Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крылова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 27.10.2026 16:12:02
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce392f7224a676a271b2

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ имени Михаила Туган-Барановского»**

кафедра холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ХТТ им. Осокина В.В.
_____ К. А. Ржесик
(подпись)
«24» 02 2025 г.

# ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по учебной дисциплине

**ФДТ.01 ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**
(шифр и наименование учебной дисциплины)

13.03.03 Энергетическое машиностроение;
38.03.01 Экономика
(код и наименование направления подготовки)

Холодильные машины и установки и экономика предприятия

Разработчик:

| д-р.техн.наук, профессор | | В.В.Карнаух |
|---|---|---|
| (должность) | (подпись) | (ФИО) |

Оценочные материалы рассмотрены и утверждены на заседании кафедры от «24» февраля 2025 года № 22

Донецк 2025 г.

**1. Паспорт**
**оценочных материалов по учебной дисциплине**
**«Физика низких температур»**

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения учебной дисциплины:

| № п/п | Код и наименование контролируемой компетенции | Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины (модуля) | Этапы формирования (семестр изучения) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 4 | 5 |
| 1. | ПК-3 Способен и готов к обслуживанию технологического оборудования | Тема 1. Свойства твердых тел при низких температурах. | 5 |
| | | Тема 2. Влияние холода на характеристики соединений. | 5 |
| | | Тема 3. Методы измерения низких температур. | 5 |
| | | Тема 4. Изоэнтропическое расширение с использованием детандеров. | 5 |
| | | Тема 5. Цикл Линде и цикл Клода. | 5 |
| | | Тема 6. Сосуды Дьюара для азота и гелия. | 5 |
| | | Тема 7. Основные элементы конструкции и принцип работы рефрижератора растворения. | 5 |
| | | Тема 8. Адиабатическое размагничивание. Термодинамика метода. | 5 |
| | | Тема 9. Криогенная техника и технология ее изоляции | 5 |

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 2.1 – Показатели оценивания компетенций

| № п/ | Код контроли-руемой компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Контролируемые разделы (темы) учебной дисциплины (модуля) | Наименование оценочного материала |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | ПК-3 | ПК-3.1 Способен к организационному обеспечению процессов технического обслуживания и ремонта автоматизированных технологических линий по производству продуктов питания<br>ПК-3.2 Способен к технологическому обеспечению процессов технического обслуживания и ремонта автоматизированных технологических линий по производству продуктов питания<br>ПК-3.3 Способен к выполнению операций технического обслуживания и ремонта автоматизированных технологических линий по производству продуктов питания. | Тема 1. Свойства твердых тел при низких температурах. | опрос, задачи |
| | | | Тема 2. Влияние холода на характеристики соединений. | |
| | | | Тема 3. Методы измерения низких температур. | |
| | | | Тема 4. Изоэнтропическое расширение с использованием детандеров. | опрос, задачи, тесты |
| | | | Тема 5. Цикл Линде и цикл Клода. | |
| | | | Тема 6. Сосуды Дьюара для азота и гелия. | |
| | | | Тема 7. Основные элементы конструкции и принцип работы рефрижератора растворения. | опрос, задачи |
| | | | Тема 8. Адиабатическое размагничивание. Термодинамика метода. | опрос, задачи, тесты, реферат |
| | | | Тема 9. Криогенная техника и технология ее изоляции | |

Таблица 2.2 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Опрос**»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерии оценивания |
|---|---|
| 2 | ответ дан на высоком уровне (обучающийся в полной мере ответил на поставленный вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.) |
| 1 | ответ дан на среднем уровне (обучающийся в целом ответил на поставленный вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.) |
| 0 | ответ дан на низком уровне (обучающийся допустил существенные неточности, с ошибками, и т.п.); на неудовлетворительном уровне или не дан вовсе (обучающийся не готов, затрудняется ответить и т.п.) |

Таблица 2.3 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Тесты**»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|---|---|
| 8-10 | ответы на тестовые задания показали высокий уровень знаний (правильные ответы даны на 90-100 % вопросов/задач) |
| 5-7 | ответы на тестовые задания показали средний уровень знаний (правильные ответы даны на 75-89 % вопросов/задач) |
| 1-4 | ответы на тестовые задания показали низкий уровень знаний (правильные ответы даны на 60-74 % вопросов/задач) |
| 0 | ответы на тестовые задания показали неудовлетворительный уровень знаний (правильные ответы даны менее чем 60 %) |

Таблица 2.4 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Задачи**»

| Шкала оценивания | Критерий оценивания |
|---|---|
| 2 | решение задачи представлено на высоком уровне (обучающийся верно и в полной мере ответил на поставленные вопросы, аргументированно пояснил свое решение, привел профильные термины и дал им определения, и т.п.) |
| 1 | решение задачи представлено на среднем уровне (обучающийся в целом верно ответил на поставленные вопросы, допустив некоторые неточности, и т.п.) |
| 0 | решение задачи представлено на низком уровне (обучающийся допустил существенные неточности, ошибки, которые повлияли на результат и т.п.); на неудовлетворительном уровне (обучающийся неверно решил задачу); или не решил вовсе |

Таблица 2.5 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Реферат**»

| Шкала оценивания (интервал баллов) | Критерий оценивания |
|---|---|
| 8-10 | реферат выполнен на высоком уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта на 85-100 %) |
| 5-7 | реферат выполнен на среднем уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта на 84-70 %) |
| 1-4 | реферат выполнен на низком уровне (правильные ответы даны на 69-50 % вопросов/задач) |
| 0 | реферат выполнен на неудовлетворительном уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта ниже 50 %) |

## Перечень вопросов для опроса:

1. Формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики.
2. Теплота и работа как функции процесса. Аналитическое выражение теплоты и работы через параметры состояния. Графическое изображение.
3. Формулировки и математическое выражение второго закона термодинамики.
4. Формулировки и математическое выражение третьего закона термодинамики.
5. Рабочие тела криогенных газовых машин. Требования.
6. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.
7. Основные этапы развития криогенных и низкотемпературных машин
8. Определение рациональной области применения расширительных машин
9. Устройство, действие и классификация поршневых детандеров
10. Основные определения. Индикаторная диаграмма поршневого детандера.
11. Энергетический баланс. Потери холодопроизводительности вследствие необратимости рабочих процессов.
12. Оценка эффективности поршневого детандера
13. Действительный цикл поршневого детандера. Влияние реальных свойств криоагента.
14. Области применения турбодетандеров. Схема, основные понятия
15. Расчет процесса в турбодетандере
16. Оптимизация параметров турбинной ступени
17. Термодинамический расчет газовой турбины. Определение геометрических и режимных параметров
18. Принцип действия и классификация
19. Принципиальные схемы криогенных газовых машин
20. Циклы и особенности рабочего процесса
21. Развитие теории и методов расчета криогенных газовых машин.
22. Гидродинамическая модель криогенной газовой машины.
23. Расчет индикаторных диаграмм полостей.
24. Аппараты внешнего теплообмена .
25. Конструкции и тепловой расчет регенераторов
26. Последовательность расчета криогенных газовых машин
27. Рекомендации по оптимизации криогенных газовых машин

## Тестовые задания:

1. Реальный газ – это:
   а) вещество, существующее в реальном мире;
   б) газоподобное состояние вещества, которое существует в природе;
   в) газоподобное тело, которое находится в состоянии близком к состоянию кипящей жидкости;
   г) газ, который находится в динамическом равновесии с жидкостью.

