Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крылова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 28.10.2026 12:17:29
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce392f7224a676a271b2

о ХМУ (м)26

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

Заведующий кафедрой

_____ Ржесик К.А.

«09» февраля 2026 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине

Б1.О.06 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ

Направление подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Образовательная программа высшего образования – программа магистратуры

Магистерская программа – Холодильные машины и установки

Разработчик:

Профессор, д-р техн.наук _____ Карнаух В.В.

ОМ рассмотрены и утверждены на заседании кафедры от «09» февраля 2026 г., протокол № 24

Донецк 2026 г.

Паспорт
оценочных материалов по дисциплине

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ

Таблица 1 - Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины (модуля):

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (модуля)	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	Тема 1. Типы термодинами-ческих систем: термомеха-ническая, термоэлектри-ческая, термомагнитная.	1
			Тема 2. Уравнение первого закона термодинамики для закрытых и открытых термодинамическ их систем, включая низкотемператур ные холодильные системы.	1
			Тема 3. Теорема и обобщённый цикл Карно. Особенности термодинамическ их процессов, протекающих в холодильных системах.	1

			Тема 4. Уравнение Максвелла для термодинамических систем различных типов.	1
			Тема 5. Дифференциальные уравнения характеристических функций.	1
			Тема 6. Общие способы получения сверхнизких температур. Теорема Нернста. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.	1
			Тема 7. Понятие эксергии, анергия. Эксергия замкнутой системы. Эксергетические диаграммы	1
			Тема 8. Уравнение эксергетического баланса. Определение эксергетического КПД.	1
			Тема 9. Эксергетический метод анализа холодильных установок.	1

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 2 – Показатели оценивания компетенций

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Контролируемые разделы (темы) дисциплины, практики	Наименование оценочных средств
1	ОПК-2	ИД-1ОПК-2 Выбирает необходимый метод исследования для решения поставленной задачи	Тема 1. Типы термодинами-ческих систем: термомеха-ническая, термоэлектри-ческая, термомагнитная.	устный опрос
			Тема 2. Уравнение первого закона термодинамики для закрытых и открытых термодинамическ их систем, включая низкотемпературные холодильные системы.	устный опрос
			Тема 3. Теорема и обобщённый цикл Карно. Особенности термодинамическ их процессов, протекающих в холодильных системах.	устный опрос, задачи, тесты
		ИД-2ОПК-2 Проводит анализ полученных результатов	Тема 4. Уравнение Максвелла для термодинамическ	устный опрос

			их систем различных типов.	
			Тема 5. Дифференциальные уравнения характеристических функций.	устный опрос
			Тема 6. Общие способы получения сверхнизких температур. Теорема Нернста. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.	устный опрос, задачи, тесты
		ИД-3ОПК-2 Представляет результаты выполненной работы	Тема 7. Понятие эксергии, анергия. Эксергия замкнутой системы. Эксергетические диаграммы	устный опрос, задачи
			Тема 8. Уравнение эксергетического баланса. Определение эксергетического КПД.	устный опрос, тесты, задачи, реферат
			Тема 9. Эксергетический метод анализа холодильных установок.	тесты, контрольная работа

Таблица 3 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Тесты»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
8-10	Тесты выполнены на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов)
5-7	Тесты выполнены на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов)
1-4	Тесты выполнены на низком уровне (правильные ответы даны на 60-74% вопросов)
0	Тесты выполнены на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 60%)

Таблица 4 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Реферат»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
5-6	Реферат написан на высоком уровне (обучающийся полно осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
3-4	Реферат написан на среднем уровне (обучающийся в целом осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
1-2	Реферат написан на низком уровне (обучающийся допустил существенные неточности, изложил материал с ошибками, не владеет в достаточной степени профильным категориальным аппаратом и т.п.)
0	Реферат написан на неудовлетворительном уровне или не представлен (обучающийся не готов, не выполнил задание и т.п.)

Таблица 5 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Контрольная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
8-10	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные решения получены для 90-100% задач)
5-7	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные решения получены для 75-89% задач)
1-4	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные решения получены для 60-74% задач)
0	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные решения получены для менее, чем 60% задач)

Таблица 6 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Опрос»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
5-6	Материал изложен на высоком уровне. Все аспекты проблемы раскрыты полностью и в логической последовательности. Приведен конкретный фактический материал. Изложены точки зрения историков. Обоснована личная интерпретация культурно-исторического периода в истории.
3-4	Материал изложен хорошо. Раскрыты многие аспекты проблемы, но не все. В некоторой степени использовался фактический материал. Показана на должном уровне интерпретация историков культурно-исторических достижений и личное мнение.
1-2	Материал изложен на низком уровне. Раскрыт 1 аспект проблемы. Нет в ответе фактического материала. Отсутствует точка зрения историков. Слабо обоснована личная точка зрения.
0	Ответ представлен на неудовлетворительном уровне или обучающийся не готов к занятиям.

