  $v$ ,  $T$  и энергетические  $U$ ,  $H$ ,  $S$ ), теплота и работа, термодинамический процесс.
3. Уравнения состояния идеальных газов (для 1 кг; 1 кмоль;  $m$  кг).
4. Способы задания смеси. Закон Дальтона. Уравнение состояния для смесей идеальных газов.
5. Формулировка и аналитическое выражение 1 закона термодинамики (две формы записи).
6. Работа расширения (сжатия) и методы ее определения. Рабочая  $p$ - $v$ -диаграмма.
7. Теплоемкость. Виды удельных теплоемкостей, их взаимосвязь. Зависимость теплоемкости от температуры и характера термодинамического процесса. Уравнение Майера.
8. Теплота как форма передачи энергии. Аналитический и графический методы определения теплоты. Тепловая  $T$ - $s$ -диаграмма.
9. Анализ выражений 1-го закона термодинамики с точки зрения возможных термодинамических процессов.
10. Анализ изопроцессов идеальных газов (изобарного, изохорного, изотермического, адиабатного).
11. Аналитический и графический анализы политропных процессов идеального газа.
12. Второй закон термодинамики. Циклы прямые и обратные. Условия осуществления прямых циклов, термический КПД.
13. Второй закон термодинамики. Условия осуществления обратных циклов, холодильный коэффициент.
14. Формулировки 2-го закона термодинамики.
15. Цикл Карно в  $p$ - $v$ - и  $T$ - $s$ -диаграммах. Термический КПД цикла Карно и его анализ, теоремы Карно.
16. Энтропия. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии. Аналитическое выражение 2-го закона термодинамики.
17. Водяной пар. Фазовые  $p$ - $T$ -,  $p$ - $v$ -,  $T$ - $s$ -,  $h$ - $s$ -диаграммы, процесс парообразования в них.
18. Определение параметров воды и водяного пара с помощью таблиц и  $h$ - $s$ -диаграммы.
19. Расчет термодинамических процессов водяного пара по  $h$ - $s$ -диаграмме.
20. Термодинамика потока газов и паров. Уравнение 1-го закона термодинамики потока.
21. Истечение газов и паров. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах.
22. Сущность процесса дросселирования газов и паров.

## Фонд тестовых заданий для текущего контроля знаний по модулю 1

### Тема: Параметры состояния, уравнения состояния идеальных газов

Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Далее»

**Термодинамическую систему, которая не обменивается с окружающей средой теплотой, называют:**

- изолированной
- закрытой
- +адиабатной
- замкнутой

**Уравнение состояния идеального газа справедливо для:**

- любой термодинамической системы
- +равновесной термодинамической системы
- равновероятной термодинамической системы
- равновесной термической системы

**Массу газа, заключенного в единице объема, называют:**

- удельным весом
- удельной плотностью
- +плотностью
- удельным объемом

**В системе находится воздух с избыточным давлением  $p_{изб} = 0,4$  МПа, атмосферное давление  $B = 0,1$  МПа. Определить абсолютное давление.**

- +0,5 МПа
- 0,3 МПа
- 0,25 МПа
- 0,6 МПа

**В системе СИ давление измеряется в:**

- джоулях
- атмосферах
- барах
- +паскалях

**В сосуде объемом  $0,75 \text{ м}^3$  находится  $2,5$  кг углекислого газа. Найти удельный объем газа.**

- $3,33 \text{ кг/м}^3$
- $875 \text{ кг} \cdot \text{м}^3$
- + $0,3 \text{ м}^3/\text{кг}$
- $0,3 \text{ кг/м}^3$

**Укажите размерность универсальной газовой постоянной:**

- Дж/(кг·К)
- кДж/кмоль
- кг/кмоль
- +Дж/(кмоль·К)

**Укажите размерность индивидуальной газовой постоянной:**

- +Дж/(кг·К)
- кДж/кмоль
- кг/кмоль
- Дж/(кмоль·К)

**Уравнение состояния для произвольного количества идеального газа:**

$$+pV = mRT$$

$$pV_{\mu} = R_{\mu}T$$

$$p = \rho RT$$

$$pv = RT$$

Выберите несколько правильных вариантов ответа и нажмите кнопку «Далее»

**Уравнение состояния для 1 кг идеального газа:**

$$pV = mRT$$

$$+p = \rho RT \text{ (50\%)}$$

$$pV_{\mu} = R_{\mu}T$$

$$+pv = RT \text{ (50\%)}$$

### Тема: Теплоемкость, методы определения теплоты

Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Далее»

**Укажите формулу связи теплоемкостей  $c_p$  и  $c_v$  для идеального газа (уравнение Майера):**

$$c_p = c_v$$

$$+c_p - c_v = R$$

$$c_p / c_v = k$$

$$c_v - c_p = R$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания 1 кг газа от  $t_1$  до  $t_2$  при  $v = \text{const}$ ?**

$$Q = \mu c_v (t_2 - t_1)$$

$$Q = V_n \mu c_v (t_2 - t_1)$$

$$+Q = c_v (t_2 - t_1)$$

$$Q = V_n c'_v (t_2 - t_1)$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания  $m$  кг газа от  $t_1$  до  $t_2$  в процессе  $p = \text{const}$ ?**

$$Q = V_n \mu c_p (t_2 - t_1)$$

$$Q = \mu c_p (t_2 - t_1)$$

$$+Q = m c_p (t_2 - t_1)$$

$$Q = V_n c'_p (t_2 - t_1)$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания  $V_m^3$  газа от  $t_1$  до  $t_2$  при  $v = \text{const}$ ?**

$$Q = \mu c_v (t_2 - t_1)$$

$$Q = V_n \cdot \mu c_v (t_2 - t_1)$$

$$Q = m c_v (t_2 - t_1)$$

$$+Q = V_n c'_v (t_2 - t_1)$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания 1 кмоль газа от  $t_1$  до  $t_2$  при  $p = \text{const}$ ?**

$$Q = V_n \mu c_p (t_2 - t_1)$$

$$+Q = \mu c_p (t_2 - t_1)$$

$$Q = m c_p (t_2 - t_1)$$

$$Q = V_n c'_p (t_2 - t_1)$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания 1 кг газа от  $t_1$  до  $t_2$  в политропном процессе?**

$$q = \mu c_v (t_2 - t_1)$$

$$+q = c_n (t_2 - t_1)$$

$$q = c_v(t_2 - t_1)$$

$$q = c_p(t_2 - t_1)$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания 1 кг газа от  $t_1$  до  $t_2$  в адиабатном процессе?**

$$+q = 0$$

$$q = c_n(t_2 - t_1)$$

$$q = c_v(t_2 - t_1)$$

$$q = c_p(t_2 - t_1)$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания 1 кг газа от  $t_1$  до  $t_2$  в изохорном процессе?**

$$q = \mu c_v(t_2 - t_1)$$

$$q = c_n(t_2 - t_1)$$

$$+q = c_v(t_2 - t_1)$$

$$q = c_p(t_2 - t_1)$$

**Какое уравнение можно применить для определения количества теплоты, необходимой для нагревания 1 кг газа от  $t_1$  до  $t_2$  в изобарном процессе?**

$$q = \mu c_v(t_2 - t_1)$$

$$q = c_n(t_2 - t_1)$$

$$q = c_v(t_2 - t_1)$$

$$+q = c_p(t_2 - t_1)$$

### Тема: Первый закон термодинамики

*Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Первый закон термодинамики есть частный случай закона:**

сохранения массы веществ

+ сохранения и превращения энергии

сохранения количества движения

сохранения энергии

**Укажите уравнение первого закона термодинамики:**

$$\Delta S = Q/T$$

$$+Q = \Delta U + L$$

$$H = U + pV$$

$$Q = \Delta U - L$$

**Какое из выражений не является уравнением первого закона термодинамики?**

$$dq = du + pdv$$

$$+ dq = c_p dt + v dp$$

$$dq = dh - v dp$$

$$dq = c_v dT + p dv$$

**Какое из выражений является уравнением первого закона термодинамики для изотермического процесса?**

$$dq = du + pdv$$

$$dq = du$$

$$+ dq = p dv$$

$$dq = dh - v dp$$

Какое из выражений является уравнением первого закона термодинамики для изохорного процесса?

$$dq = du + pdv$$

$$+ dq = du$$

$$dq = dh - vdp$$

$$dq = c_v dT + pdv$$

Какое из выражений является уравнением первого закона термодинамики для изобарного процесса?

$$dq = du + vdp$$

$$+ dq = dh$$

$$dq = dh - vdp$$

$$dq = du$$

Укажите процесс, при котором все подводимое тепло превращается в работу:

адиабатный

изохорный

+изотермический

Изобарный

В каком (из указанных) процессах подводимое тепло расходуется на увеличение внутренней энергии и совершение внешней работы?

