

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:
Зав. каф. твердотельной электроники
_____ В.А. Небольсин
«17» января 2025 г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Теоретические основы холодильной техники»

Направление подготовки: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика
код и наименование направления

Программа магистратуры: Технологические системы холодоснабжения атомных
электростанций

наименование направленности/профиля

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Срок освоения образовательной программы 2 **года**

Год начала подготовки: **2026**

Разработчик



О. В. Калядин

Процесс изучения дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» направлен на формирование у обучающихся следующих компетенций:

ПК-1 - Способен моделировать физические процессы, протекающие в системах холодоснабжения.

Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания сформированности компетенций на этапе промежуточной аттестации

№ п/п	Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Тип ОМ	Показатели оценивания
1	ПК-1	Знать теоретические основы холодильной техники, необходимые для моделирования физических процессов, протекающих в системах холодоснабжения	Вопросы (тест) к зачету/ экзамену	Полнота знаний
		Уметь выполнять построение и термодинамический анализ циклов парокомпрессионных холодильных машин	Стандартные задания	Наличие умений
		Владеть навыками расчета энергетических характеристик циклов парокомпрессионных холодильных машин	Прикладные задания	Наличие навыков

ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ И ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Показатели оценивания компетенций	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенции			
	Неудовлетворительный	Минимально допустимый (пороговый)	Средний	Высокий
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объеме без недочетов.
Наличие навыков (владение опытом)	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение.	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству профессиональных задач.	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных профессиональных задач.

ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Вопросы (тестовые задания) для оценки результатов обучения,
характеризующих сформированность компетенций**

ПК-1 - Способен моделировать физические процессы, протекающие в системах холодоснабжения	
1.	Кто изобрел первую парокомпрессионную холодильную машину А. Дж. Гори Б. О. Эвинс В. Я. Перкинс Г. Дж. Лесли
2.	К какому типу машин относятся абсорбционные холодильные машины А. компрессионные Б. теплоиспользующие В. термоэлектрические Г. термоманитные
3.	Закон сохранения энергии для термомеханических систем называют А. первым законом термодинамики Б. вторым законом термодинамики В. третьим законом термодинамики Г. четвертым законом термодинамики
4.	Чему равна молярная теплоемкость двухатомного идеального газа А. $4R$ Б. $3/2R$ В. $5/2R$ Г. $7/2R$
5.	Как записывается уравнение Майера А. $c_p = c_v - R$ Б. $c_p = c_v + R$ В. $c_p = c_v - k$ Г. $k = \frac{c_p}{c_v}$
6.	Какая величина характеризует количество энергии, которое нужно сообщить 1 кг газа для того, чтобы при постоянном давлении нагреть его до данной температуры, начиная с ка-кого-то исходного теплового состояния А. энтальпия Б. энтропия В. теплоемкость Г. Внутренняя энергия
7.	Каким уравнением выражается энергетический баланс холодильной машины А. $Q = Q_0 - L$ Б. $Q = Q_0/L$ В. $Q = Q_0 \cdot L$ Г. $Q = Q_0 + L$
8.	Какая величина определяет скорость изменения температуры при дросселировании газа А. изотермический дроссель-эффект Б. дифференциальный эффект Джоуля-Томсона В. интегральный дроссель-эффект Г. дифференциальный эффект Джоуля
9.	Какая величина определяет термодинамическую эффективность холодильного цикла

	А. коэффициент обратимости Б. коэффициент эффективности В. холодильный коэффициент Г. отопительный коэффициент
10.	Назовите наиболее выгодные условия работы поршневого компрессора А. адиабатное сжатие, изотермическое обратное расширение Б. изотермическое сжатие, изотермическое обратное расширение В. адиабатное сжатие, изохорное обратное расширение Г. изотермическое сжатие, изохорное обратное расширение
11.	Какие потери учитывает коэффициент подачи компрессора А. объемные Б. массовые В. энергетические Г. механические
12.	Какой эффект используется для понижения температуры в термоэлектрических холодильных машинах А. Зеебека Б. Пельтье В. Томсона Г. Джоуля
13.	При каких температурах кипения хладагента в испарителе целесообразно использовать двухступенчатое сжатие А. $> -20^{\circ}\text{C}$ Б. $< -5^{\circ}\text{C}$ В. $< -25^{\circ}\text{C}$ Г. $< -15^{\circ}\text{C}$
14.	С какой целью осуществляется перегрев хладагента на всасывании А. снизить температуру нагнетания хладагента Б. увеличить холодильный коэффициент В. для нормальной работы дроссельного вентиля Г. обеспечить безопасную работу компрессора
15.	Как влияет показатель адиабаты k на температуру нагнетания хладагента? = чем больше k , тем больше температура ~ не влияет ~ чем меньше k , тем больше температура ~ зависит от начального состояния хладагента перед сжатием
16.	Как влияет уменьшение молярной массы хладагента на работу сжатия? = увеличивает ~ уменьшает ~ влияет незначительно ~ не влияет
17.	Как влияет увеличение скрытой теплоты парообразования хладагента на его расход в цикле? ~ увеличивает = уменьшает ~ влияет незначительно ~ не влияет
18.	Для теплообмена в аппаратах холодильной машины со сравнительно высокой интенсивностью желательно иметь хладагенты? ~ с большими значениями теплопроводности, с малыми значениями плотности, с большими значениями вязкости