2. Какие параметры идеального газа называются основными:
   а) абсолютное давление, удельный объем и энтальпия;
   б) внутренняя энергия, энтальпия и энтропия;
   в) абсолютное давление, абсолютная температура и энтропия;
   г) абсолютное давление, удельный объем и абсолютная температура.

3. Как определяются конечные параметры рабочего тела в изохорном процессе?
   а) $P_2 = V_1 \cdot \frac{T_1}{T_2}$;
   б) $P_2 = P_1 \cdot \frac{T_1}{T_2}$;
   в) $T_2 = T_1 \cdot \frac{P_2}{P_1}$;
   г) $T_2 = T_1 \cdot \frac{P_1}{P_2}$.

4. Закон Шарля $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} = const$ описывает…
   а) изобарный процесс;
   б) адиабатный процесс;
   в) политропный процесс;
   г) изохорный процесс.

5. Как изменяется объем рабочего тела при изохорном подведении теплоты:
   а) увеличивается;
   б) не изменяется;
   в) уменьшается.

6. Изменение удельной внутренней энергии в процессе при v=const определяется по уравнению:
   а) $\Delta u = c_v(T_2 - T_1)$;
   б) $\Delta u = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT$;
   в) $\Delta u = mc_v(T_2 - T_1)$.

7. Как определяются конечные параметры рабочего тела в изобарном процессе?

а) $V_2 = \frac{V_1 T_1}{T_2}$;

б) $V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}$;

в) $T_2 = \frac{P_1 T_1}{P_2}$;

г) $T_2 = \frac{V_1 T_1}{P_2}$.

8. Как определяются конечные параметры рабочего тела в изотермическом процессе?

а) $P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1}$;

б) $P_2 = \frac{V_2 P_1}{V_1}$;

в) $V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$;

г) $V_2 = \frac{P_2 V_1}{P_1}$.

9. Какой термодинамический процесс описывает закон Бойля-Мариотта?

а) изохорный;
б) политропный;
в) адиабатный;
г) изотермический.

10. Теплота изотермического процесса определяется по формуле:

а) $q = R_i T \ln \frac{v_2}{v_1}$;

б) $q = R_i \, ln \frac{p_2}{p_1}$;

в) $q = 0$;

г) $Q = R \ln \frac{V_2}{V_1}$.

11. Изменение удельной энтальпии в изотермическом процессе определяется как:

а) $dh = c_v (T_2 - T_1) = 0$;

б) $dh = c_p (T_2 - T_1) = 0$;

в) $dh = c_n (T_2 - T_1) = 0$.

12. Теплота изобарного процесса определяется по формуле:

а) $Q = m \cdot c_v (T_2 - T_1)$;
б) $Q = c_p (T_2 - T_1)$;

в) $Q = k \cdot m \cdot c_v (T_2 - T_1)$;

г) $Q = m \cdot c_p (T_1 - T_2)$.

13. Как определяется изменение внутренней энергии газа в изобарном процессе?

а) $\Delta U = m \cdot c_p (T_1 - T_2)$;

б) $\Delta U = m \cdot c_p (T_2 - T_1)$;

в) $\Delta U = m \cdot c_v (T_1 - T_2)$;

г) $\Delta U = m \cdot c_v (T_2 - T_1)$.

14. Работа, которая выполняется рабочим телом в адиабатном процессе, определяется по формуле:

а) $l = \frac{1}{k-1}(p_1 v_1 - p_2 v_2)$;

б) $L = m \cdot c_v (T_1 - T_2)$;

в) $L = \frac{R}{k-1}(T_2 - T_1)$;

г) $L = m \cdot R (T_2 - T_1)$.

15. Работа, которая выполняется рабочим телом в изобарном процессе, определяется по формуле:

а) $l = p (v_2 - v_1)$;

б) $L = m \cdot R (T_2 - T_1)$;

в) $L = m \cdot c_p (T_2 - T_1)$;

г) $l = p (V_1 - V_2)$.

16. Как определяется изменение энтропии рабочего тела в политропном процессе?

а) $\Delta S = m\, c_v \frac{n-k}{n-1} \ln \frac{T_2}{T_1}$;

б) $\Delta s = c_n \ln \frac{T_2}{T_1}$;

в) $\Delta S = m\, c_n \ln \frac{T_1}{T_2}$;

г) $\Delta S = m c_p \ln \frac{T_2}{T_1}$.

17. Как определяется изменение энтальпии рабочего тела в политропном процессе?

а) $\Delta I = c_n (T_2 - T_1)$;

б) $\Delta I = c_p (T_2 - T_1)$;

в) $\Delta I = m\, c_n (T_2 - T_1)$;

г) $\Delta I = m\, c_p (T_2 - T_1)$.

18. Какой объем занимает каждый компонент в газовой смеси при $p_{см}$:

а) занимает весь объем;

б) занимает объем, пропорциональный его массе;

в) занимает объем, пропорциональный парциальному давлению компонента.

19. Какой вид приобретает первый закон термодинамики для произвольной массы рабочего тела:

а) $Q = \Delta U + L = (U_2 - U_1) + L$;

б) $\delta q = \Delta u + \delta l$;

в) $L = Q$;

г) $q = \Delta u + l = (u_2 - u_1) + l$.

20. Какой будет полная формулировка второго закона термодинамики, который предложил В. Освальд:

а) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuum mobile) второго рода»;

б) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuum mobile) первого рода»;

в) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuum mobile) второго рода, т.е. двигатель, который совершает работу за счет внутренней энергии теплового резервуара и при этом не изменяет термодинамическое состояние окружающих тел»;

г) «Невозможно создать вечный двигатель (perpetuum mobile).

21. Энтропия –это … параметр рабочего тела.

а) основной;

б) калорический;

в) интенсивный.

22. Идеальным циклом всех тепловых машин принято считать:

а) Цикл Тринклера;

б) Цикл Отто;

в) Цикл Брайтона;

г) Цикл Карно.

23. Какое из математических описаний второго закона термодинамики для обратимых процессов является верным?

а) $\oint \frac{\delta q}{T} = \oint ds = 0$;

б) $\oint \frac{\delta q}{T} \geq \oint ds$;

в) $\oint \frac{\delta q}{T} \leq 0$.

24. По какой формуле определяется изобарно-изотермический потенциал Гиббса?

а) $F = U - TS$

б) $G = F + pV$

в) $dH = TdS + Vdp$

г) $dF \leq -SdT - pdV$.

25. Какая аналитическая взаимосвязь между основными параметрами верна для адиабатного процесса:

а) $\frac{p_1}{p_2} = (\frac{v_1}{v_2})^k$;

б) $\frac{p_1}{p_2} = \frac{v_2}{v_1}$;

в) $\frac{p_1}{p_2} = (\frac{v_2}{v_1})^k$ ;

г) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1}{T_2}$ .

26. Для какой фазовой диаграммы состояния воды параметры тройной точки (т. А) приняты за начало координат?

а) фазовая диаграмма реальных газов в T-v координатах;

б) фазовая диаграмма реальных газов в p-v координатах;

в) фазовая диаграмма реальных газов в h-s координатах;

г) фазовая диаграмма реальных газов в logp-h координатах.

27. Какие изопроцессы водяного пара могут быть проанализированы при помощи фазовых диаграмм?