Таблица 7 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «Задачи»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
5	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.)
3	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 8 – Примерный перечень оценочных материалов

№ п/п	Наименование оценочного материала	Краткая характеристика оценочного материала	Представление оценочного материала
1.	Опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой учебной дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по учебной дисциплине или определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам учебной дисциплины
2.	Тесты	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3.	Контрольная работа	средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме, разделу или учебной дисциплине.	комплект контрольных заданий по вариантам
4.	Реферат	Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной	Темы рефератов

		научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	
5.	Задачи	Средство проверки, позволяющее оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей	Комплект задач

ФОНД ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

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

а) занимает весь объем;

б) занимает объем, пропорциональный его массе;

в) занимает объем, пропорциональный парциальному давлению компонента.

г) нет правильного ответа.

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

4. 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).

5. Энтропия –это … параметр рабочего тела.

а) основной;

б) калорический;

в) интенсивный.

6. Идеальным циклом всех тепловых машин принято считать:

а) Цикл Тринклера;

б) Цикл Отто;

в) Цикл Брайтона;

г) Цикл Карно.

7. 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) $\oint \frac{\delta q}{T} \leq 0$.

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

а) $F = U - TS$

б) $G = F + pV$

в) $dH = TdS + Vdp$

г) $dF \leq -SdT - pdV$.

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

10. 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.

11. Какие изопроцессы реального газа 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.

12. Единицей измерения тепловой мощности N является:

а) кДж;

б) кДж/кг;

в) кВт;

г) кг/с.

13. 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.

14. 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.

15. Какие машины работают по обратному циклу Карно?

а) двигатели внутреннего сгорания, паросиловые и газотурбинные установки;

б) холодильные машины и тепловые насосы;

в) только паросиловые и газотурбинные установки;

г) паросиловые и газотурбинные установки.

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

а) рабочая диаграмма;

б) тепловая диаграмма;

в) Декартовая диаграмма.

г) диаграмма Вукаловича.

17. 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) $Q = c \cdot (T_2 - T_1)$.

18. Что является рабочим телом тепловых насосов ?

а) топливно – воздушная смесь;

б) холодильный агент;

в) сжатый воздух;

г) водяной пар.

19. Какой термодинамический процесс происходит в испарителе ХМ?

а) дросселирование;

б) изобарно-изотермическая конденсация пара;

в) изобарно-изотермическое кипение рабочего тела;

г) адиабатное расширение пара.

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

а) $t = const$;

б) $\Delta h = const$;

в) $\Delta s = const$;

г) $V = const$.

21. 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)* - $COP = \frac{q_{отв}}{l_{затр}} = \frac{T_2}{(T_1 - T_2)}$.

22. 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.

23. 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.

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

25. Какому состоянию реального газа – холодильного агента на фазовых диаграммах

состояния соответствует линия x=1?

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

26. Какому состоянию реального газа – холодильного агента на фазовых диаграммах состояния соответствует линия x=0?

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

27. Какому состоянию реального газа – холодильного агента на фазовых диаграммах состояния соответствует линия x=7?

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

28. Фазовый переход вещества из твердой фазы в газоподобную называется:

а) кристаллизацией;
б) плавлением;
в) кипением;
г) сублимацией.

29. Пар реального газа можно получить путем:

а) только кипения;
б) только испарения;
в) испарения и кипения;
г) конденсации.

30. 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, как насыщенный пар;
в) пар, который находится в динамическом равновесии с насыщенной жидкостью;
г) пар, который не содержит влагу и находится при температуре насыщения.

31. 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.

32. Какое вещество принимают за рабочее тело в холодильной установке?

а) угарный газ;
б) диоксид углерода;
в) хладон;

г) кислород.

33. Фазовый переход вещества из парообразного состояния в жидкое при постоянной температуре – это…
а) испарение;
б) конденсация;
в) десублимация;
г) кипение.

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

35. 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.

36. 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.

37. Какое качественное состояние характерно для холодильного агента 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.