адиабатный

изотермический

+изобарный

изохорный

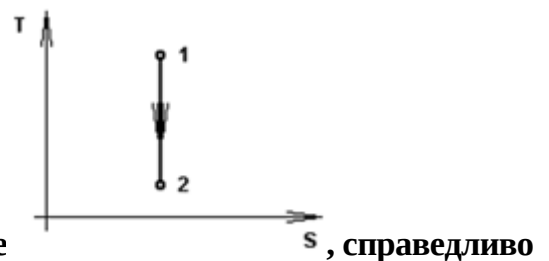
Укажите процесс, при котором все подводимое тепло превращается только во внутреннюю энергию газа:

адиабатный

+изохорный

изотермический

изобарный



Для процесса 1-2, изображенного в T-s диаграмме выражение:

$$q = -\Delta u$$

$$+l = -\Delta u$$

$$l = \Delta u$$

$$q = l$$



## Тема: Термодинамические процессы идеальных газов

Выберите один вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»

**Для изохорного процесса показатель политропы  $n$ :**

- равен 1
- равен 0
- равен  $k$
- + равен  $\pm \infty$

**Для изобарного процесса показатель политропы  $n$ :**

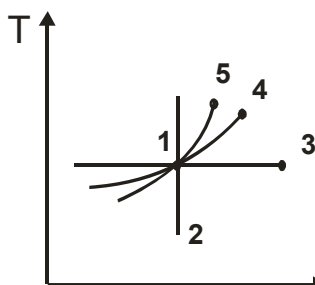
- равен 1
- + равен 0
- равен  $k$
- равен  $\pm \infty$

**Для изотермического процесса показатель политропы  $n$ :**

- + равен 1
- равен 0
- равен  $k$
- равен  $\pm \infty$

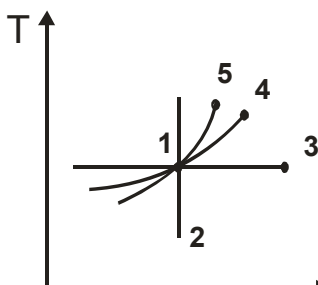
**Для адиабатного процесса показатель политропы  $n$ :**

- равен 1
- равен 0
- + равен  $k$
- равен  $\pm \infty$



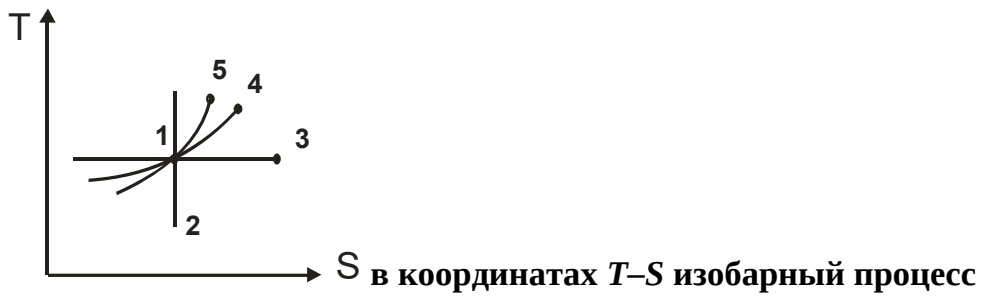
Укажите на диаграмме в координатах  $T-S$  адиабатный процесс:

- + процесс 1-2
- процесс 1-3
- процесс 1-4
- процесс 1-5

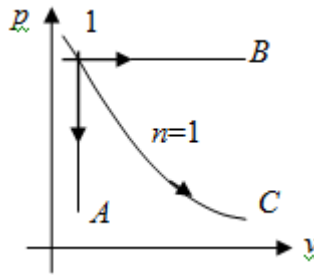


Укажите на диаграмме в координатах  $T-S$  изохорный процесс:

- процесс 1-2
- процесс 1-3
- процесс 1-4
- + процесс 1-5

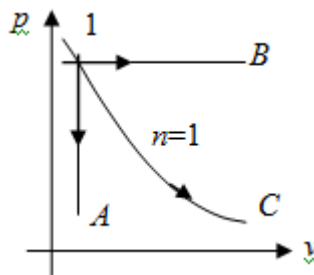


Укажите на диаграмме  
 процесс 1-2  
 процесс 1-3  
 +процесс 1-4  
 процесс 1-5



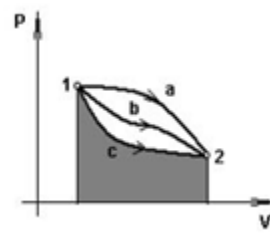
Для какого процесса справедливо выражение  $dh = c_p dt$  ?

для процесса 1-A  
 для процесса 1-B  
 для процесса 1-C  
 +для любого процесса



Для какого процесса справедливо выражение  $du = c_v dt$  ?

+для любого процесса  
 для процесса 1-A  
 для процесса 1-C  
 для процесса 1-B



Площадь под линией процесса 1-c-2 в  $p-v$ -диаграмме является:

работой сжатия  
 изменением внутренней энергии  
 количеством теплоты  
 +работой расширения

При одинаковом изменении объема газа наибольшая работа расширения совершается в процессе:

+изобарном  
 изотермическом

адиабатном  
политропном

**Работу расширения в изобарном процессе рассчитывают по уравнению:**

$$+L = p(V_2 - V_1)$$

$$L = 0$$

$$L = pV \cdot \ln(V_2/V_1)$$

$$L = \frac{1}{k-1}(p_1V_1 - p_2V_2)$$

**Работу расширения в изотермическом процессе рассчитывают по уравнению:**

$$L = p(V_2 - V_1)$$

$$L = 0$$

$$+L = pV \cdot \ln(V_2/V_1)$$

$$L = \frac{1}{k-1}(p_1V_1 - p_2V_2)$$

**Работу расширения в адиабатном процессе рассчитывают по уравнению:**

$$L = m R(T_2 - T_1)$$

$$L = 0$$

$$L = m RT \cdot \ln(V_2/V_1)$$

$$+L = \frac{mR}{k-1}(T_1 - T_2)$$

**Изменение удельной энтропии в политропном процессе:**

$$\Delta s = c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$+\Delta s = c_n \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta s = c_v \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta s = 0$$

### Тема: Реальные газы. Водяной пар.

Выберите один правильный вариант и нажмите кнопку «Далее»

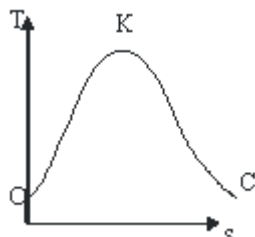
**Кипение – это:**

- процесс парообразования с поверхности жидкости
- +процесс парообразования во всем объеме жидкости
- переход вещества из твердого состояния в газообразное
- переход вещества из газообразного состояния в жидкое

**Конденсация – это переход вещества из:**

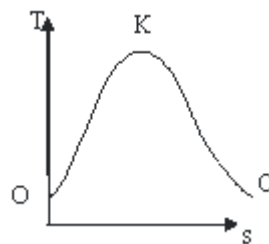
- жидкого состояния в газообразное
- +газообразного состояния в жидкое
- твердого состояния в газообразное
- твердого состояния в жидкое

**Между верхней пограничной кривой и нижней пограничной кривой**



**находится область:**

+влажного пара  
перегретого пара  
сухого насыщенного пара  
ненасыщенной жидкости



**На линии К–С (фазовой  $T$ - $s$  диаграммы) находится в состоянии:**

кипящей жидкости  
влажного насыщенного пара  
+сухого насыщенного пара  
перегретого пара

**Параметры водяного пара определяют по:**

уравнению состояния Клапейрона-Менделеева  
критическим параметрам  
степени сухости

+ таблицам и диаграммам водяного пара

**Что такое степень сухости  $x$  водяного пара?**

отношение массы сухого пара к массе воды  
+отношение массы сухого пара к массе влажного пара  
отношение температуры пара к температуре насыщения  
масса паровой фракции в единице объема

**Если степень сухости влажного пара равна 0,9, то это значит:**

1 кг пара содержит 0,9 кг кипящей жидкости и 0,1 кг сухого насыщенного пара  
+1 кг пара содержит 0,1 кг кипящей жидкости и 0,9 кг сухого насыщенного пара  
1 кг пара содержит 0,1 кг влажного пара и 0,9 кг сухого насыщенного пара  
1 кг пара содержит 0,1 кг кипящей жидкости и 0,9 кг перегретого пара

**Если степень сухости влажного пара равна 0,9, то это значит:**

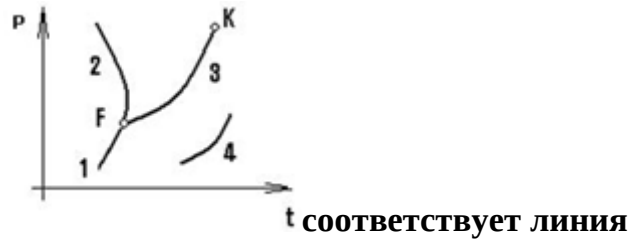
1 кг пара содержит 0,9 кг кипящей жидкости и 0,1 кг сухого насыщенного пара  
+1 кг пара содержит 0,1 кг кипящей жидкости и 0,9 кг сухого насыщенного пара  
1 кг пара содержит 0,1 кг влажного пара и 0,9 кг сухого насыщенного пара  
1 кг пара содержит 0,1 кг кипящей жидкости и 0,9 кг перегретого пара