а) изотермический, изохорный, изобарный, политропный;

б) изотермический, адиабатный, изобарный, политропный;

в) изотермический, изохорный, изобарный;

г) изотермический, изохорный, изобарный, адиабатный.

28. Единицей измерения тепловой мощности N является:

а) кДж;

б) кДж/кг;

в) кВт;

г) кг/с.

29. Какая формулировка первого закона термодинамики для потока является более верной

а) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и выполнение технической работы;

б) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и кинетической энергии, и выполнение технической работы;

в) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и кинетической энергии;

г) Теплота, подводимая к рабочему телу извне, расходуется на повышение энтальпии и кинетической энергии, и выполнение работы трения.

30. Какие тепловые машины работают по прямому циклу Карно?

а) двигатели внутреннего сгорания, паросиловые и газотурбинные установки;

б) холодильные машины;

в) только паросиловые и газотурбинные установки;

г) тепловые насосы.

31. По какой формуле определяется термический КПД идеального прямого цикла Карно?

а) $\eta_t = 1 - \frac{\rho^k - 1}{k\varepsilon^{k-1}(\rho - 1)}$;

б) $\eta_\tau = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}} \cdot \frac{\lambda\rho^\kappa - 1}{(\lambda - 1) + \kappa\lambda(\rho - 1)}$;

в) $\eta_\tau = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\kappa-1}}$;

г) $\eta_\tau = 1 - \frac{T_2}{T_1}$.

32. Какой термодинамический цикл заложен в основу работы всех карбюраторных двигателей?

а) цикл со смешанным подводом теплоты (цикл Тринклера);

б) цикл с изохорным подводом теплоты (цикл Отто);

в) обратный цикл С.Карно;

г) реальный цикл Брайтона.

33. Диаграмма, построенная в T-s –координатах - это …

а) рабочая диаграмма;

б) тепловая диаграмма;

в) Декартовая диаграмма.

г) диаграмма Вукаловича.

34. Уравнение для определения количества теплоты Q с учетом массы вещества, записывается как:

а) $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$;

б) $q = m \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$;

в) $Q = c \cdot (T_2 - T_1)$.

35. Удельная мольная теплоемкость– это количество теплоты, которое нужно подвести к 1 кмолю вещества, чтобы нагреть его на …

а) 10 °С;

б) 10 К;

в) 1°С или 1К;

г) 100 К.

36. Что является рабочим телом газотурбинных установок?

а) топливно – воздушная смесь;

б) холодильный агент;

в) сжатый воздух;

г) водяной пар.

37. Какой термодинамический процесс происходит в турбине паросиловой установки?

а) дросселирование;

б) изобарно-изотермическая конденсация пара;

в) изобарно-изотермическое кипение воды;

г) адиабатное расширение пара.

38. При каком постоянном параметре происходит процесс в испарителях холодильных и теплонасосных установок?

а) $t = const$ ;

б) $\Delta h = const$;

в) $\Delta s = const$;

г) $V = const$.

39. Какой параметр характеризует эффективность обратного термодинамического цикла?

а) тепловой КПД $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затр}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$;

б) коэффициент работы $\varphi = \frac{l_t}{l_m} = \frac{l_m - l_к}{l_m} = 1 - \frac{l_k}{l_m}$;

в) коэффициент производительности (coefficient of performance - COP) $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} = \frac{T_2}{(T_1 - T_2)}$.

40. За счет какой теплоты происходит процесс кипения в испарителе теплонасосной установки?

а) высокопотенциальной теплоты воздуха;

б) низкопотенциальной теплоты грунта (воздуха, воды);

в) теплоты продуктов сгорания.

41. Какое из определений термина «эксергия» является верным?

а) максимально возможная работа, которую может совершать система, при обратном переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой;

б) сумма внутренней энергии вещества и потенциальной энергии давления;

в) количество теплоты, которое необходимо подвести к 1 кг газа, чтобы изменить его температуру на 1 К.

42. Согласно второму закону термодинамики, термический к.п.д. теплового двигателя определяется как:

а) $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затрач}} = 1$;

б) $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затрач}} \rangle 1$;

в) $\eta_\tau = \frac{l_{полезн}}{q_{затрач}} \langle 1$.

43. Согласно второму закону термодинамики, коэффициентом производительности (coefficient of performance - COP) холодильной машины является:

а) $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} \langle 1$;

б) $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} = 1$;

в) $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} \rangle 1$.

44. Какому состоянию водяного пара на фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара соответствует линия x=1?

а) влажный насыщенный пар;
б) перегретый пар;
в) насыщенная жидкость;
г) сухой насыщенный пар.

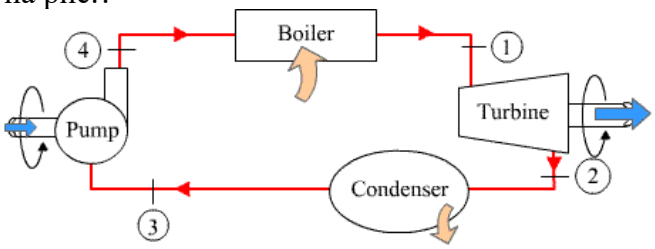
45. На фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара параметры критической точки следующие:
а) p=611 Па;  t= 0,01°C;
б) p=22,1МПа;  t=374,15°C;
в) p=22,1МПа;  t=20 °C;
г) p=611 Па;  t= 20 °C.

46 . Какому состоянию водяного пара на фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара соответствует линия x=0?
а) влажный насыщенный пар;
б) перегретый пар;
в) насыщенная жидкость;
г) сухой насыщенный пар.

47. На фазовых диаграммах состояния воды и водяного пара параметры тройной точки следующие:
а) p=611 Па;  t= 0,01°C;
б) p=22,1МПа;  t=374,15°C;
в) p=22,1МПа;  t=20 °C;
г) p=611 Па;  t= 20 °C;

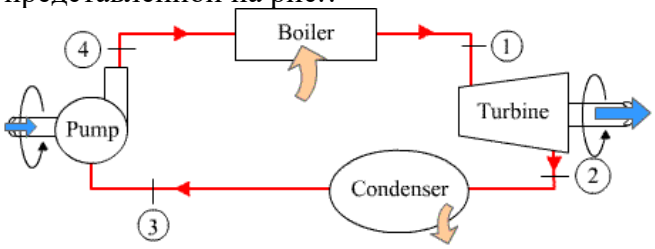
48. Фазовый переход вещества из твердой фазы в газоподобную называется:
а) кристаллизацией;
б) плавлением;
в) кипением;
г) сублимацией.
49. Водяной пар можно получить путем:
а) только кипения;
б) только испарения;
в) испарения и кипения;
г) конденсации.
50. Сухой насыщенный пар – это…
а) смесь пара с капельками влаги, равномерно распределенными во всем объеме пара;
б) пар, температура которого выше температуры насыщения при таком же давлении, як насыщенный пар;
в) пар, который находится в динамическом равновесии с насыщенной жидкостью;
г) пар, который не содержит влагу и находится при температуре насыщения.

51. Какой термодинамический процесс происходит в турбине установки, представленной на рис.?



а) Изобарное кипение;
б) Адиабатное сжатие;
в) Изотермическое расширение;
г) Адиабатное расширение.

52. При каком постоянном параметре осуществляется процесс в испарителе установки, представленной на рис.?