38. Какое качественное состояние характерно для холодильного агента 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.

39. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R717»?
а) углекислый газ;
б) аммиак;
в) водяной пар;
г) изобутан.

40. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R744»?
а) углекислый газ;
б) кислород;

в) водяной пар;
г) изобутан.

41. Для какого вещества построена фазовая диаграмма с индексом «R600a»?
а) углекислый газ;
б) кислород;
в) водяной пар;
г) изобутан.

42. Для какого изопроцесса работа определяется как $l = p(v_{кон} - v_{нач})$?

а) политропного;
б) изотермического;
в) изобарного;
г) изохорного.

43. Для какого изопроцесса количество подведенной (отведенной) теплоты полностью равно изменению внутренней энергии $q = \Delta u$?
а) политропного;
б) изотермического;
в) изобарного;
г) изохорного.

44. Для какого изопроцесса характерная данная запись $q=0$?
а) политропного;
б) изотермического;
в) изобарного;
г) адиабатного.

45. Какой параметр на фазовой диаграмме реального газа – холодильного агента имеет единицы измерения «кДж/(кгК)»?
а) давление;
б) абсолютная температура;
в) удельная энтропия;
г) удельная энтальпия.

46. Какой параметр на фазовой диаграмме реального газа – холодильного агента имеет единицы измерения «бар»?
а) абсолютное давление;
б) абсолютная температура;
в) удельная энтропия;
г) удельная энтальпия.

47. Какой параметр на фазовой диаграмме реального газа – холодильного агента имеет единицы измерения «кДж/кг»?
а) удельный объем;
б) абсолютная температура;
в) удельная энтропия;
г) удельная энтальпия.

48. Для какой системы справедливо данное определение «термодинамическая система, которая может обмениваться с окружающей средой теплом и энергией, но не веществом»?

а) изолированная система;
б) открытая система;
в) закрытая система
г) адиабатная система.

49. Для какой системы справедливо данное определение «термодинамическая система, которая не может обмениваться с окружающей средой ни теплом, ни энергией, ни веществом»?
а) изолированная система;
б) открытая система;
в) закрытая система;
г) адиабатная система.

50. Для какой системы справедливо данное определение «термодинамическая система, которая обменивается с другими телами как теплом и энергией, так и веществом»?
а) изолированная система;
б) открытая система;
в) закрытая система;
г) адиабатная система.

51. Какое давление измеряет барометр?
а) абсолютное давление;
б) вакуумметрическое давление;
в) избыточное давление;
г) атмосферное давление.

52. Что называют термодинамической системой
а) выделенная для исследования совокупность термодинамических тел, находящиеся в состоянии обмена различными формами энергии, среди которых присутствует энергия парообразования;
б) выделенная для исследования совокупность термодинамических тел, находящиеся в состоянии обмена различными формами энергии, среди которых присутствует тепловая энергия;
в) выделенная для исследования совокупность термодинамических тел, находящиеся в состоянии обмена различными формами энергии, среди которых присутствует энергия отвода теплоты
г) выделенная для исследования совокупность термодинамических тел, находящиеся в состоянии обмена различными формами энергии, среди которых присутствует механическая энергия

53. Термодинамическим телом называют
а) выделенную область термодинамической системы, обладающей непрерывностью полей, выражающих термодинамические свойства тела и имеющие вполне выраженные границы
б) выделенную область термодинамической системы, обладающей непрерывностью полей, выражающих термодинамические свойства тела и имеющие безразмерные границы
в) выделенную область термодинамической системы, обладающей прерывностью полей, выражающих термодинамические свойства тела и имеющие вполне выраженные границы
г) выделенную область термодинамической системы, обладающей прерывностью полей, выражающих термодинамические свойства тела и имеющие безразмерные границы
54. Что называется удельной теплоемкостью
а) количество тепла, которое нужно сообщить единичному количеству вещества для того, чтобы изменить его температуру на единицу;
б) количество энергии затрачиваемое на получение единицы холода;

в) количество холода полученное за единицу времени;
г) нет правильных ответов.

55. Изохорный процесс протекает при
а) постоянном значении удельного объема;
б) постоянном значении температуры;
в) постоянном значении давления;
г) нет правильных ответов.

56. Изобарный процесс протекает при
а) постоянном значении удельного объема;
б) постоянном значении температуры;
в) постоянном значении давления;
г) нет правильных ответов.