**Жидкость кипит в условиях  $T = \text{const}$ . Укажите не изменяющийся параметр:**

+давление пара  
степень сухости пара  
плотность пара  
объем пара

**При температуре 300°C и давлении пара 2 МПа определить состояние  $\text{H}_2\text{O}$ , если температура насыщения при этом давлении 212,37°C.**

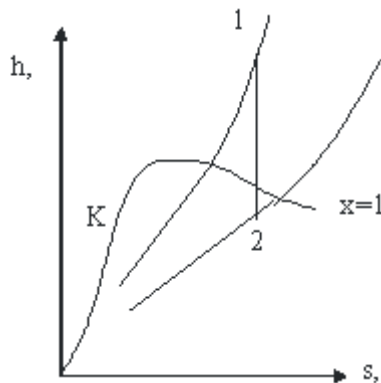
+перегретый пар  
влажный пар  
сухой насыщенный пар  
кипящая вода



Фазовому равновесию «жидкость-пар» фазового перехода

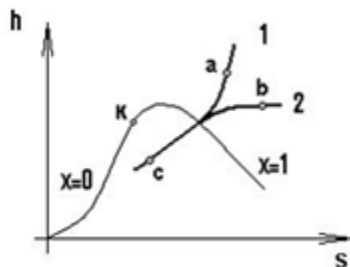
- 1
- 2
- +3
- 4

Как изменяется состояние пара в процессе 1-2, изображенном на h-s диаграмме?



- влажный пар переходит в перегретый
- +перегретый пар переходит во влажный насыщенный
- сухой насыщенный пар переходит во влажный насыщенный
- перегретый пар переходит в сухой насыщенный

Для процесса перегрева 1 кг пара по линии 1 (в h-с-диаграмме)



необходимое количество теплоты рассчитывается по формуле:

$$+q = h_a - h_c$$

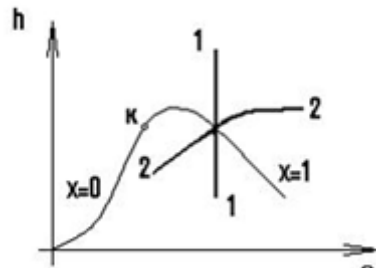
$$q = u_a - u_c$$

$$q = T(s_b - s_c)$$

$$q = h_c - h_a$$

Скрытая теплота парообразования r – это:

- энергия, затрачиваемая на преодоление сил взаимного притяжения молекул жидкости
- теплота изменения энтропии при кипении
- +теплота, затраченная на превращение 1 кг кипящей жидкости в сухой насыщенный пар при неизменном давлении
- теплота, эквивалентная энтальпии насыщенного пара



Для процесса 1-1  
вычисляется по формуле:

$$l = p\Delta v$$

$$l = T\Delta s$$

$$+l = \Delta h$$

$$l = -\Delta u$$

Для чего применяется T-s диаграмма при исследовании термодинамических циклов?

+наглядно представляет процессы подвода и отвода теплоты, превращения теплоты в работу

характеризует экологическую чистоту тепловой машины

показывает максимальное давление рабочего тела

позволяет определить мощность тепловой машины

### Тема: Термодинамика потока

Выберите один правильный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»

**Уравнение первого закона термодинамики для потока:**

$$+dq = dh + dl_{mex} + d(w^2/2)$$

$$dq = dh + dl_{mex}$$

$$dq = dh + d(w^2/2)$$

$$dq = du + pdv$$

**Сопловой канал предназначен для:**

увеличения давления потока

уменьшения скорости потока

+ускорения потока

торможения потока

**Диффузор предназначен для:**

+увеличения давления потока

уменьшения скорости потока

увеличения скорости потока

придания определенного направления движения потока

**В каналах переменного сечения ускорение потока связано с:**

увеличением давления газа

+уменьшением давления газа

уменьшением плотности газа

охлаждением газа

**В каналах переменного сечения торможение потока приводит к:**

+увеличением давления газа

уменьшением давления газа

увеличению плотности газа

увеличению теплоемкости потока

**Скорость адиабатного истечения из суживающегося сопла вычисляется по уравнению:**

$$w_2 = w_1$$

$$w_2 = \sqrt{2h_1 + w_1^2}$$

$$+w_2 = \sqrt{2(h_1 - h_2) + w_1^2}$$

$$w_2 = \sqrt{2(h_1 - h_2)}$$

**Для получения сверхзвукового течения на выходе из канала необходимо использовать:**

- суживающееся сопло
- + комбинированное сопло
- расширяющийся канал
- диффузор

**Таблица 3 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)  | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)  |  |  |
|---|---|--|--|
|   | на базовом уровне   | на повышенном уровне   |  |
|   | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла   | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла   | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла   |
| ИД-6 <sub>ПКос-1</sub><br>Организует работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент, в основном, знает материал по темам модуля технической термодинамики, в основном, знает способы повышения эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент по существу отвечает на поставленные вопросы, но допускает неточности при решении практических задач по технической термодинамике, готов к организации работы, связанной с повышением эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент принимает активное участие в ходе проведения практических занятий, правильно отвечает на поставленные вопросы по темам технической термодинамики, способен организовать работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования |

## Модуль 2. «Теоретические основы преобразования теплоты в энергетических установках»

### Вопросы для собеседования:

1. Второй закон термодинамики. Условия осуществления прямых циклов, термический КПД.
2. Цикл Карно в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах. Термический КПД цикла Карно и его анализ, теоремы Карно.
3. Водяной пар. Фазовые  $pT$ -,  $pV$ -,  $Ts$ -,  $hs$ -диаграммы, процесс парообразования в них.
4. Определение параметров воды и водяного пара с помощью таблиц и  $hs$ -диаграммы.
5. Расчет термодинамических процессов водяного пара по  $hs$ -диаграмме.
6. Цикл Ренкина на влажном паре. Термический КПД цикла.
7. Цикл Ренкина на перегретом паре. Термический КПД цикла.
8. Пути повышения термического КПД цикла Ренкина.
9. Основы теплофикации.
10. Термодинамический анализ в компрессорах. Одноступенчатое и многоступенчатое сжатие.
11. Работа компрессора в  $pV$ -диаграмме в различных процессах сжатия.
12. Исследование цикла ДВС с изохорным подводом тепла в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
13. Исследование цикла ДВС с изобарным подводом тепла в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
14. Исследование цикла ДВС со смешанным подводом тепла в  $pV$ - и  $Ts$ -диаграммах.
15. Цикл газотурбинных установок ГТУ с подводом тепла при  $p = \text{const}$ .
16. Цикл газотурбинных установок ГТУ с подводом тепла при  $v = \text{const}$ .
17. Сравнительный анализ циклов ГТУ и ДВС.
18. Основы гидроэнергетики: основные характеристики потока воды; уравнение неразрывности потока жидкости; уравнение Бернулли.
19. Гидродинамический напор, гидравлическое сопротивление и потеря напора жидкости.
20. Основные гидрологические характеристики рек: расход воды, работа водяного потока.
21. Преобразования энергии в гидроэнергетических установках.

### Фонд тестовых заданий для текущего контроля знаний по модулю 2

**Тема: Второй закон термодинамики, теоретические циклы тепловых двигателей**

*Выберите один верный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

**Термический КПД цикла Карно зависит только от:**

- абсолютной температуры горячего источника
- физических свойств рабочего тела
- абсолютных давлений горячего и холодного источников
- +абсолютных температур горячего и холодного источников

**Отношение работы, произведенной двигателем за цикл, к количеству теплоты, подведенной в этом цикле от горячего источника, называется:**

- коэффициентом использования теплоты
- коэффициентом трансформации теплоты



+термическим КПД цикла  
холодильным коэффициентом

**В результате осуществления кругового процесса получена работа, равная 90 кДж/кг, а отдано охладителю 60 кДж/кг. Определить термический КПД цикла.**

- 1,5
- 0,67
- + 0,6
- 0,4

**К газу в круговом процессе подведено 250 кДж/кг теплоты. Термический КПД равен 0,5. Найти работу, полученную в цикле.**

- +125 кДж/кг
- 500 кДж/кг
- 250 кДж/кг
- 125 кДж

**Почему цикл Карно называют циклом идеальной тепловой машины?**

машина, работающая по циклу Карно, не загрязняет окружающую среду  
+цикл Карно обеспечивает наивысший термический КПД при заданных температурах подвода и отвода теплоты  
при совершении цикла Карно параметры рабочего тела возвращаются к исходным значениям

машина, работающая по циклу Карно, имеет наименьшие массу и габариты

**Какой цикл реализуется в бензиновых двигателях?**

- цикл со смешанным подводом теплоты
- цикл Дизеля
- цикл Карно
- +цикл Отто

**Цикл классический Дизеля – это цикл:**

- со смешанным подводом теплоты
- + с подводом теплоты при  $p = \text{const}$
- с подводом теплоты при  $v = \text{const}$
- с подводом теплоты при  $T = \text{const}$