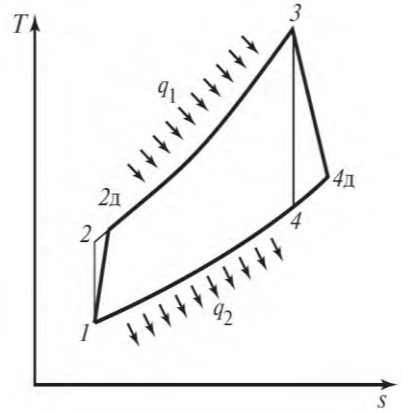



а) t =const;
б) s = const;
в) h = const;
г) $c_p$ = const.

53. Продолжите утверждение «В обратимых циклах все процессы обратимы, поэтому адиабатные процессы сжатия в компрессоре и расширения в турбине в газотурбинной установке обратимы, т.е. осуществляются без трения, и поэтому …»
а) изоэнтропны;
б) изобарны;
в) изохорны;
г) политропны.

54. Какое вещество принимают за рабочее тело в газотурбинной установке?
а) водяной пар;
б) диоксид углерода;
в) воздух;
г) кислород.

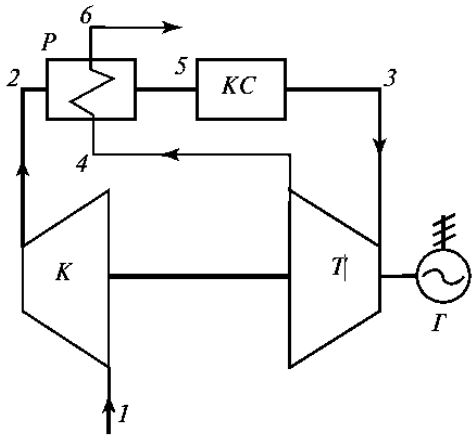
55. Цикл газотурбинной установки, представленный на рис., это…



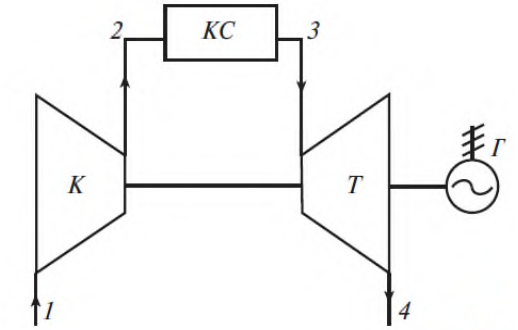

а) цикл Отто;
б) цикл Дизеля;
в) цикл Карно;
г) цикл Брайтона.

56. Какое рабочее тело покидает камеру сгорания и поступает на турбину газотурбинной установки?
а) воздух;

б) смесь продуктов сгорания и воздуха, не участвующего в процессе окисления топлива;
в) продукты сгорания;
г) водяной пар.
57. Как называется цикл газотурбинной установки, представленной на рис.?




а) цикл ГТУ с регенерацией;
б) базовый цикл ГТУ;
в) цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и расширением рабочего тела;
г) цикл ГТУ с перегревом.
58. Как называется цикл газотурбинной установки, представленной на рис.?




а) цикл ГТУ с регенерацией;
б) базовый цикл ГТУ;
в) цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и расширением рабочего тела;
г) цикл ГТУ с перегревом.
59. Идеальный газ совершает цикл Карно. Работа изотермического расширения равна 5 Дж. Определить работу изотермического сжатия, если КПД цикла 0,2.
а) 0,4;
б) 4,8;
в) 4;
г) 5,2.
60.Определить работу изотермического сжатия газа, совершающего цикл Карно, КПД которого равен 40%, а работа изотермического расширения равна 8 Дж.

а) 0,4;
б) 4,8;
в) 4;
г) 3,2.
61. Фазовый переход вещества из парообразного состояния в жидкое при постоянной температуре – это…
а) испарение;
б) конденсация;
в) десублимация;

г) кипение.
62. Процесс фазового перехода пара в твердое состояние вещества, минуя жидкую фразу, - это …
а) испарение;
б) конденсация;
в) десублимация;
г) сублимация.

63. Как называется пар, имеющий значение температуры выше значения температуры насыщенного пара при том же давлении?
а) перегретый пар;
б) влажный ненасыщенный пар;
в) сухой насыщенный пар;
г) влажный насыщенный пар.

64. Какое состояние соответствует определению «однофазная система без капелек жидкости при температуре насыщения»?

а) перегретый пар;
б) влажный насыщенный пар;
в) сухой насыщенный пар;
г) влажный ненасыщенный пар.

65. Какое качественное состояние характерно для водяного пара при степени сухости x=0,3?

а) 30% сухого насыщенного пара и 70% насыщенной жидкости;
б) 3,0% сухого насыщенного пара и 70% насыщенной жидкости;
в) 30% насыщенной жидкости и 70% сухого насыщенного пара;
г) 30% насыщенной жидкости и 70% влажного насыщенного пара.

66. Какое качественное состояние характерно для водяного пара при (1-x)=0,35?

а) 35% ненасыщенной жидкости и 65% влажного насыщенного пара;
б) 35% насыщенной жидкости и 65% влажного насыщенного пара;
в) 65% насыщенной жидкости и 35% сухого насыщенного пара;
г) 65% сухого насыщенного пара и 35% насыщенной жидкости.

67. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R718»?

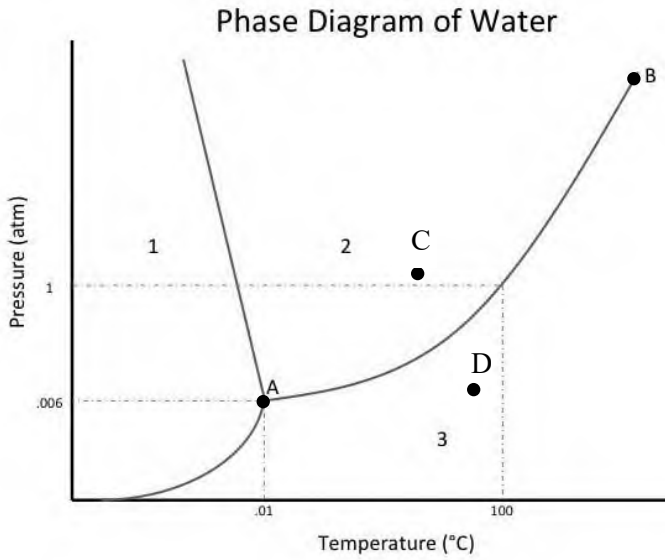
а) углекислый газ;
б) кислород;
в) водяной пар;
г) изобутан.

68. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R744»?

а) углекислый газ;
б) кислород;
в) водяной пар;
г) изобутан.