57. В адиабатном процессе термодинамическое тело
а) не обменивается тепловой энергией с рабочим телом;
б) обменивается тепловой энергией с окружающей средой;
в) не обменивается тепловой энергией с окружающей средой;
г) обменивается тепловой энергией с рабочим телом.

58. Какой из ниже перечисленных холодильных агентов, является природным
а) R717
б) R134a
в) R22
г) R12

59. Одноступенчатая холодильная машина состоит из
а) испарителя, компрессора, регулирующего, вентиля и ресивера
б) испарителя, компрессора, конденсатора и регулирующего вентиля
в) испарителя, компрессора, конденсатора и ресивера
г) испарителя, компрессора, регулирующего вентиля и регенеративного теплообменника

60.Холодопроизводительность машины или компрессора - это
а) количество теплоты, отводимое от охлаждаемой среды в единицу времени
б) количество энергии, затрачиваемое на получение холода
в) количество холода, полученное за единицу времени
г) нет правильных ответов

61.По конструкции испарители разделяют на
а) ребристотрубные
б) листотрубные
в) гладкотрубные
г) все варианты верны

62. Регенеративные теплообменники предназначены для
а) осуществления теплообмена между паром, всасываемый компрессором, и жидким хладагентом, что выходит из конденсатора
б) осуществления теплообмена между паром, на входе в конденсатор, и жидким хладагентом, что выходит из конденсатора
в) осуществления теплообмена между паром, на выходе из испарителя, и жидким хладагентом, что выходит из конденсатора

г) осуществления теплообмена между паром, перед дросселирование, и жидким хладагентом, что выходит из конденсатора

63. Какое требование не относится к теплоизоляционным материалам
а) низкая теплопроводность
б) высокая гигроскопичность
в) температуростойкость
г) низкая воспламеняемость

64. Холодильный коэффициент цикла определяется по формуле
а) $e = q_0/l$
б) $e = l/q_0$
в) $e = q_0 \cdot l$
г) $e = q_0 + q_k/l$

65. Тепловой баланс определяется по формуле
а) $q_0 = q_k + l$
б) $q_k = q_0 + l$
в) $l = q_0 + q_k$
г) $q_k = i_2 + i_3$

66. Под внутренней энергией подразумевается –
а) способность термодинамического тела совершать работу с подвода энергии из вне
б) способность термодинамического тела совершать работу с подвода энергии от работы сжатия
в) способность термодинамического тела совершать работу без подвода энергии от работы сжатия
г) способность термодинамического тела совершать работу без подвода энергии из вне

67. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса устанавливает…
а) соотношение между величинами, характеризующими процесс фазового перехода из одного агрегатного состояния в другое
б) соотношение между величинами, характеризующими процесс подогрева одного агрегатного вещества
в) соотношение между величинами, характеризующими процесс охлаждения одного агрегатного вещества
г) нет правильного ответа

68. Парообразование может происходить в двух формах –
а) в виде точечного сжатия и расширения
б) в виде поверхностного испарения и кипения
в) в виде дросселирования и кипения
г) нет правильного ответа

69. Под расширением порции газа или газового потока понимают процессы,
а) происходящие с повышением давления газа и увеличением его удельного объема
б) происходящие с повышением давления газа и уменьшением его удельного объема
в) происходящие с понижением давления газа и уменьшении его удельного объема
г) происходящие с понижением давления газа и увеличением его удельного объема

70. Дифференциальный эффект Джоуля-Томсона описывает такой процесс как
а) конденсацию
б) кипение
в) дросселирование
г) сжатие

71. Теоретические процессы расширения газа в детандерах и дросселирование являются
а) адиабатными
б) изотермическими
в) изохорными
г) политропными

72. По температурному уровню холодного и горячего источника обратные термодинамические циклы классифицируются на
а) холодильные циклы
б) комбинированные циклы
в) циклы тепловых машин
г) нет правильного ответа

73. Основным источником необратимости процесса в термомеханических системах не является
а) трение
б) теплообмен
в) дефект
г) нет правильного ответа

74. Для оценки энергетической эффективности теоретических циклов применяется
а) холодильный коэффициент
б) коэффициент обратимости
в) термический кпд
г) все вышеперечисленное

75. Какие химические соединения не являются абсорбентами в абсорбционной холодильной техники
а) $H_2O - LiBr$
б) $H_2O - CO_2$
в) $H_2O - NH_3$
г) все вышеперечисленное

76. В обратном цикле осуществляется перенос тепла от
а) тела с низкой температурой к телу с высокой температурой с получением механической работы
б) тела с низкой температурой к телу с высокой температурой с расходом механической работы
в) тепло не переносится
г) нет правильного ответа