**Какой цикл реализуется в современных дизелях?**

- +цикл со смешанным подводом теплоты
- цикл Дизеля
- цикл Отто
- цикл Карно

**Подвод теплоты в бензиновом двигателе происходит при:**

- $p = \text{const}$
- $pv^k = \text{const}$
- + $v = \text{const}$
- $dq = 0$

**Подвод теплоты в цикле современного дизеля происходит при:**

- + $p = \text{const}$  и  $v = \text{const}$
- $pv^k = \text{const}$  и  $v = \text{const}$
- $v = \text{const}$  и  $v = \text{const}$
- $dq = 0$  и  $v = \text{const}$

**Отвод теплоты в бензиновом двигателе осуществляется при:**

- $p = \text{const}$
- $pv^k = \text{const}$

+  $v = \text{const}$

$dq = 0$

**Отвод теплоты в цикле Дизеля осуществляется при:**

$p = \text{const}$

$pv^k = \text{const}$

+  $v = \text{const}$

$dq = 0$

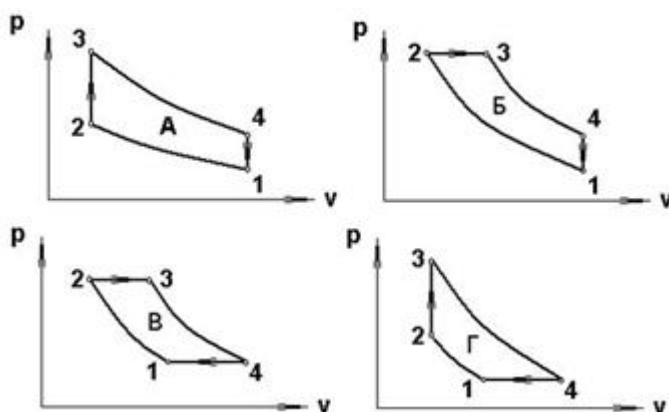
**Отвод теплоты в цикле современного дизеля осуществляется при:**

$p = \text{const}$

$pv^k = \text{const}$

+  $v = \text{const}$

$dq = 0$



**Выберите цикл ГТУ**

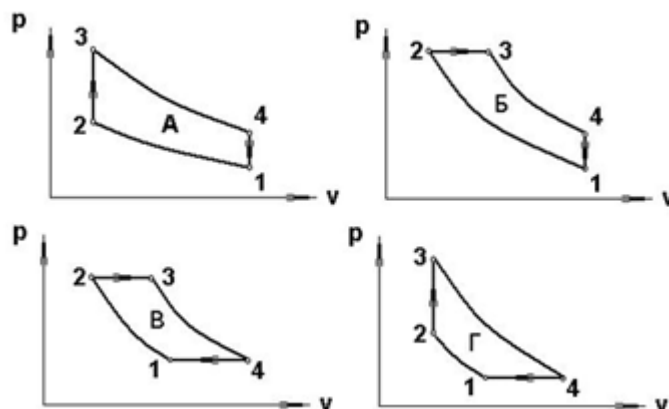
**с подводом теплоты при  $p = \text{const}$ :**

цикл А

цикл Б

+цикл В

цикл Г



**Выберите цикл ГТУ**

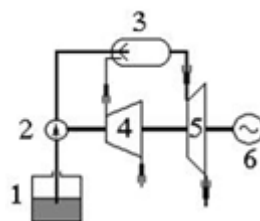
**с подводом теплоты при  $v = \text{const}$ :**

цикл А

цикл Б

цикл В

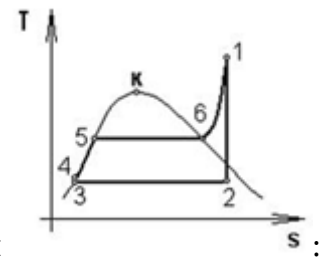
+цикл Г



**В схеме газотурбинной установки**

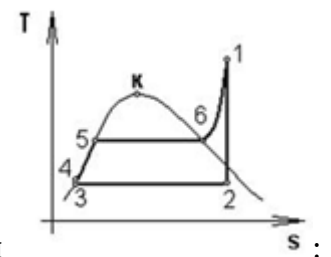
**элементы 3 и 4 соответствуют:**

+3 - камера сгорания, 4 - компрессор  
 3 - насос, 4 - электрический генератор  
 3 - камера сгорания, 4 - газовая турбина  
 3 - топливный бак, 4 - газовая турбина



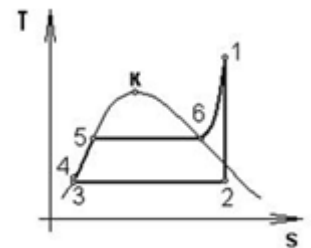
**В цикле Ренкина процесс парообразования соответствует линии**

- 1-2
- 4-5
- 3-5
- +5-6



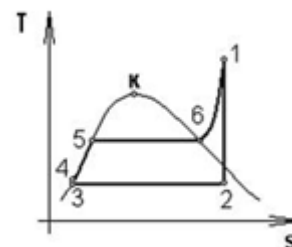
**В цикле Ренкина процесс конденсации соответствует линии**

- +2-3
- 5-6
- 1-2
- 6-1



**В цикле Ренкина процесс превращения воды в перегретый пар соответствует линии:**

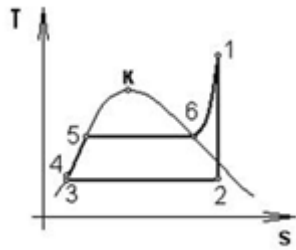
- 1-2-3
- +4-5-6
- 3-4-5
- 5-6-1



**Теплота в цикле Ренкина отводится в процессе**

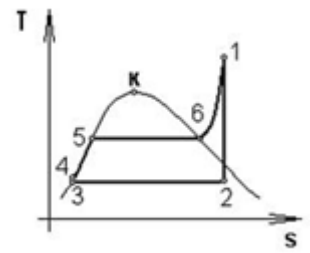
- 1-2
- +2-3
- 5-6
- 4-5

### Увеличение давления $p_1$ при неизменных остальных параметрах цикла Ренкина



приводит к:

- +увеличению термического КПД цикла
- не влияет на термический КПД цикла
- уменьшению термического КПД цикла
- увеличению затрат в цикле



### Теплота в цикле Ренкина подводится в процессах

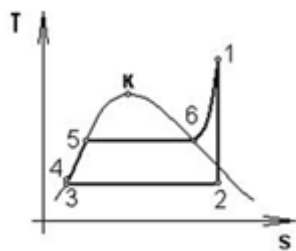
4-5-6

+4-5-6-1

5-6-1

3-4-5

### Уменьшение давления $p_2$ при неизменных остальных параметрах цикла Ренкина



приводит к:

- уменьшению термического КПД цикла
- +увеличению термического КПД цикла
- не влияет на термический КПД цикла
- ухудшению работы в цикле

Выберите несколько верных вариантов ответа и нажмите кнопку «Далее»

**Термический КПД цикла теплового двигателя:**

$$+\eta_{\tau} = \frac{i_0}{q_1} (50\%)$$

$$\eta_{\tau} = \frac{q_2}{q_1}$$

$$+\eta_{\tau} = 1 - \frac{q_2}{q_1} (50\%)$$

$$\eta_{\tau} = \frac{q_2}{q_1 - q_2}$$

**Таблица 4 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                       | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)  |   |  |
|--|---|---|--|
|  | на базовом уровне   | на повышенном уровне  |  |
|  | соответствует оценке «удовлетворительно»<br>50-64% от максимального балла   | соответствует оценке «хорошо»<br>65-85% от максимального балла  | соответствует оценке «отлично»<br>86-100% от максимального балла   |
| ИД-6пкКос-1<br>Организует работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент, в основном, знает материал по темам модуля устройства и принципов преобразования теплоты в ГТУ, ДВС, ПТУ и ГЭУ, в основном, знает способы повышения эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент по существу отвечает на поставленные вопросы по устройству и принципу преобразования теплоты в ГТУ, ДВС, ПТУ и ГЭУ, но допускает неточности при решении практических задач по тепловому расчету энергетических установок, готов к организации работы, связанной с повышением эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент принимает активное участие в ходе проведения практического занятия, правильно отвечает на поставленные вопросы по устройству и принципу преобразования теплоты в ГТУ, ДВС, ПТУ и ГЭУ, способен организовать работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования |

### Модуль 3. «Основы теории теплообмена»

#### Вопросы для собеседования:

Тема: Теплопроводность

1. Назовите известные Вам способы переноса теплоты в твердых телах, жидких и газообразных средах. Укажите механизм переноса теплоты в каждом случае.

2. Дайте понятие теплопроводности. Приведите два практических примера процесса теплопроводности.

3. Что называется температурным полем? Понятие стационарного и нестационарного температурного поля.

4. Что называется градиентом температуры? Обозначение, единицы измерения, физический смысл.