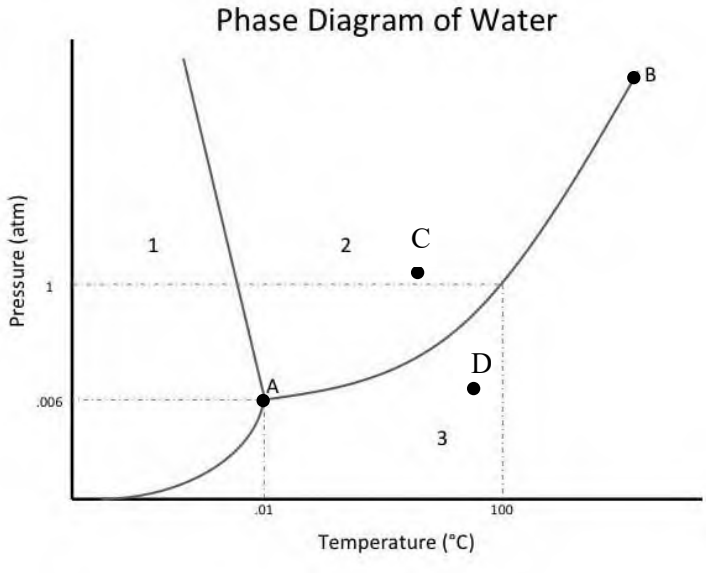
69. Какое числовое значение удельного объема ($м^3$/кг) соответствует состоянию сухой насыщенный пар при $p$=0,004 МПа? (использовать таблицы или фазовые диаграммы)
а) 3,9949;
б) 0,0010265;
в)0,001004;
г) 34,803.

70. Какая точка на диаграмме $p$-$T$ соответствует состоянию критической точки?




а) точка, над которой нет различий термодинамических параметров в жидкой и газообразной фазах. Соответствует т. В;
б) точка, в которой фазы твердого, жидкого и газообразного состояний сливаются. Соответствует т.А;
в) точка в области плавления. Соответствует т.С;
г) точка в области пара. Соответствует т.D.

71. Какая точка на диаграмме $p$-$T$ соответствует состоянию тройной точки?



а) точка, над которой нет различий термодинамических параметров в жидкой и газообразной фазах. Соответствует т. В;
б) точка, в которой фазы твердого, жидкого и газообразного состояний сливаются. Соответствует т.А;
в) точка в области плавления. Соответствует т.С;
г) точка в области пара. Соответствует т.D.

72. Какое направление имеет вектор удельного теплового потока по закону теплопроводности (закон Фурье):
а) направление, перпендикулярное вектору градиента температуры;
б) направлен противоположно направлению вектора градиента температуры;
в) совпадает с направлением вектора градиента температуры;
г) не связан с вектором градиента температуры.

73. Вектор температурного градиента (grad t) направлен по нормали к изотермической поверхности в сторону ...
а) увеличения температуры;
б) уменьшения температуры;
в) постоянной температуры;
г) не направлен по нормали.

74. Согласно Закону Фурье, вектор удельного теплового потока ...
а) $q = \alpha \Delta T$ ;
б) $\bar{q} = -\overline{grad\ T}$ ;
в) $\bar{q} = -grad\ T$ ;
г) $q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t$ .

75. Конвективным теплообменом называют процесс переноса теплоты:
а) обусловленный наличием градиента температуры;
б) в стационарных полях;
в) в вакууме;
г) осуществляемый подвижными объемами (макроскопическими элементами среды).

76. Свободная конвекция возникает за счет:
а) действия сторонних возбудителей насоса, вентилятора и др.;
б) разницы плотности нагретых и холодных потоков среды;
в) одновременным воздействием разницы температур и сторонних возбудителей;
г) исключительно природное явление.

77. Единицей измерения коэффициента конвективного теплообмена является:
а) $\frac{Bm}{м^2 \cdot K}$ ;
б) $\frac{Bm}{м^2 \cdot K^4}$ ;

в) $\frac{Вт}{м \cdot К}$;

г) $\frac{Дж}{м^2 \cdot с \cdot К^4}$.

78.Интенсивность конвективного теплообмена оценивается:
а) коэффициентом теплопередачи;
б) коэффициентом поглощения;
в) коэффициентом интенсивности теплообмена;
г) коэффициентом теплоотдачи.

79. Турбулентное движение среды возникает за счет:
а) послойного, струйного перемещения частиц;
б) вихревого движения потоков воды;
в) под воздействием турбулизатора;
г) исключительно природное явление.

80. В процессах конвективного теплообмена критерий Нуссельта (Nu) является:
а) определяющим;
б) не определяемым;
в) определяемым;
г) не используется.

81. Критериальное уравнение, описывающее процессы теплообмена в свободной конвекции, имеет вид:
а) Nu = f (Gr, Pr);
б) Nu = f (Re, Pr);
в) Nu = f (Reш, Reг);
г) Nu = f (Re, Gr, Pr);

82. Плотность теплового потока в стационарном поле для конвективного теплообмена находятся из выражения:

а) $\bar{q}_к = -\frac{\lambda_{град}}{\delta} \cdot T$;

б) $\bar{q}_K = \alpha \cdot (T_c - T_{ж})$;

в) $\bar{q}_T = \alpha \cdot \Delta_{град} \cdot T$;

г) $\bar{q}_K = \alpha \cdot F \cdot (T_c + T_{ж})$.

83. Тепловой поток при передаче теплоты конвективным способом определяется как:

а) $\Phi = \alpha \cdot (t_{ст} - t_{ж}) \cdot F$;

б) $\Phi = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{I}{100}\right)^4 \cdot F$;

в) $Ф = \frac{(t_1 + t_2) \cdot F}{R_{ст}}$;

г) $\Phi = k_{пол} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F$.

84. Количество теплоты, отдаваемое или принимаемое поверхностью стенки, при конвективном теплообмене определяется выражением:

а) $Q = \frac{t_1 - t_2}{R_{пол}} \cdot F \cdot \tau$;

б) $Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$;

в) $Q = \alpha \cdot (t_{ст} - t_{ж}) \cdot F \cdot \tau$;

г) $Q = k_{пол} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$.

85. Какой размер принимается для цилиндрической трубы, обдуваемой наружным воздухом, в качестве определяющего размера?
а) длина трубы;
б) внутренний диаметр трубы;
в) внешний диаметр трубы;
г) средний диаметр.

86. Какой физический смысл числа Прандтля равного единице Pr = 1?
а) гидродинамический пограничный слой численно равен тепловому пограничному слою;
б) гидродинамический пограничный слой отсутствует;
в) тепловой пограничный слой отсутствует;
г) тепловой пограничный слой во много раз превышает гидродинамический пограничный слой.

87. По абсолютному значению коэффициент теплоотдачи для труб, расположенных в шахматном порядке, ...:
а) больше коэффициента для труб, расположенных в коридорном порядке;
б) меньше коэффициента для труб, расположенных в коридорном порядке;
в) равен по значению коэффициенту для труб, расположенных в коридорном порядке.

88. Число гидродинамического подобия Рейнольдса – это:

а) $Re = \frac{v \cdot \alpha}{a}$;

б) $Re = \frac{\omega \cdot d}{v}$;

в) $Re = \frac{\alpha \cdot l}{v}$;

г) $Re = \frac{\omega \cdot l}{a}$.

89. Теплообменные аппараты, служащие для передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, называются:
а) смесительные;
б) перекрёстные;
в) регенеративные;
г) рекуперативные.

90. Уравнение для расчета рекуперативных теплообменных аппаратов имеет вид:

а) $\Phi = k \cdot \Delta t_{ср} \cdot F$;

б) $\Phi = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \left( \frac{T}{100} \right)^4 \cdot F$;

в) $\Phi = \frac{(t_1 - t_2)}{R_{общ}} \cdot F$;

г) $q = k \cdot \Delta t$.