77. Какое математическое выражение холодильного коэффициента
а) $\varepsilon = \frac{Q_o}{L}$
б) Qk = Qo + L
в) $M = \frac{Q_o}{q_o}$

г) нет правильного ответа

78. Процесс, что происходит с поглощением тепла, используется в паровых компрессионных холодильных машинах?
а) плавления
б) кипения
в)сублимация
г) нет правильного ответа

79. Какое математическое выражение теплового баланса холодильной машины?
а) $Q_k = Q_o + L$
б) $Q = K_o \cdot F \cdot (t_н – t_в)$
в) $Q = M \cdot c \cdot (t_2 – t_1)$
г) нет правильного ответа

80. В каком состоянии должно засасываться рабочее тело в компрессор при осуществлении настоящего цикла холодильной машины?
а) перегретый пар
б) сухая насыщенный пар
в) влажный пар
г) нет правильного ответа

81. Из каких основных элементов состоит холодильная машина?
а) испаритель, компрессор, теплообменник, конденсатор
б) испаритель, компрессор, конденсатор, регулирующий вентиль
в) испаритель, компрессор, маслоотделитель, теплообменник
г) нет правильного ответа

82. Принцип действия паровой компрессионной холодильной машины основан на физическом процессе
а) охлаждения путем расширения газов
б) охлаждения за счет дросселирования
в) охлаждения при изменении агрегатного состояния рабочего тела
г) нет правильного ответа

83. Которая размерность холодопроизводительности?
а) Дж / кг
б) Дж / с
в) кг / с
г) нет правильного ответа

84. Холодопроизводительностью холодильной машины называют:
а) количество тепла, которое отводится в конденсаторе машины в единицу времени
б) количество тепла, которое вычитается из охлаждаемой среды холодильным агентом в испарителе в единицу времени
в) количество тепла, которое получают пары холодильного агента при сжатии в компрессоре в единицу времени
г) нет правильного ответа

85. Жидкий хладагент перед дросселированием охлаждают с целью:
а) снизить температуру кипения

б) снизить давление конденсации
в) увеличить удельный массовую холодопроизводительность
г) нет правильного ответа

86. Для обеспечения «сухого хода» компрессор холодильной машины должен всасывать холодильный агент в состоянии:
а) влага насыщенный пар
б) сухая насыщенный пар
в) перегретый пар
г) нет правильного ответа

87. Регенеративный теплообменник в схему холодильной машины включают с целью:
а) перегрева пара перед всасыванием их компрессором
б) переохлаждением жидкости перед дросселированием
в) перегрева пара перед всасыванием и переохлаждением жидкого холодильного агента перед дросселированием
г) нет правильного ответа

88. Тепловой баланс паровой компрессионной холодильной машины имеет вид:
а) $q_к = q_о + l$
б) $i_{1'} - i_1 = i_{3'} - i_3$
в) $l = l_{км} - l_{расш}$
г) нет правильного ответа

89. Компрессор холодильной машины предназначен для:

а) разделения жидкой и газообразной фаз;
б) сжатия пар холодильного агента от давления кипения до давления конденсации;
в) снижение давления от давления конденсации до давления кипения;
г) нет правильного ответа.

90 Гидравлический удар в цилиндрах компрессора возможен в случае, если:
а) в цилиндры всасывается влага насыщенный пар;
б) в цилиндры всасывается перегретый пар;
в) в цилиндры всасывается жидкий хладагент;
г) нет правильного ответа.

91. Какая термопара лучше всех работает в теплоэнергетике при температурах 900 – 1000 $^{\circ}C$.
а) Платинородий-платинородий;
б) Платинородий-платина;
в) Медь-константат;
г) Хромель-копель.

92. С каким вторичным прибором работает термопара.
а) Вольтметр,
б) Милливольтметр,
в) Мост,
г) Миллиамперметр.

93. С каким вторичным прибором не может работать термометр сопротивления.
а) Уравновешенный мост;
б) Неуравновешенный мост;
в) Милливольтметр;
г) Логометр.

94.От какого фактора не зависит температурный коэффициент сопротивления металла.
Варианты ответа:
а) От степени чистоты;
б) От наличия механических напряжений;
в) От физических свойств металла;
г) От прочности.

95.Какой металл имеет наибольший температурный коэффициент сопротивления.
Варианты ответа:
а) Cu,
б) Ni,
в) W,
г) Pt.