5. Что называется тепловым потоком, плотностью теплового потока? Их обозначение, взаимосвязь, единицы измерения.
6. Что характеризует коэффициент теплопроводности материала? Его обозначение и единицы измерения.
7. Основной закон теплопроводности. Математическое выражение и формулировка.
8. Запишите выражение закона Фурье через тепловой поток. Поясните величины, входящие в него.
9. Запишите выражение закона Фурье для удельного теплового потока. Поясните величины, входящие в него.
10. Запишите термическое сопротивление теплопроводности плоских и цилиндрических стенок.
11. Коэффициент теплопроводности и его физический смысл. Факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности.
12. Как рассчитывается стационарная теплопроводность через однослойные плоские стенки? Поясните величины, входящие в расчетное уравнение.
13. Коэффициент теплопроводности влажного или сухого воздуха больше и почему?
14. Как рассчитывается стационарная теплопроводность через однослойные цилиндрические стенки?
15. Как рассчитывается стационарная теплопроводность через многослойные цилиндрические стенки?
16. Зависит ли коэффициент теплопроводности материала от величины теплового потока, проходящего через этот материал?
17. Покажите график изменения температуры по толщине плоской стенки в системе координат  $t-x$ , указав направление теплового потока.
18. Закон распределения температуры по толщине цилиндрического слоя. Покажите в системе координат  $t-r$ .
19. Как рассчитывается стационарная теплопроводность через многослойные плоские стенки?
20. Сформулируйте закон Фурье, приведите его математическое выражение и объясните смысл знака «минус» в этом законе.
21. Запишите, как рассчитывается стационарная теплопроводность для двухслойной плоской стенки?
22. Покажите график изменения температуры в системе координат  $t-x$  для двухслойной плоской стенки, если первый слой лучше второго проводит тепло.

Тема: *Конвективный теплообмен*

1. Что называется теплоотдачей? Приведите два практических примера процесса теплоотдачи.
2. Сформулируйте и запишите основной закон конвективного теплообмена, поясните входящие в него величины.
3. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи, и какие факторы влияют на его величину?
4. Что называется конвекцией, виды конвекции, их влияние на процесс теплоотдачи?
5. От каких факторов зависит интенсивность переноса теплоты от поверхности твердого тела к среде, обтекающей его?
6. Запишите критериальное уравнение, описывающее процесс теплоотдачи при свободной конвекции.
7. Запишите критериальное уравнение, описывающее теплоотдачу при вынужденной конвекции.
8. Запишите, как рассчитывается критерий Нуссельта, и что он характеризует.
9. Запишите, как рассчитывается критерий Рейнольдса, и что он характеризует.
10. Что характеризует критерий Грасгофа и как он определяется?

11. Что общего и в чем различие при расчете теплоотдачи в условиях естественной конвекции для вертикальной и горизонтальной трубы?
12. Что характеризует критерий Прандтля и как он определяется?
13. Запишите уравнение Ньютона-Рихмана и объясните физический смысл величин, входящих в это уравнение. Какой теплообмен оно описывает?
14. Какие режимы движения среды различают? Охарактеризуйте их влияние на процесс теплоотдачи.
15. Какой критерий характеризует вынужденную конвекцию? Запишите формулу для его определения.
16. Какой критерий характеризует свободную конвекцию? Запишите формулу для его определения.
17. Расскажите, как можно интенсифицировать процесс теплоотдачи.
18. Что характеризует коэффициент теплоотдачи и от чего зависит?
19. Что называется пограничным слоем и как он влияет на процесс теплоотдачи?
20. Что такое термическое сопротивление теплоотдачи и как его можно рассчитать?
21. Что характеризует коэффициент теплоотдачи, как он обозначается и какую размерность имеет.
22. Запишите выражение для расчета потока теплоты, отдаваемой поверхностью  $F$  за одну секунду в среду, температура которой ниже, температуры стенки
23. Запишите уравнение, описывающее процесс теплоотдачи с  $1 \text{ м}^2$  поверхности стенки. Объясните значение входящих в это уравнение величин.

Тема: *Теплопередача*

1. Что называется теплопередачей? Приведите два практических примера процесса теплопередачи.
2. Запишите уравнение теплопередачи, объясните физический смысл величин, входящих в это уравнение.
3. Что характеризует коэффициент теплопередачи, и как он определяется при передаче теплоты через плоские стенки?
4. Что характеризует линейный коэффициент теплопередачи, и как он определяется при передаче теплоты через цилиндрические стенки?
5. Как рассчитать теплопередачу через плоские стенки? Поясните входящие в уравнение величины.
6. Как рассчитать процесс теплопередачи через цилиндрические стенки? Поясните входящие в уравнение величины.
7. Запишите выражения термического сопротивления теплопередачи для плоских стенок.
8. Запишите выражения термического сопротивления *теплопередачи* для цилиндрических стенок.
9. Назначение тепловой изоляции и условие ее выбора.
10. Запишите уравнение теплопередачи и назовите методы интенсификации этого процесса.
11. Как определяется термическое сопротивление *теплопередачи* через плоские стенки?
12. Запишите выражение для расчета термического сопротивления *теплопередачи* через многослойные плоские стенки
13. Как изменятся теплопотери через один квадратный метр кирпичной стены здания, если на нее нанести слой штукатурки? Обосновать с помощью формулы.
14. В чем отличие процессов теплоотдачи и теплопередачи? Подтвердите ответ уравнениями.
15. Запишите, как определить коэффициент теплопередачи для двухслойной плоской стенки?
16. Запишите выражение для расчета термического сопротивления *теплопередачи* двухслойной плоской стенки.
17. Запишите уравнение теплопередачи для теплообменного аппарата. Поясните входящие в него величины.

18. Дайте сравнительный анализ прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей.
19. Какая схема движения теплоносителей в теплообменнике предпочтительней и почему?
20. Запишите уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного аппарата.
21. Как определяются среднеарифметический и среднелогарифмический температурный напор в т/о аппарате?

## Фонд тестовых заданий для текущего контроля знаний по модулю 3

### Тема: Теплопроводность

*Выберите один верный вариант ответа и нажмите кнопку «Далее»*

#### **Температурное поле – это:**

значение температуры в стенке

значение температуры в среде

+совокупность значений температур в стенке или среде в данный момент времени

совокупность значений температур в пространстве

#### **Изотермическая поверхность - это геометрическое место точек, температура в которых:**

неодинакова

стационарна

+одинакова

не стационарна

#### **Тепловой поток – это количество теплоты:**

+передаваемое в единицу времени через произвольную поверхность

передаваемое в единицу времени через единичную площадь

участвующее в теплообмене

проходящее в единицу времени через единичную площадь при градиенте температуры, равном единице

#### **В законе Фурье вектор теплового потока направлен:**

так же, как и вектор градиента температур

так же, как и вектор коэффициента теплопроводности

противоположно вектору температур

+противоположно вектору градиента температур

#### **Согласно закону Фурье вектор плотности теплового потока, передаваемого теплопроводностью:**

обратно пропорционален градиенту температуры

обратно пропорционален градиенту температуры, взятому с обратным знаком

+пропорционален градиенту температуры, взятому с обратным знаком

пропорционален градиенту температуры

#### **Выражение закона Фурье:**

$$q = -\lambda \text{grad}T$$

$$q = -1/(\lambda \text{grad}T)$$

$$+q = -\lambda \text{grad}T$$

$$q = -\text{grad}T$$



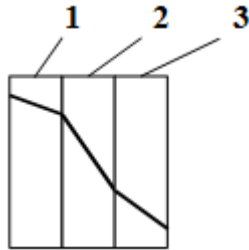
**Коэффициент пропорциональности  $\lambda$  в уравнении Фурье характеризует способность данного вещества:**

отводить теплоту

нагреваться

охлаждаться

проводить теплоту



**Какой слой**

слой 1

+слой 2

слой 3

по рисунку нельзя определить

**имеет наименьший коэффициент теплопроводности?**

**Укажите размерность коэффициента теплопроводности  $\lambda$ :**

+Вт / (м·К)

Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Вт/ м<sup>2</sup>

Дж/(м·К)

**Тепловой поток через плоскую стенку:**

прямо пропорционален термическому сопротивлению стенки

+ прямо пропорционален разности температур

обратно пропорционален коэффициенту теплопроводности

обратно пропорционален температурам

**Тепловой поток через цилиндрическую стенку:**

прямо пропорционален толщине стенки

прямо пропорционален температурам

+ обратно пропорционален термическому сопротивлению теплопроводности

обратно пропорционален температурам

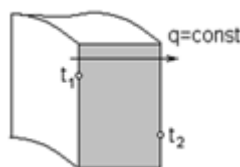
**Распределение температуры в однородной плоской стенке осуществляется по:**