	~ с большими значениями теплопроводности, с малыми значениями плотности, с малыми значениями вязкости = с большими значениями теплопроводности, с большими значениями плотности, с малыми значениями вязкости ~ с малыми значениями теплопроводности, с большими значениями плотности, с малыми значениями вязкости
19.	Наименее устойчивы к высоким температурам хладагенты = содержащие бром ~ содержащие хлор ~ содержащие водород ~ полученные на основе непредельных углеводородов
20.	Взрывоопасность и воспламеняемость хладагентов снижается с возрастанием числа атомов = хлора = фтора = брома ~ водорода
21.	На T-S диаграмме отрезок, отсекаемый от оси абсцисс касательной к кривой процесса и нормалью к оси абсцисс, проведенной из данной точки процесса определяет А. теплємкость термодинамического тела в точке процесса Б. энтропию термодинамического тела в точке процесса В. энтальпию термодинамического тела в точке процесса Г. удельный объем термодинамического тела в точке процесса
22.	Как определяется техническая работа адиабатного компрессора в процессе 1 - 2 А. $i_1 - i_2$ Б. $i_2 - i_1$ В. $RT_1 \ln \frac{p_2}{p_1}$ Г. $RT_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$
23.	Какая область на T-S диаграмме фазовых состояний вещества характеризуется значениями температур выше критической и давлениями ниже критического? А. область жидкости Б. область перегретого пара В. область газа Г. область влажного пара
24.	В каком устройстве осуществляется расширение газа с отдачей внешней работы А. поршневой детандер Б. турбодетандер В. дроссельный вентиль Г. капиллярная трубка
25.	Как меняется температура при изоэнтальпном расширении газа с отдачей внешней работы А. увеличивается Б. в зависимости от начальной температуры газа может возрастать, а может уменьшаться В. уменьшается вне зависимости от начального состояния газа Г. в зависимости от начального давления газа может возрастать, а может уменьшаться
26.	Какой параметр сохраняется постоянным до и после дросселирования А. внутренняя энергия Б. энтропия В. расход газа Г. энтальпия

27.	Если начальная температура газа больше температуры инверсии, то его дросселирование будет сопровождаться А. повышением температуры Б. понижением температуры В. температура не будет меняться Г. температура будет сначала расти, потом снижаться
28.	Какой диаметр имеет капиллярная трубка = $0,6 \div 2,5$ мм ~ $0,3 \div 0,6$ мм ~ $1 \div 1,5$ мм ~ $0,6 \div 0,8$ мм
29.	При использовании капиллярной трубки необходимо = устанавливать докипатель жидкого хладагента = устанавливать фильтр-осушитель ~ ресивер жидкого хладагента = тщательно вакууммировать холодильный контур ~ устанавливать обратный клапан после конденсатора
30.	В каких случаях применяют ТРВ с внешним уравниванием = при разности температур на входе и выходе испарителя более 1,5 К = при использовании распределителя хладагента = при потерях давления в испарителе выше допустимых значений ~ для обеспечения более низких температур кипения ~ для затопленных испарителей
31.	Использование ТРВ с внутренним уравниванием вместо ТРВ с внешним уравниванием приводит к = завышению перегрева ~ занижению перегрева = ухудшению заполнения испарителя ~ влажному ходу компрессора
32.	Для чего в кожухотрубных аммиачных конденсаторах в межтрубном пространстве размещают перегородки = для повышения жесткости трубного пучка ~ для увеличения скорости движения хладагента ~ для турбулизации потока хладагента ~ для увеличения площади теплопередающей поверхности
33.	По какой формуле рассчитывается средний логарифмический температурный напор теплообменника = $\Delta T = (\Delta T_6 - \Delta T_m) / \ln(\Delta T_6 / \Delta T_m)$ ~ $\Delta T = (\Delta T_6 + \Delta T_m) / \ln(\Delta T_6 / \Delta T_m)$ ~ $\Delta T = (\Delta T_6 - \Delta T_m) / \ln(\Delta T_6 \cdot \Delta T_m)$ ~ $\Delta T = (\Delta T_6 + \Delta T_m) / \ln(\Delta T_6 \cdot \Delta T_m)$
34.	Какой хладагент получил широкое распространение в автомобильных кондиционерах в настоящее время ~ R600a = R134a ~ R22 ~ R407c