96. Для какого диапазона температур установлена международная практическая температурная шкала 1968.
а) 4.2 – 1000К,
б) 13,81 – 1000К,
в) 13,81 – 6300К,
г) 0,61 – 6300К.

97. Как изменится термо – ЭДС термопары, если её подсоединить вместо медных проводов алюминиевыми.
а) Увеличится;
б) Уменьшится;
в) Останется прежней;
г) нет правильного ответа.

98. Какой прибор является образцовым для измерения температуры в интервале 4.5 – 13.81К.
а) Платинородий-платинородиевая термопара;
б) Платиновый термометр сопротивления;
в) Германиевый термометр сопротивления;
г) Хромель-копелевая термопара.

99.В каком диапазоне температур работают резисторные термометры сопротивления.
а) 4.2 – 31.81,
б) -100 – 300$^{\circ}C$,
в) -200 – 500$^{\circ}C$,
г) Свыше 500$^{\circ}C$.

100. В каких единицах измеряется термодинамическая температура.
а) Градус Цельсия;
б) Кельвин;
в) Градус Фаренгейта;

г) Градус Ренкина.

Темы рефератов

1. Третий закон термодинамики. Формулировка и основное содержание.
2. Схема и цикл работы (в *p-v* и *T-s* координатах) воздушной холодильной машины. Примеры практического применения.
3. Схема и цикл работы (*p-v* и *T-s* координатах) среднетемпературной паровой холодильной машины. Примеры практического применения.
4. Схема и цикл работы (*p-v* и *T-s* координатах) низкотемпературной паровой холодильной машины. Примеры практического применения.
5. Уравнения, описывающие процессы дросселирования газов и паров.
6. Работа с фазовыми таблицами ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers*).
7. Методика эксергетического анализа холодильной установки. Пример.
8. Методика эксергетического анализа теплового насоса. Пример.
9. Принципы проектирования низкотемпературных технических установок.
10. Свойства веществ в области низких и сверхнизких температур.
11. Схемы криогенных установок. Характеристика основных узлов.
12. Схемы многоконтурных криогенных установок. Примеры применения.
13. Термодинамический анализ каскадной холодильной установки.
14. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.
15. Принципиальные конструктивные схемы рекуперативных криогенных теплообменников. Виды теплообменных поверхностей. Конструктивные особенности.
16. Особенности теплообмена при криогенных температурах. Изменение термодинамических свойств криоагентов.
17. Перспективы применения СПГ (сжиженный природный газ) в России.
18. Принципы построения низкотемпературных систем.
19. Схемы криогенных установок. Характеристика основных узлов.
20. Современные рабочие вещества низкотемпературной техники. Критерии выбора.
21. Современные программные продукты для расчета и подбора низкотемпературного оборудования. Примеры.
22. Этапы жизненного цикла низкотемпературной установки.
23. Перспективы применения CO2 как хладагента низкотемпературных установок. Примеры.
24. Перспективы применения гибридных низкотемпературных установок, работающих на CO2. Примеры.
25. Низкотемпературные установки с искусственным интеллектом. Примеры применения. Инновационные направления развития низкотемпературных систем.

Контрольная работа

Задача 1

В сосуде объемом V л заключен воздух при давлении p бар и температуре t °С. Параметры среды: p_0 = 1 бар, t_0 = 20°С. Определить максимальную полезную работу $l_{пол}$, которую может произвести сжатый воздух, находящийся в сосуде.

Исходные данные принять из таблицы.

№ варианта	объем сосуда, V, л	давление в сосуде, p, бар	температура воздуха в сосуде, °С	давление среды, p, бар	температура среды, °С
1	300	50	20	1	20
2	250	48	18		22
3	280	45	15		22
4	240	45	17		20
5	310	52	20		24
6	300	50	20		22
7	280	48	18		20
8	290	45	15		22
9	310	50	17		24
0	300	48	20		20

Задача 2

Выполнить энергетический и эксергетический анализ воздушной холодильной установки с холодопроизводительностью $\dot{Q}_x$, МДж/ч. Давление воздуха, поступающего в холодильную камеру, p_1 = 1 бар, температура t_4 = –20 °С. Температура воздуха перед компрессором t_1, °С. В теплообменнике воздух охлаждается до температуры t_3 = 25 °С (рис.2.1). В холодильной камере поддерживается температура °С, температура окружающей среды $t_{ср}$ °С. Воздух считать идеальным газом с постоянной теплоемкостью, определяемой по классической теории. Исходные данные принять из таблицы.