91. При конструктивном расчете теплообменных аппаратов поверхность теплообмена определяется из уравнения:

а) $F = \frac{\Phi}{k_{пол} \cdot \Delta t_{ср}}$;

б) $F = \frac{Q \cdot R_{пол}}{\Delta t_{ср} \cdot \tau}$;

в) $F = \frac{Q}{k_{пол} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \tau}$;

г) $F = \frac{\Phi}{\alpha \cdot (t_{СТ} - t_{Ж})}$.

92. Какой общий вид критериального уравнения для процессов теплообмена при свободной конвекции?

а) Nu = f (Re, Gr, Pr);

б) Nu = f (Re, Pr);

в) Nu = f (Reш, Reг);

г) Nu = f (Gr, Pr).

93. Для которого ряда пучка труб коэффициент теплоотдачи принимает максимальное числовое значение?

а) для первого ряда;

б) для третьего ряда;

в) расположение по рядам не влияет на значение коэффициента теплоотдачи;

г) для второго ряда.

94. Коэффициент излучения энергии с поверхности тела характеризует:

а) интенсивность теплоотдачи;

б) интенсивность нагрева тела;

в) интенсивность поглощения энергии;

г) интенсивность теплового излучения.

95. Регенеративным называется теплообменник, у которого:

а) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку;

б) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется при непосредственном их контакте;

в) горячий теплоноситель соприкасается с твердым телом и отдает ему теплоту, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом;

г) горячий теплоноситель соприкасается с газообразным телом, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом.

96. Смесительным называется теплообменник, у которого:
а) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку;
б) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется их непосредственным соприкосновением;
в) горячий теплоноситель соприкасается с твердым телом и отдает ему теплоту, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом;
г) горячий теплоноситель взаимодействует с твердым телом, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту.

97. Если в теплообменнике горячая и холодная жидкости протекают:
а) параллельно и в одном направлении, то такая схема называется прямоточной;
б) параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется прямоточной;
в) параллельно и в одном направлении, то такая схема называется противоточной;
г) параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется приточной.

98. Для противотока:
а) конечная температура холодной жидкости всегда выше конечной температуры горячей жидкости;
б) конечная температура холодной жидкости всегда равна конечной температуры горячей жидкости;
в) конечная температура холодной жидкости всегда ниже конечной температуры горячей жидкости;
г) конечная температура холодной жидкости выше начальной температуры горячей жидкости.

99. По какойформулеопределяетсясереднелогарифмическийтемпературныйнапор при расчете теплообменных аппаратов?
а) $\Delta t_{вх} = t_1^{'} - t_2^{'}$;
б) $\Delta t_{вых} = t_1^{''} - t_2^{'}$;
в) $\Delta t_{ср} = \dfrac{\Delta t_{вх} - \Delta t_{вых}}{\ln \dfrac{\Delta t_{вх}}{\Delta t_{вых}}}$;
г) $\dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \dfrac{m_2 \cdot C_{p2}}{m_1 \cdot C_{p1}}$ .

100. Теплообменником называют аппарат, предназначенный:
а) только для отвода теплоты от теплоносителей;
б) только для подвода теплоты к теплоносителям;
в) для передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному;
г) для передачи теплоты от твердого тела к газу.

## Перечень тем рефератов:

1. Третий закон термодинамики. Формулировка и основное содержание.
2. Эксергия и эксергетичекий баланс термодинамической системы.

3. Схема и цикл работы (в p-v и T-s координатах) турбореактивного двигателя.
4. Схемы и цикл работы (в p-v и T-s координатах) воздушной холодильной машины.
5. Схема и цикл работы (p-v и T-s координатах) паровой холодильной машины.
6. Реальные циклы газотурбинных установок. Примеры внедрения.
7. Действительные циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Определение КПД двигателя.
8. Способы повышения мощности двигателей внутреннего сгорания.
9. Схема и цикл работы двигателя внешнего сгорания – двигатель Стерлинга.
10. Конструкция современных экологичнобезопастных двигателей. Область применения.
11. Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.
12. Особенности теплоотдачи при изменении агрегатного состояния вещества.
13. Основные критериальные числа тепломассообмена. Методика определения коэффициента тепломассопереноса.
14. Основные уравнения тепломассопереноса. Число Льюиса.
15. Особенности термодинамических процессов в градирнях.
16. Примеры конструкций теплообменников с непосредственным контактом сред.
17. Расчёт процессов в непрямых выпарных охладителях (НВО)
18. Расчёт процессов в прямых выпарных охладителях (ПВО).
19. Анализ открытых термодинамических систем.
20. Основные закономерности потока идеального газа в соплах и диффузорах.
21. Уравнения, описывающие процессы дросселирования газов и паров.
22. Работа с фазовыми таблицами ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers);
23. Изучение схемы и принципа работы двигателя Стирлинга.

## Задачи (типовые):

1. Пустой баллон для аргона вместимостью 40 дм$^3$ имеет массу 64 кг. Определить массу баллона с аргоном, если при температуре 15°С баллон наполнить газом до давления 15 МПа. Как изменится давление аргона, если баллон внести в помещение с температурой 25°С?
2. Объемный состав газа, который горит: CO=10%; $H_2$=45%; CH=35%; $C_2H_4$=4%; $CO_2$=3%; N=3%. Определить молекулярную массу, удельную газовую постоянную, плотность и удельный объем смеси при НФУ.
3. Определить среднюю объемную изобарную теплоемкость азота в интервале температур от 35 $^0$С до 170 $^0$С.
4. Азот в количестве 10 м$^3$ (приведенный к НФУ) заключили в герметично закрытый сосуд и нагрели до температуры $t_1$ = 1450°С, давление $p_1$ при этом стало 3,8 МПа. После того газ охлаждали до $t_2$ = 47 °С. Каким стало давление после охлаждения и сколько теплоты было отведено? Считать теплоемкость не зависящей от температуры.
5. Начальные параметры водяного пара $p_1$=1 МПа и $t_1$=300°С. До какого давления нужно адиабатно расширять пар, чтобы он стал сухим насыщенным и какой при этом будет его температура?
6. Определить конечное состояние и все параметры, полученные в результате адиабатного сжатия в компрессоре влажного насыщенного водяного пара с параметрами $p_1$=0,005 МПа и x=0,855. Работа, затраченная при этом в компрессоре, равна 650 кДж/кг.
7. Для цикла ДВС с подводом теплоты при *p*-const определить полезную работу, отнесенную к 1 кг рабочего тела и термический КПД, если $p_1$=0,098 МПа, $t_1$=50°С, $\varepsilon$ =14, $\rho$=1,67. Принять $k$=1,4.

8. В цикле воздушной холодильной машины параметры перед компрессором $p_1$=0,1МПа, $t_1$=-10°С. Параметры перед детандером $p_3$=0,5 МПа, $t_3$=15°С. Определить холодильный коэффициент, холодопроизводительность, отведенную теплоту от рабочего тела, работу, затраченную на осуществление цикла 1 кг воздуха.
9. Компрессор втягивает влагу воздуха, относительная влажность которого 80%, а температура 17°С, и подает в систему пневматического регулирования. Сколько водяного пара попадает в систему за 8 часов, если расход воздуха 100 м$^3$/час.
10. Для сушки продуктов используют воздух, начальные параметры которого $t_1$=30°С и $\varphi_1$=0,6. В калорифере оно подогревается до $t_2$=60°С и направляется в сушильную, откуда выходит, имея температуру $t_3$ = 30°С. Определить конечное влагосодержание воздуха, расходы воздуха и теплоты на 1 кг выпаренной влаги.
11. Для уменьшения потерь холода через стенки испарителя холодильного устройства запроектированы два варианта конструкции изоляции различной толщины.
12. 1-ый вариант: корковая пластина (λ=0,042 Вт/(м·К), δ=16 мм);
войлок шерстяной (λ=0,052 Вт/(м·К), δ=32 мм);
линолеум (λ=0,186 Вт/(м·К), δ=4 мм).