логарифмической кривой

+прямой

параболе

гиперболе



**Распределение температуры осуществляется по:**

кривой

прямой

параболе

+ логарифмической кривой

**в однородной цилиндрической стенке**

**Термическое сопротивление теплопроводности плоской однородной стенки:**

$$R = \lambda/\delta$$

$$+R = \delta/\lambda$$

$$R = 1/\lambda$$

$$R = 1/\lambda \cdot \ln d_2/d_1$$

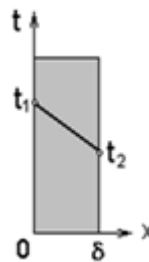
**Термическое сопротивление теплопроводности цилиндрической однородной стенки:**

$$R = \frac{\lambda}{\delta}$$

$$R = \frac{\delta}{\lambda}$$

$$R = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$$

$$+R = \frac{1}{2\pi\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} +$$



**Определить удельный тепловой поток** , если известны  $t_{c1} = 300^\circ\text{C}$ ,  
 $t_{c2} = 200^\circ\text{C}$ ,  $\delta = 100\text{мм}$ ,  $\lambda = 1 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ :

$$100 \text{ Вт/м}^2$$

$$+1000 \text{ Вт/м}^2$$

$$1 \text{ Вт/м}^2$$

$$0,1 \text{ Вт/м}^2$$

### Тема: Конвективный теплообмен

Выберите правильный вариант и нажмите кнопку «Далее»

**Процесс теплообмена между поверхностью твердого тела и жидкостью (газом) называется:**

теплопередачей

+теплоотдачей

теплопроводностью

теплоемкостью

**Уравнение, описывающее процесс теплоотдачи:**

$$Q = \lambda F \Delta T$$

$$Q = k F \Delta T$$

$$+Q = \alpha F \Delta T$$

$$Q = \lambda F \text{ grad } T$$

**В уравнении Ньютона-Рихмана тепловой поток прямо пропорционален:**

+ разности температур +

температурам

коэффициенту теплопередачи

градиенту температуры

**Теория подобия применяется для описания процесса:**

теплопроводности

теплопередачи

+ теплоотдачи  
теплоотвода

**Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  рассчитывается из критериального уравнения:**

Рейнольдса

Прандтля

+Нуссельта

Грасгофа

**О режиме течения жидкости в трубах судят по критерию:**

+Рейнольдса

Прандтля

Нуссельта

Грасгофа

**Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  характеризует:**

способность стенки отдавать тепло

+ интенсивность процесса теплоотдачи

физические свойства среды

интенсивность процесса теплопроводности

**Укажите размерность коэффициента теплоотдачи  $\alpha$ :**

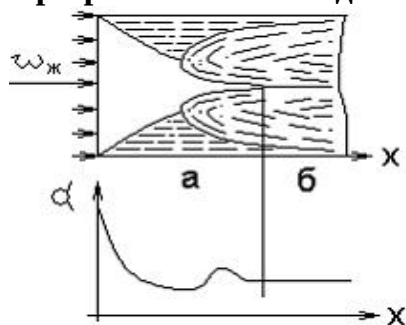
Вт / (м·К)

+Вт/(м<sup>2</sup>·К)

Вт/ м<sup>2</sup>

Дж/(м·К)

**При расчете теплоотдачи внутри трубы за определяющий размер**



**принимается:**

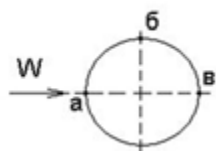
+внутренний диаметр трубы

наружный диаметр трубы

толщина стенки трубы

длина трубы

**При поперечном обтекании одиночной трубы за определяющий размер**



**принимается:**

внутренний диаметр трубы

+наружный диаметр трубы

толщина стенки трубы

длина трубы

**Вынужденная конвекция возникает около теплоотдающей поверхности за счет:**

теплого расширения нагретой жидкости

+действия внешнего источника (вентилятора, насоса, ...)

теплового расширения теплоотдающей поверхности материала  
теплового излучения

**Критериальное уравнение, описывающее процесс теплоотдачи при свободной конвекции:**

$$Nu = c (Re Pr)^n$$

$$+Nu = c (Gr Pr)^n$$

$$Nu = c Re^n Pr^m$$

$$Nu = c Gr^n Pr^m$$

**Критериальное уравнение, описывающее процесс теплоотдачи при вынужденной конвекции:**

$$Nu = c (Re Pr)^n$$

$$Nu = c (Gr Pr)^n$$

$$+Nu = c Re^n Pr^m$$

$$Nu = c Gr^n Pr^m$$

### Тема: Теплообмен излучением

*Выберите правильный вариант и нажмите кнопку «Далее»*

**Тела, поглощающая способность которых не зависит от длины волны, называются:**

+ абсолютно черными телам

абсолютно серыми телами

серыми телами

абсолютно белыми телами

**В законе Стефана-Больцмана лучеиспускательная способность тела E:**

прямо пропорциональна абсолютной температуре во второй степени

+ прямо пропорциональна абсолютной температуре в четвертой степени

обратно пропорциональна температуре во второй степени

прямо пропорциональна температуре в четвертой степени

**Закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела:**

$$+E = C_0 (T/100)^4$$

$$E = C (T/100)^4$$

$$E = \epsilon (T/100)^4$$

$$E = C (T/100)^2$$

**Излучают и поглощают лучистую энергию:**

He

O<sub>2</sub>

+CO<sub>2</sub>

N<sub>2</sub> и CO

**Закон Стефана-Больцмана для серого тела:**

$$E = C_0 (T/100)^4$$

$$+E = C (T/100)^4$$

$$E = \epsilon (T/100)^4$$

$$E = C (T/100)^2$$

**Собственное излучение серого тела E зависит от:**

температуры

состояния поверхности

+температуры и состояния поверхности

длины волны

**Тело называется абсолютно черным, если:**

$$A+R+D=1$$

$$+R+D = 0$$

$$D=0$$

$$A = 0$$

**Сумма потоков собственного и отраженного телом излучения называется:**

спектральной плотностью потока излучения

интегральным излучением

+эффективным излучением

селективным излучением

**Какое из тел при прочих равных условиях имеет наибольшую интенсивность излучения?**

со степенью черноты  $\varepsilon = 0$

со степенью черноты  $\varepsilon = 0,5$

со степенью черноты  $\varepsilon = 0,9$

+со степенью черноты  $\varepsilon = 1$

**С повышением температуры максимум интенсивности излучения:**

остается прежним

смещается в сторону более длинных волн

+смещается в сторону более коротких волн

не изменяется

**Интенсивность лучистого теплообмена уменьшится, если:**

повысить температуру излучаемого тела

увеличить степень черноты излучаемого тела

+уменьшить степень черноты излучаемого тела

изменить температуру излучаемого тела

**Кислород  $O_2$  и азот  $N_2$ , входящие в состав воздуха:**

+прозрачны для теплового излучения

обладают значительной поглощательной способностью

обладают значительной излучательной способностью

обладают значительной и излучательной, и поглощательной способностью

**Соотношение между излучательной способностью серого тела  $E$  и абсолютно черного  $E_0$  при одинаковой их температуре:**

$$E = E_0$$

$$E > E_0$$

$$+E < E_0$$

$$E \approx E_0$$

**Поток лучистой энергии рассчитывается по уравнению:**

$$Q = k F (T_2 - T_1)$$

$$+Q = C_0 \varepsilon_{\text{пр}} F [(T_2/100)^4 - (T_1/100)^4]$$

$$Q = \alpha F (T_2 - T_1)$$

$$Q = \lambda F (T_2 - T_1) / \delta$$

## Тема: Теплопередача. Теплообменные аппараты

Выберите правильный вариант и нажмите кнопку «Далее»

**Теплопередача - это процесс переноса теплоты:**

от горячей среды к холодной

+от горячей среды к холодной через разделяющую их стенку

от холодной среды к горячей через разделяющую их стенку

от холодной жидкости к горячей

**В уравнении теплопередачи тепловой поток:**

прямо пропорционален разности температур на поверхности стенки

+прямо пропорционален разности температур сред

обратно пропорционален коэффициенту теплопередачи

обратно пропорционален температурам

**В уравнении теплопередачи через цилиндрическую стенку тепловой поток:**

+прямо пропорционален коэффициенту теплопередачи

обратно пропорционален разности температур

обратно пропорционален коэффициенту теплопередачи

обратно пропорционален температурам

**Уравнение теплопередачи:**

$$Q = F (T_{c1} - T_{c2}) / R_{\lambda}$$

$$Q = k F (T_{c1} - T_{c2})$$

$$Q = \alpha F (T_c - T_{ж})$$

$$+Q = k F (T_{ж1} - T_{ж2})$$

**Коэффициент теплопередачи характеризует:**

способность стенки передавать тепло

интенсивность процесса теплоотдачи

+ интенсивность процесса теплопередачи

интенсивность процесса теплопроводности

**Укажите размерность коэффициента теплопередачи  $k$ :**

$$\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$$

$$+\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$$

$$\text{Вт}/\text{м}^2$$

$$\text{Дж}/(\text{м}\cdot\text{К})$$

**Термическое сопротивление теплопередачи через однослойную плоскую стенку:**

$$+R_0 = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2}$$

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}$$

$$R_0 = \frac{\delta}{\lambda}$$

**Теплообменником называют аппарат, предназначенный для:**

+нагрева одной среды за счет передачи теплоты от другой

подвода теплоты к теплоносителям

сообщения теплоты одному из теплоносителей

отнятия теплоты от горячего теплоносителя

**Какой характер имеет теплообмен в теплообменных аппаратах?**

теплопроводность

теплоотдача

+теплопередача  
тепловое излучение

**Рекуперативным называется теплообменник, у которого:**

происходит передача теплоты от одного теплоносителя к другому  
передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их границу раздела

+передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку

передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их жидкость

**Регенеративным называется теплообменник, у которого:**

передача теплоты между двумя жидкостями осуществляется через разделяющую стенку  
нагреваемая жидкость получает теплоту от стенки

обмен теплотой осуществляется при смешивании горячей и холодной жидкостей

+одна и та же поверхность нагрева омывается то горячей, то холодной жидкостью

**Смесительным называется теплообменник, у которого:**

передача теплоты между двумя жидкостями осуществляется через разделяющую стенку

+обмен теплотой осуществляется при смешивании горячей и холодной жидкостей

одна и та же поверхность нагрева омывается то горячей, то холодной жидкостью

нагреваемая жидкость получает теплоту от горячей жидкости

**Если в теплообменнике горячая и холодная жидкости протекают:**

параллельно и в одном направлении, то такая схема называется противоточной

параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется прямоточной

+параллельно и в одном направлении, то такая схема называется прямоточной

параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется приточной

**Если в теплообменнике горячая и холодная жидкости протекают:**

параллельно и в одном направлении, то такая схема называется противоточной

+параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется противоточной

в разных направлениях, то такая схема называется перекрестной

параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется приточной

**Поверхность, необходимая для передачи теплоты от горячего теплоносителя холодному определяется из уравнения:**

теплового баланса

Фурье

+теплопередачи для теплообменника

Ньютона-Рихмана

**Уравнение теплопередачи для теплообменного аппарата:**

$$q = k (t_{ж1} - t_{ж2})$$

$$Q = \alpha F (t_2 - t_1)$$

$$+Q = kF\Delta t_{cp}$$

$$Q = \frac{F}{R_0} (t_{ж1} - t_{ж2})$$

**При какой схеме движения теплоносителей требуется меньшая площадь поверхности теплообмена в теплообменных аппаратах?**

прямоточной

+противоточной

перекрестной

теплосъем не зависит от схемы движения

**Таблица 5 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                      | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)  |   |  |
|---|---|---|--|
|   | на базовом уровне   | на повышенном уровне  |  |
|   | соответствует оценке «удовлетворительно» 50-64% от максимального балла  | соответствует оценке «хорошо» 65-85% от максимального балла   | соответствует оценке «отлично» 86-100% от максимального балла  |
| ИД-6ПКос-1<br>Организует работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент, в основном, знает материал по способам переноса тепловой энергии, знает способы повышения эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент по существу отвечает на поставленные вопросы по способам переноса тепловой энергии, но допускает неточности при решении практических задач по теории теплообмена, готов к организации работы, связанной с повышением эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Студент принимает активное участие в ходе проведения практического занятия, правильно отвечает на поставленные вопросы по способам переноса тепловой энергии, способен организовать работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования |

## 2 ОЦЕНИВАНИЕ ПИСЬМЕННЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЕМЫХ УЧЕБНЫМ ПЛАНОМ

*Письменные работы не предусмотрены учебным планом.*

## 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

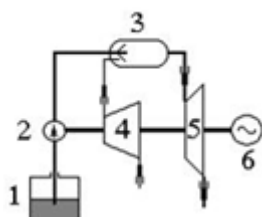
Форма промежуточной аттестации по дисциплине экзамен.

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

**ПКос-1. Способен осуществлять мониторинг технического состояния оборудования подстанций электрических сетей.**

**Задания закрытого типа**

*Выберите один правильный вариант ответа*



**1. В схеме газотурбинной установки**

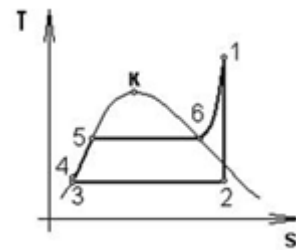
**элементы 3 и 4 соответствуют:**



- +3 - камера сгорания, 4 - компрессор
- 3 - насос, 4 - электрический генератор
- 3 - камера сгорания, 4 - газовая турбина
- 3 - топливный бак, 4 - газовая турбина

2. К газу в круговом процессе подведено 250 кДж/кг теплоты. Термический КПД равен 0,5. Работа, полученная в цикле:

- +125 кДж/кг
- 500 кДж/кг
- 250 кДж/кг
- 125 кДж



3. Теплота в цикле Ренкина отводится в процессе

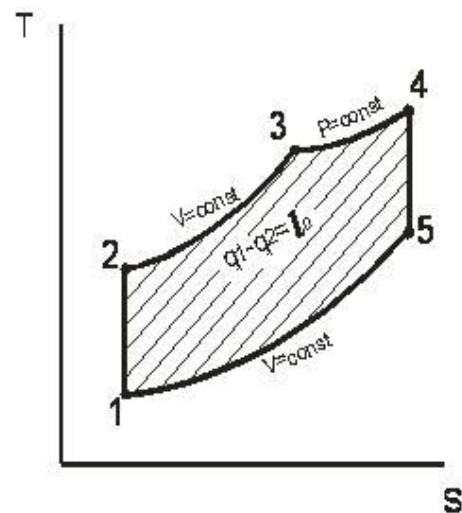
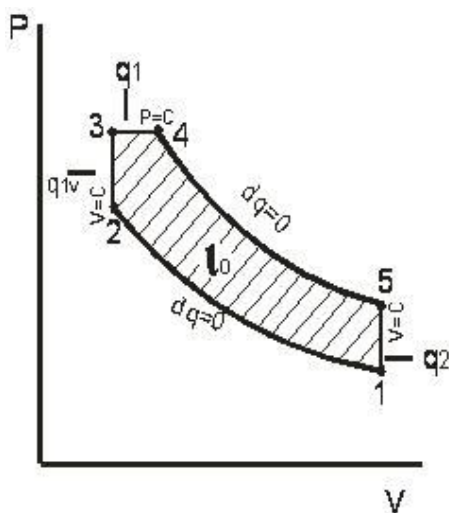
- 1-2
- +2-3
- 5-6
- 4-5

### Задания открытого типа

#### Практикоориентированные задания

1. Проведите анализ цикла ДВС с комбинированным подводом теплоты.

*Правильный ответ.* Цикл современного дизеля состоит из процессов: адиабатного сжатия (1–2) рабочего тела (воздуха); изохорного (2–3) с подводом теплоты  $q_{1v}$  и изобарного (3–4) с подводом тепла  $q_{1p}$  сгорания топлива в среде нагретого сжатого воздуха, адиабатного (4–5) с расширением рабочего тела (рабочий ход поршня) и изохорного (5–1) с отводом теплоты  $q_2$ .



Характеристики цикла:

$$\varepsilon = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} \text{ — степень сжатия;}$$

$$\lambda = \frac{P_3}{P_2} \text{ — степень изохорного повышения давления;}$$

$$\rho = \frac{\vartheta_4}{\vartheta_3} \text{ — степень предварительного (изобарного расширения).}$$

Количество подведённой в цикле теплоты:

$$q_1 = q_{1v} + q_{1p} = c_{\vartheta}(T_3 - T_2) + c_p(T_4 - T_3)$$

Количество отведённой теплоты:

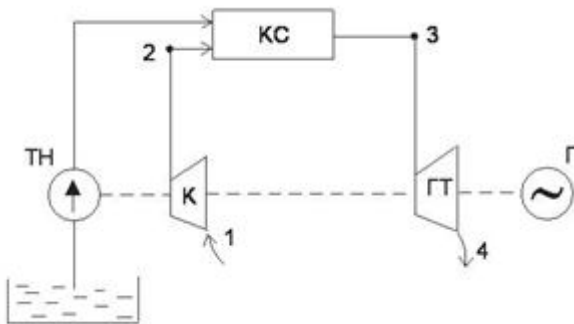
$$q_2 = c_{\vartheta} \cdot (T_5 - T_1)$$

Работа цикла:

$$l_0 = q_1 - q_2.$$

## 2. Поясните принцип работы газотурбинной установки, дайте схему.

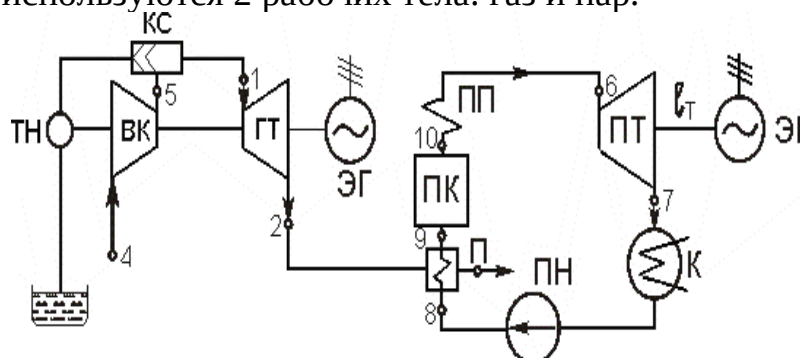
*Правильный ответ.*



Сжатый в компрессоре  $K$  воздух (в адиабатном процессе 1 – 2) поступает в камеру сгорания  $КС$ , куда подаётся топливным насосом  $ТН$  жидкое горючее. Горение происходит в камере сгорания  $КС$  (процесс 2 – 3) при постоянном давлении (или постоянном объеме) с подводом теплоты  $q_1$ . Продукты сгорания совершают работу (процесс адиабатного расширения газа 3 – 4) в газовой турбине  $ГТ$ , преобразуя тепловую энергию в механическую энергию вращения ротора. Отработавшие газы выпускаются в атмосферу, где отдают теплоту  $q_2$  при постоянном давлении.