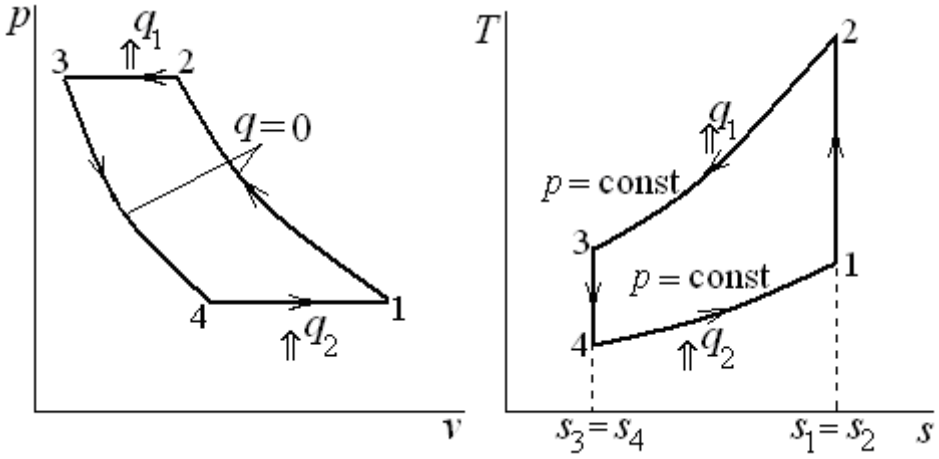

Рис. 2.1. Циклы воздушной холодильной установки в рабочей и тепловой диаграммах (к задаче 2)

Таблица – Исходные данные

№ варианта	холодопроизводительность Q_x, МДж/ч	Температура воздуха перед компрессором t_1 , °С	температура окружающей среды, $t_{ср}$°С	температура среды в холодильной камере, °С
1	100	-5	24	-2
2	150	-4		-4
3	180	0		-4
4	140	-7		-5
5	110	-5		-1
6	100	-7		0
7	160	-4		-2
8	150	-6		-3
9	110	-1		-4
0	100	-5		-2

Задача 3

Выполнить эксергетический анализ теоретического цикла парокомпрессионной холодильной машины.

№ варианта	Холодильный агент	Требуемая холодопроизводительность на расчетном режиме, Q_o, кВт	Средняя температура воздуха в охлаждаемом помещении, °С	Температура конденсации $t_{КД}$, °С	Температуру наружного воздуха (окружающей среды) $t_{ос}$.
1	R152	10	$t_{возд}$ = -5	45	-20
2	R134a	8		50	-15
3	R600a	15		48	-10
4	R123	12		50	-5
5	R152	10		45	0
6	R142b	8		40	-5
7	R600a	17		35	-10
8	R134a	10		42	-15
9	R600a	15		55	-20
0	R142b	17		40	-10

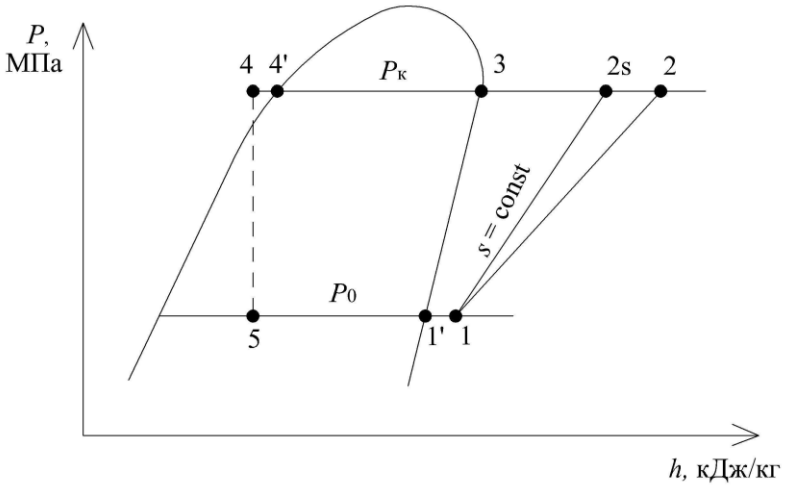

Рис. 2. Цикл парокомпрессионной холодильной машины к задаче 3

Рекомендации к задаче: Значение температуры кипения хладагента в испарителе: $t_o = t_{возд} - 10$, °С; параметры окружающей среды («мертвой точки») $t_{ос}$ = 20 °С, $p_{ос} = p_{атм}$ = 760 мм рт.ст.; перегрев пара в испарителе $\Delta T_{пп} = T_1 - T_1' =$ 20 К; переохлаждение холодильного агента в конденсаторе $\Delta T_{по} = T_{4'} - T_4 =$ 13 К.