2-ой вариант: стеклянная вата (λ=0,04 Вт/(м·К), δ=40 мм);
фанера сосновая (λ=0,106 Вт/(м·К), δ=5 мм);
лак асфальтовый (λ=0,7 Вт/(м·К), δ=2 мм).
Рассчитать, какой вариант изоляции лучший в теплотехническом отношении. Стенку аппарата принять плоской.
13. Вычислить среднее значение коэффициента теплоотдачи и количество теплоты, отдаваемого поверхностью пластины, которая омывается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно 200 м/с и 30°С. Температура поверхности пластины 90°С. Длина пластины вдоль потока 120 мм, а ее ширина 200 мм.
14. Теплообменник для охлаждения воды представляет собой бак, внутри которого размещен змеевик. По змеевику циркулирует раствор хлористого натрия. Радиус змеевика 0,6 м, диаметр трубок змеевика 21 мм. Средние температуры внутренней поверхности трубы 0°С и раствора минус 3°С. Скорость движения раствора 1,2 г/с, концентрация раствора 11%. Определить общую длину змеевика, если тепловой поток, передаваемый раствора, равный 10 кВт. Физические характеристики раствора при минус 3°С: $\lambda_ж$=0,55Вт/(м·К); $\nu_ж$=2,1·10$^{-6}$ м$^2$/с; $Pr_ж$=15,2; при 0°С $Pr_{ст}$ =13,4.
15. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи со стороны сухого насыщенного пара аммиака, конденсирующегося на поверхности горизонтального кожухотрубного конденсатора. Конденсация осуществляется холодной водой с температурой 21 °С, давление конденсации10атм. Диаметр труб 19×1,5мм. Расположение труб шахматное.
16. Стальной трубопровод ($\lambda_{ст}$=45,4 Вт/(м·К)) диаметром 76×3 мм, по которому холодный солевой раствор поступает из машинного отделения в холодильные камеры, на участке длиной 10 м проходит через помещение, где температура воздуха 25°С. Для уменьшения притока теплоты к раствору, трубопровод изолирован слоем пробки (λ=0,0465 Вт/(м·К)) толщиной 40 мм. Во избежании попадания влаги из воздуха в изоляцию ее покрывают слоем гидроизоляционной мастики (λ=0,174 Вт/(м·К)) толщиной 3 мм. Рассчитать потери холода на трубопроводе за 10 часов и температуры на внутренней и внешней поверхностях изоляции при средней температуре раствора минус 15°С, коэффициентах теплоотдачи со стороны раствора 1510 Вт/(м$^2$К) и со стороны воздуха 9,3 Вт/(м$^2$К).
17. В трубчатом пароводяном теплообменнике сухой насыщенный водяной пар с давлением 3,5 бар конденсируется на наружной поверхности труб. Вода, движущаяся

по трубам, охлаждается с 200°С до 90°С. Определить среднелогарифмический температурный напор в этом теплообменнике. Параметры пара принимать по таблице состояния воды и водяного пара.

18. В теплообменнике типа «труба в трубе» горячая вода движется по внутренней стальной трубе (λ = 40 Вт/(м·К)) наружным/внутренним диаметрами $d_2/d_1$ = 35/32 мм. Температура горячей воды на входе в теплообменный аппарат 95 °С. Скорость движения 0,5 м/с. Нагреваемая вода движется противотоком по кольцевому каналу со скоростью 1 м/с и нагревается от 15 °С до 55 °С. Средняя температура стенки трубы 50 °С. Внутренний диаметр внешней трубы 50 мм. Определить поверхность теплообмена.

## Контрольная работа (аудиторная):

Задача 1

Смесь идеальных газов имеет начальные параметры $p_1$, $t_1$, нагревается при постоянном объеме до $t_2$, а затем охлаждается при постоянном давлении до начальной температуры $t_1$.

Определить: объемный состав газовой смеси; конечное давление и объем смеси; работу (***L***), теплоту (***Q***) и изменение внутренней энергии (***ΔU***), энтальпии (Δ I) и энтропии (Δ S) смеси в процессах.

Изобразить процессы в ***p-v*** и ***T-s*** диаграммах.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1

| Предпоследняя цифра шифра | Масса компонентов газовой смеси, *кг* | | | | | Давление, *МПа* | Последняя цифра шифра | Температура, $^oC$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $N_2$ | $O_2$ | $CO_2$ | $H_2O$ | $H_2$ | $p_1$ | | $t_1$ | $t_2$ |
| 0 | 2,5 | - | 1,8 | 0,7 | 0,3 | 1 | 0 | 400 | 800 |
| 1 | 3,0 | 1,0 | 4,0 | - | 0,5 | 2 | 1 | 100 | 600 |
| 2 | 4,2 | 0,8 | 4,0 | 0,5 | - | 3 | 2 | 300 | 900 |
| 3 | - | 1,2 | 2,5 | 0,9 | 1,1 | 4 | 3 | 100 | 300 |
| 4 | 3,7 | - | 3,0 | 0,3 | 1,2 | 8 | 4 | 200 | 500 |
| 5 | 2,8 | 1,1 | - | 0,8 | 3,2 | 6 | 5 | 200 | 800 |
| 6 | 2,9 | 1,4 | 2,7 | - | 3,0 | 7 | 6 | 100 | 700 |
| 7 | - | 2,0 | 5,2 | 3,7 | 1,8 | 5 | 7 | 200 | 700 |
| 8 | 4,0 | - | 3,2 | 2,5 | 2,0 | 4 | 8 | 400 | 900 |
| 9 | 3,5 | 0,9 | - | 0,6 | 4,0 | 3 | 9 | 100 | 400 |

Задача 2.

Водяной пар, имеет начальные параметры $p_1$, $x_1$, нагревается при постоянном давлении до температуры $t_2$, затем дросселируется до давления $p_3$. При давлении $p_3$ пар подается в сопло Лаваля, где расширяется до давления $p_4$. Определить: количество теплоты, подведенное к пару в процессе 1-2; изменение внутренней энергии и температуру в процессе дросселирования 2-3; конечные параметры и скорость на выходе из сопла Лаваля; расход пара в процессе изоэнтропийного истечения 3-4, если задана площадь минимального сечения сопла $f_{min}$.

Изобразить процессы в ***i-s*** – диаграмме водяного пара.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 2.