35.	Хладагент R13 относится к хладагентам? = высокого давления ~ среднего давления ~ низкого давления = низкотемпературным
36.	Хладагент R718 относится к хладагентам? ~ высокого давления ~ среднего давления = низкого давления = высокотемпературным ~ низкотемпературным
37.	Хладагент R717 относится к хладагентам? ~ высокого давления = среднего давления ~ низкого давления ~ высокотемпературным = среднетемпературным
38.	Рекомендуется выбирать хладагенты с = как можно меньшим удельным объемом на всасывании, как можно меньшим показателем адиабаты, как можно большим давлением кипения ~ как можно большим удельным объемом на всасывании, как можно меньшим показателем адиабаты, как можно большим давлением кипения ~ как можно меньшим удельным объемом на всасывании, как большим меньшим показателем адиабаты, как можно большим давлением кипения ~ как можно большим удельным объемом на всасывании, как можно меньшим показателем адиабаты, как можно меньшим давлением кипения ~ как можно меньшим удельным объемом на всасывании, как можно большим показателем адиабаты, как можно меньшим давлением кипения
39.	Какой хладагент широко применяется в нижних ветвях каскадных машин = R13 = R14 ~ R22 ~ R290
40.	Какой хладагент получил наиболее широкое распространение в бытовых холодильниках в настоящее время = R600a ~ R134a ~ R12 ~ R407c

**Практические задания для оценки результатов обучения,
характеризующих сформированность компетенций**

ПК-1 - Способен моделировать физические процессы, протекающие в системах холодоснабжения	
1.	Запишите первый закон термодинамики в дифференциальной форме для единицы массы вещества $\delta q = du + \delta l$
2.	Запишите, чему равно изменение энтропии ΔS в изохорном процессе

	$\Delta s = c_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$
3.	Как определяется работа, совершаемая газом в изобарном процессе $l = p \cdot (v_2 - v_1)$
4.	Каким выражением связан показатель политропы для произвольного процесса с величиной теплоемкости газа в данном процессе $n = \frac{c - c_p}{c - c_v}$
5.	Запишите уравнение адиабатного процесса $p_1 v_1^k = p_2 v_2^k = p v^k = \text{const}$
6.	По какой формуле определяется техническая работа изотермического компрессора $l = RT_1 \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right)$
7.	Запишите выражение для холодильного коэффициента $\varepsilon = \frac{q_0}{l}$
8.	Запишите уравнение Дальтона-Максвелла, определяющее массовое количество пара, испаряющееся с единицы поверхности жидкости за единицу времени $m = \beta \cdot (p'' - p')$
9.	По какой формуле определяется дифференциальный эффект изоэнтروпного расширения $\alpha_s = \frac{T}{c_p} \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$
10.	Запишите выражение для температуры идеального газа после изоэнтропного расширения $T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$
11.	По какой формуле определяется дифференциальный эффект Джоуля-Томсона $\alpha_i = \frac{1}{c_p} \left(T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p - v \right)$
12.	Как определяется массовый расход хладагента одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины $G_a = \frac{Q_0}{q_0}$
13.	Как определяется действительный объемный расход хладагента одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины $V_d = G_a \cdot v$
14.	Как определяется теоретический объемный расход хладагента одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины $V_T = \frac{V_d}{\lambda}$
15.	Как определяется мощность изоэнтропного сжатия компрессора одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины $N_s = G_a \cdot (i_2 - i_1) = G_a \cdot l_s$
16.	Как определяется промежуточное давление в двухступенчатом цикле, если известно давление конденсации p_k и давление кипения p_0 хладагента $p_m = \sqrt{p_k \cdot p_0}$
17.	По какому выражению определяется массовый расход второй ступени двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины со змеевиковым промежуточным сосудом и неполным промежуточным охлаждением, если известны энтальпия насыщенного пара при промежуточном давлении i_8 , энтальпия жидкости после змеевика i_{10} , энтальпия влажного пара, подаваемого в промежуточный сосуд i_7

	$G_a'' = G_a' \frac{i_8 - i_{10}}{i_8 - i_7}$
18.	По какому выражению определяется массовый расход рабочего вещества на второй стадии сжатия двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины с экономайзером, однократным дросселированием и винтовым компрессором, если известны энтальпия переохлажденной жидкости после конденсатора i_6, энтальпия переохлажденной жидкости жидкости после экономайзера i_8, энтальпия перегретого пара после экономайзера i_9 $G_a'' = G_a' \frac{i_9 - i_8}{i_9 - i_6}$
19.	Запишите условие, при выполнении которого дифференциальный дроссель-эффект равен нулю $T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p = v$
20.	По какой формуле определяется коэффициент подачи поршневого компрессора $\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w \cdot \lambda_{пл}$