Перечень вопросов к экзамену

1. Какие существуют способы получения низких температур ?
2. Что такое термодинамическая система? Виды термодинамических систем.
3. В чём проявляется взаимодействие термодинамической системы с окружающей средой?
4. Чем определяется тип термодинамической системы?
5. Что такое термомеханическая система?
6. Что такое термоэлектрическая система?
7. Что такое открытая система?
8. Что такое обратимые и необратимые процессы? Примеры.
9. Уравнение Максвелла.
10. Какие параметры состояния определяют термомагнитную систему?
11. Как выглядит в общем виде уравнение состояния термоэлектрической системы?
12. Формулировки первого закона термодинамики и его применение.
13. Формулировки второго закона термодинамики и его применение.
14. Энтропия. Принципы существования и возрастания энтропии.
15. Постулат Клаузиуса и его анализ.
16. Как выглядит цикл Карно термоэлектрической системы в её основных диаграммах?
17. Что такое характеристическая функция?
18. Как характеристическая функция связана с работой системы?
19. Что такое внутренняя энергия и свободная энергия рабочего вещества?
20. Характеристика фазовых диаграмм холодильных агентов.

21. Особенности параметров состояния холодильных агентов при температуре ниже нуля. Критерии выбора холодильных агентов.

22. Формулировки третьего закона термодинамики (теорема Нернста-Планка).

23. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.

24. Сравнение циклов газовых и паровых низкотемпературных установок.

25. Особенности термодинамических циклов на природных хладагентах, например, на аммиаке.

26. Особенности термодинамических циклов на природных хладагентах, например, на диоксиде углерода.

27. Что такое эксергия и анергия? Какова связь эксергии и анергии?

28. Как записывается выражение для эксергии замкнутой термодинамической системы?

29. Как записывается выражение для эксергии потока теплоты?

30. Как записывается выражение для эксергии потока вещества?

31. Как выглядит уравнение эксергетического баланса системы и ее элементов на примере базовой холодильной установки? Физический смысл эксергетического КПД.

32. Виды потерь эксергии.

33. Методика эксергетического анализа холодильной установки. Пример.

34. Методика эксергетического анализа теплового насоса. Пример.

35. Назначение эксергетических диаграмм.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ

При изучении дисциплины в течение семестра обучающийся максимально может набрать 40 баллов на текущем контроле и 60 баллов на экзамене.

Система оценивания всех видов работ по дисциплине «Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем» приведена в таблицах 2-8.

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 и открытой формах. При выполнении закрытого теста испытуемому предлагается выбрать правильный ответ из нескольких возможных. Каждый тест содержит 4 варианта ответа, среди которых только один правильный. Тестовое задание

открытой формы представляют собой неполное утверждение, которое испытуемый должен дополнить словом, фразой, числом или символом и/или решение типовых задач на одну-две формулы.

Результат зависит от общего количества правильных ответов, записанных в бланк ответов.

Реферат как продукт самостоятельной работы обучающегося, представляет 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.

Контрольная работа по дисциплине «Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем» 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.

Распределение баллов, которые получают обучающиеся на экзамене

<table>
<tr><th colspan="9">Максимальное количество баллов за текущий контроль и самостоятельную работу</th><th colspan="3">Максимальная сумма баллов</th></tr>
<tr><td colspan="3">Смысловой модуль 1</td><td colspan="3">Смысловой модуль 2</td><td colspan="3">Смысловой модуль 3</td><td rowspan="3">Текущий контроль</td><td rowspan="3">Экзамен</td><td rowspan="3">Все виды учебной деятельности</td></tr>
<tr><td>Т1</td><td>Т2</td><td>Т3</td><td>Т4</td><td>Т5</td><td>Т6</td><td>Т7</td><td>Т8</td><td>Т9</td></tr>
<tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr>
<tr><td colspan="3">12</td><td colspan="3">13</td><td colspan="3">15</td><td>40</td><td>60</td><td>100</td></tr>
</table>

Государственная шкалы оценивания академической успеваемости

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	По государственной шкале
90 - 100	5 «Отлично»
75 - 89	4 «Хорошо»
60 - 74	3 «Удовлетворительно»
менее 60	2 «Неудовлетворительно