Таблица 2. – Исходные данные к задаче 3.

| Предпос-ледняя цифра шифра | Давление пара, МПа $p_1$ | Степень сухости $x_1$ | Темпера-тура пара, °С $t_2$ | Послед-няя цифра шифра | Площадь минималь-ногопересече-ния сопла, м$^2$ $f_{min}.10^4$ | Давление пара, кПа $p_4$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 4 | 0,9 | 310 | 0 | 10 | 5 |
| 1 | 8 | 0,85 | 350 | 1 | 15 | 4 |
| 2 | 6 | 0,8 | 330 | 2 | 20 | 3 |
| 3 | 5 | 0,9 | 420 | 3 | 45 | 5 |
| 4 | 9 | 0,86 | 360 | 4 | 30 | 3 |
| 5 | 5 | 0,9 | 310 | 5 | 35 | 4 |
| 6 | 6 | 0,95 | 440 | 6 | 25 | 4,5 |
| 7 | 3 | 0,87 | 340 | 7 | 50 | 5,5 |
| 8 | 5,5 | 0,9 | 320 | 8 | 55 | 5 |
| 9 | 5 | 0,85 | 430 | 9 | 18 | 3 |

Задача 3.

Используя ***i-s*** –диаграмму, определить начальные термические параметры и количество теплоты, необходимое для перехода ***m*** кг сухого насыщенного пара в перегретый пар с параметрами ***p***, ***t***, если этот процесс проходит при: 1) постоянной температуре; 2) постоянном объеме; 3) постоянном давлении.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 3

| Предпоследняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Давление пара***p***, МПа | 2,0 | 3,0 | 1,8 | 1,0 | 0,55 | 2,5 | 1,0 | 3,0 | 1,4 | 1,5 |
| Температура пара***t***, °С | 400 | 530 | 420 | 200 | 160 | 210 | 380 | 180 | 240 | 470 |
| Последняя цифра шифра | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Масса пара, кг ***m*** | 20 | 15 | 30 | 45 | 17 | 22 | 16 | 23 | 21 | 25 |

*Указание*: Рекомендовано расчет выполнить в компьютерной программе «Диаграмма HS для воды и водяного пара».

Задача 4

Теплообменник типа «труба в трубе» изготовлен из внутренней стальной трубы длиной ***L***, диаметром $d_2/d_1$ и внешней трубы диаметром $D_3$. Греющий теплоноситель с температурой $t'_1$в количестве $G_1$ подается во внутреннюю трубу, а нагреваемый теплоноситель, с температурой$t'_2$ в количестве $G_2$ поступает в наружную трубу, где нагревается на 40°С. Определить исходные температуры обоих теплоносителей и количество передаваемой теплоты по прямоточной и противоточной схеме движения. При расчете коэффициентов теплоотдачи со стороны греющей среды и нагреваемой жидкости, за определяющие принять входные температуры теплоносителей.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 4.

Таблица 4 – Исходные данные к задаче 4

| Предпоследняя цифра | Греющий теплоноситель | $G_1$, кг/с | $t'_1$, °C | $L$, м | Последняя цифра | Среда, которая нагревается | $G_2$, кг/с | $t'_2$, °C | $d_1$, мм | $d_2$, мм | $D_3$, мм |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Вода | 1,5 | 95 | 6,0 | 0 | Вода | 1,25 | 15 | 50 | 56 | 76 |
| 1 | Вода | 1,6 | 90 | 2,0 | 1 | Воздух | 1,55 | 30 | 80 | 86 | 100 |
| 2 | Водяной пар | 3,0 | 200 | 1,5 | 2 | Воздух | 1,5 | 35 | 60 | 64 | 85 |
| 3 | Вода | 1,55 | 135 | 1,0 | 3 | Вода | 0,75 | 20 | 50 | 64 | 80 |
| 4 | Водяной пар | 2,65 | 300 | 2,5 | 4 | Воздух | 0,8 | 30 | 95 | 100 | 130 |
| 5 | Вода | 2,75 | 98 | 3,0 | 5 | Вода | 0,9 | 25 | 70 | 82 | 120 |
| 6 | Дымовые газы | 1,6 | 200 | 4,0 | 6 | Воздух | 1,2 | 35 | 45 | 51 | 70 |
| 7 | Водяной пар | 2,0 | 250 | 3,5 | 7 | Вода | 1,3 | 20 | 75 | 85 | 110 |
| 8 | Дымовые газы | 2,25 | 300 | 2,25 | 8 | Воздух | 0,45 | 33 | 63 | 73 | 91 |
| 9 | Вода | 3,25 | 160 | 3,8 | 9 | Воздух | 1,3 | 10 | 75 | 87 | 95 |

## 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков

**Опрос** позволяет оценить знания и кругозор обучающегося, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки. Опрос как важнейшее средство развития мышления и речи обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к экзамену.

Критериями оценки устного ответа являются: полнота представленной информации, логичность выступления, наличие необходимых разъяснений и использование формул и/или определений по ходу ответа, привлечение материалов современных научных публикаций.

Для оценки знаний обучающихся используют **тестовые задания** в закрытой форме, когда испытуемому предлагается выбрать правильный ответ из нескольких возможных. Каждый тест содержит 4 варианта ответа, среди которых только один правильный. Результат зависит от общего количества правильных ответов, записанных в бланк ответов.

**Реферат** как продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде (до 15 стр.) полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Раскрытие темы, предложенной в реферате, оценивается по 10-й шкале.

Письменная проверка знаний в виде решения **задач** осуществляется в аудиторной форме. Во время проверки и оценки задач проводится анализ

результатов выполнения, выявляются типичные ошибки, а также причины их появления. Анализ задач проводится оперативно. При проверке задач преподаватель исправляет каждую допущенную ошибку и определяет полноту ответа, учитывая при этом четкость и последовательность изложения мыслей, наличие и достаточность пояснений, знания терминологии в предметной области. Решение задач оценивается по двухбалльной шкале.

**Контрольная работа** по учебной дисциплине «Теоретические основы теплотехники» выполняется в аудиторной форме по итогам изучения каждого смыслового модуля. Аудиторная контрольная работа предполагает решение конкретной технической задачи по вариантам.

Время решения каждой задачи ограничивается 45 минутами. Критериями оценки такой работы становятся: использование системных единиц измерения, понимание заданного условия и использования в ответе правильных формул и нужных диаграмм (при необходимости), грамотность, логическая последовательность изложения решения. Контрольная работа оценивается по десятибалльной шкале.

## 13. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

*(для зачета)*

| **Текущее тестирование и самостоятельная работа, балл** | | | | | | | | | **Сумма, балл** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Смысловой модуль №1** | | | **Смысловой модуль №2** | | | **Смысловой модуль № 3** | | | |
| Т1 | Т2 | Т3 | Т4 | Т5 | Т6 | Т7 | Т8 | Т9 | **100** |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 15 | 10 | |
| **30** | | | **30** | | | **40** | | | |

Соответствие государственной шкалы оценивания академической успеваемости

| **Сумма баллов за все виды учебной деятельности** | **По государственной шкале** | **Определение** |
|---|---|---|
| 90-100 | «Отлично» (5) | отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей |
| 80-89 | «Хорошо» (4) | хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10 %) |
| 75-79 | | хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15 %) |
| 70-74 | «Удовлетворительно» (3) | удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков |
| 60-69 | | удовлетворительно – выполнение |

| Сумма баллов за все виды учебной деятельности | По государственной шкале | Определение |
|---|---|---|
| | | удовлетворяет минимальные критерии |
| 35-59 | «Неудовлетворительно» (2) | неудовлетворительно – с возможностью повторной аттестации |
| 0-34 | | неудовлетворительно – с обязательным повторным изучением дисциплины (выставляется комиссией) |