## 5. Изобразите схему парогазовой энергетической установки. Поясните.

*Правильный ответ.* Парогазовые установки – это установки, в которых одновременно используются 2 рабочих тела: газ и пар.

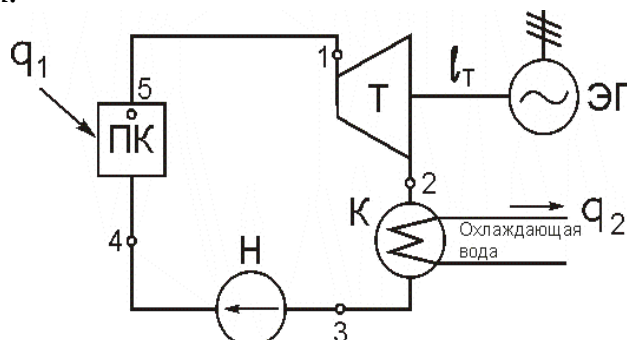


ГТ – газовая турбина; ЭГ – электрогенератор; ПК – паровой котел; ПП – пароперегреватель; ПН – питательный насос; К – конденсатор; ПТ – паровая турбина; ВК – воздушный компрессор; КС – камера сгорания; ТН – топливный насос; П-подогреватель.

Рис. Схема парогазовой установки:

**6. Изобразите принципиальную схему паротурбинной установки. Поясните.**

Правильный ответ.

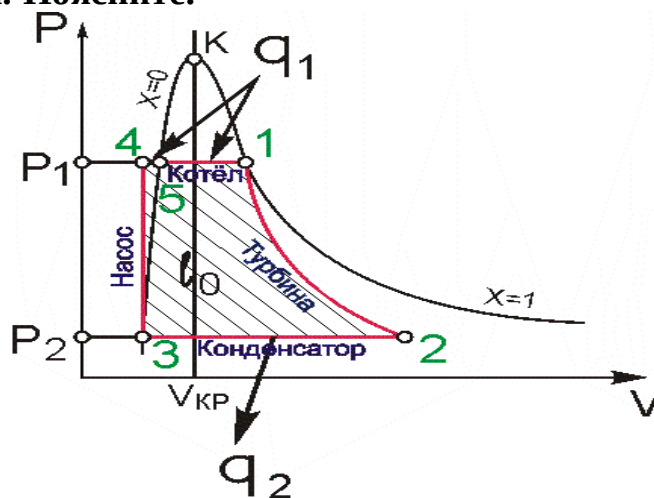


ПК – паровой котел (парогенератор), Т – паровая турбина, ЭГ – электрогенератор, К – конденсатор, Н – насос.

Рис. Принципиальная схема паротурбинной установки.

**7. Изобразите цикл Ренкина на насыщенном пару в PV диаграмме. Поясните.**

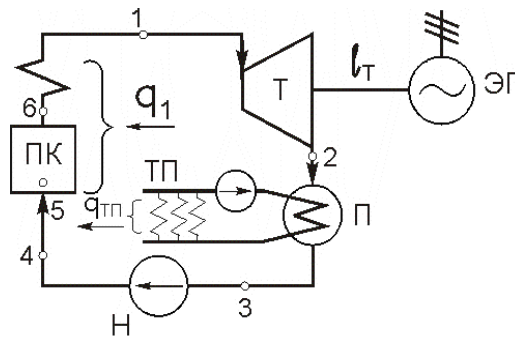
Правильный ответ.



1-2 – адиабатное ( $dq=0$ ) расширение пара в турбине с совершением полезной работы  $p_0$ ;  $t_2$  – влажный насыщенный пар (ВНП); 2-3 – изобарно-изотермический ( $p_2 = \text{const}; t_2 = \text{const}$ ) процесс конденсации ВНП в конденсаторе;  $t_3$  – конденсат (вода в состоянии насыщения) с параметрами  $p_2, t_2$ ; 3-4 – адиабатное ( $dq=0; v = \text{const}$ ) сжатие воды в насосе, увеличение давления от  $p_2$  до  $p_1$ ;  $t_4$  – не кипящая вода; 4-5 – подогрев воды до температуры кипения при  $p_1 = \text{const}$ ;  $t_5$  – кипящая вода с параметрами  $p_1, t_1$ ; 5-1 – превращение воды в пар в паровом котле при  $p_1 = \text{const}, t = \text{const}$ .

**8. Изобразите принципиальную схему ТЭЦ. Поясните.**

Правильный ответ.



ПК – паровой котел, Т – паровая турбина, ЭГ – электрогенератор, П – подогреватель, Н – насос, ТП – потребитель тепловой энергии.

Рис. Принципиальная схема ТЭЦ.

**Дайте развернутый ответ на вопрос**

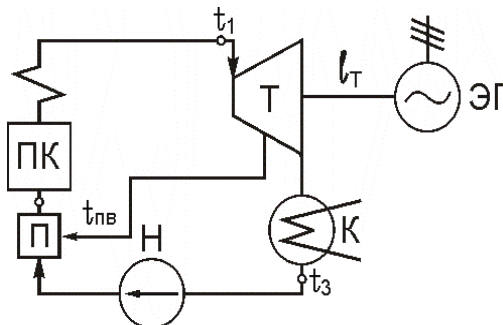
**3. В каких случаях повышается экономичность цикла Ренкина?**

*Правильный ответ.* Экономичность цикла Ренкина повышается при:

- увеличении начальных параметров пара (температуры  $t_1$  и давления  $p_1$ ) и, как следствие, переход на перегретый пар,
- понижении конечного давления  $p_2$ ,
- применении промежуточного перегрева пара,
- использовании регенерации,
- применении теплофикации.

**4. За счет чего увеличивается термический КПД в регенеративном цикле Ренкина? Дайте схему.**

*Правильный ответ.*



П – подогреватель, ПК – паровой котел, Т – паровая турбина, ЭГ – электрогенератор, К – конденсатор, Н – насос.

Пар, частично отработавший в турбине, направляется в подогреватель. В подогревателе пар отдает теплоту питательной воде, нагревая ее от температуры  $t_3$ , равной температуре насыщения, взятой при  $p_2$  ( $t_3 \approx 30^\circ\text{C}$ ), до температуры питательной воды, значительно превышающей температуру за насосом ( $t_{пв} = 130 \div 285^\circ\text{C}$ ). При этом работа пара за цикл не меняется. Эффективность цикла увеличивается за счет уменьшения подводимой теплоты  $q_1$  (т.к. питательная вода уже нагрета до температуры  $t_{пв} > t_3$ ). Термический КПД цикла Ренкина:

$$\eta^p = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_3}$$

Термический КПД регенеративного цикла:

$$\eta^{reg} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_{ПВ}},$$

причем,  $h_{ПВ} > p_3$ . Доля пара, идущего на подогрев воды, составляет 25-35%, а КПД цикла увеличивается на 10-12%.

Окончательные результаты обучения (формирования компетенций) определяются посредством перевода баллов, набранных студентом в процессе освоения дисциплины, в оценки:

– базовый уровень сформированности компетенции считается достигнутым, если результат обучения соответствует оценке «удовлетворительно» (50-64 рейтинговых баллов);

– повышенный уровень сформированности компетенции считается достигнутым, если результат обучения соответствует оценкам «хорошо» (65-85 рейтинговых баллов) и «отлично» (86-100 рейтинговых баллов).

#### 4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ПОВТОРНОЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Форма промежуточной аттестации по дисциплине *экзамен*.

Фонд оценочных средств для проведения повторной промежуточной аттестации формируется из числа оценочных средств по темам, которые не освоены студентом.

*Примечание:*

Дополнительные контрольные испытания проводятся для студентов, набравших менее **50 баллов** (в соответствии с «Положением о модульно-рейтинговой системе»).

**Таблица 6 – Критерии оценки сформированности компетенций**

| Код и наименование индикатора достижения компетенции (части компетенции)                                   | Критерии оценивания сформированности компетенции (части компетенции)  |
|--|---|
|  | на базовом уровне   |
|  | соответствует оценке «удовлетворительно» 50-64% от максимального балла  |
| ИД-6пКос-1 Организует работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования | Знает материал по темам модуля технической термодинамики, устройству и принципу преобразования теплоты в ГТУ, ДВС, ПТУ и ГЭУ, способам переноса тепловой энергии, по существу отвечает на поставленные вопросы, готов организовать работу по повышению эффективности энергетического и электротехнического оборудования |