

**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**

«Холодильные машины и установки атомных электростанций»

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 «Холодильные машины и установки атомных электростанций» направлен на формирование у обучающихся следующих компетенций:

ПК-2 - Способен разрабатывать технологические и конструктивные решения системы холодоснабжения атомных электростанций.

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-2	Знать реальные циклы паровых и теплоиспользующих холодильных машин, схемы холодильных установок, а также устройство, принцип действия и методики расчета узлов и аппаратов, входящих в их состав	Вопросы (тест) к зачету/ экзамену	Полнота знаний
		Уметь выполнять расчеты и осуществлять выбор основного оборудования, входящего в состав систем холодоснабжения атомных электростанций	Стандартные задания	Наличие умений
		Владеть навыками выполнения расчетов и выбора основного оборудования, входящего в состав систем холодоснабжения атомных электростанций	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

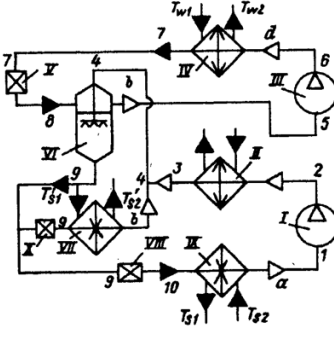
ПК-2 - Способен разрабатывать технологические и конструктивные решения системы холодоснабжения атомных электростанций		
1.	Снижение температурного напора испарителя = повышает потребную площадь теплообменной поверхности испарителя = увеличивает коэффициент обратимости ~ снижает удельную холодопроизводительность ~ повышает температуру нагнетания	
2.	Чем меньше температурный напор в конденсаторе, тем = больше затраты на изготовление холодильной машины ~ меньше затраты на изготовление холодильной машины ~ больше затраты на эксплуатацию холодильной машины = меньше затраты на эксплуатацию холодильной машины	
3.	С ростом адиабатного КПД компрессора удельная холодопроизводительность = не меняется ~ растет ~ уменьшается ~ направление изменения зависит от типа хладагента	
4.	Какой средний температурный напор принимается в воздушном конденсаторе действительной холодильной машины? = 10 – 20 С ~ 5 – 10 С ~ 5 – 8 С ~ 15 – 20 С	
5.	Какой средний температурный напор принимается в испарителе для охлаждения жидкости действительной холодильной машины? = 5 – 8 С ~ 6 – 10 С ~ 3 – 4 С	

	$\sim 8 - 10 \text{ C}$	
6.	По какой линии в действительном цикле идет процесс сжатия в охлаждаемом компрессоре? $= 1-2'$ $\sim 1-2s$ $\sim 1-2$ $\sim 1-3$	
7.	По какой формуле определяется удельная холодопроизводительность цикла, если заполнение испарителя регулируется TRV $= i_7 - i_5$ $\sim i_5 - i_6$ $\sim i_1 - i_5$ $\sim i_6 - i_5$	
8.	По какой формуле при расчете цикла определяется действительный объем пара хладагента всасываемый компрессором в единицу времени $= G_a \cdot v_1$ $\sim G_a / v_1$ $\sim G_a \cdot \lambda$ $\sim G_a / \lambda$	
9.	По какой формуле определяется теоретическая объемная подача компрессора $= V_D / \lambda$ $\sim V_D \cdot \lambda$ $\sim V_D \cdot v_1$ $\sim V_D / v_1$	
10.	Для каких хладагентов выгодно применять регенеративный теплообмен? $=$ для высокомолекулярных $=$ для хладагентов, имеющих относительно высокие потери, связанные с дросселированием	

	= имеющих относительно большую теплоемкость насыщенной жидкости и малую теплоемкость насыщенного пара ~ для низкомолекулярных ~ для хладагентов, имеющих относительно высокие потери, связанные с перегревом ~ имеющих относительно большую теплоемкость насыщенного пара и малую теплоемкость насыщенной жидкости	
11.	Как определить температуру в точке 5? = $i_5 = i_4 - (i_8 - i_7)$ и далее по диаграмме находим температуру T_5 ~ $T_5 = T_4 - (T_8 - T_7)$ ~ $T_5 = T_4 - (5 \div 10)^\circ\text{C}$ ~ $i_5 = i_6$ и далее по диаграмме находим температуру T_5	
12.	В каком процессе действительного цикла пар хладагента охлаждается в змеевике промежуточного сосуда = 6-9 ~ 6-8 ~ 5-b ~ 3-4	
13.	Какая точка характеризует состояние жидкости в промежуточном сосуде = 8 ~ 4' ~ 7 ~ 6 ~ 9	
14.	По какому выражению определяется массовый расход рабочего вещества во второй ступени $= G_a'' = G_a' \frac{i_3 - i_9}{i_{4'} - i_7}$ $\sim G_a'' = G_a' \frac{i_3 - i_8}{i_{4'} - i_7}$ $\sim G_a'' = G_a' \frac{i_3 - i_9}{i_4 - i_7}$	

	$\sim G_a'' = G_a' \frac{i_2 - i_7}{i_4 - i_8}$	
15.	По какому выражению определяется массовый расход рабочего вещества во второй ступени $= G_a'' = G_a' \frac{i_3 - i_8}{i_{41} - i_7}$ $\sim G_a'' = G_a' \frac{i_2 - i_7}{i_4 - i_8}$ $\sim G_a'' = G_a' \frac{i_3 - i_9}{i_4 - i_7}$ $\sim G_a'' = G_a' \frac{i_3 - i_9}{i_{41} - i_8}$	
16.	Какой из теплообменников выполняет функции змеевикового промежуточного сосуда? { = VI ~ V ~ II ~ IV ~ IX	
17.	Как определяется температура в точке 8 в цикле холодильной машины с теплообменниками? = Tm+5 ~ Tm-5 ~ T7-5 ~ T6-8	
18.	По какому выражению определяется массовый расход рабочего вещества во второй ступени $= G_a'' = G_a' \frac{(i_{11} - i_8) - (i_1 - i_{12})}{i_{11} - i_6}$ $\sim G_a'' = G_a' \frac{(i_{10} - i_8) - (i_2 - i_{11})}{i_{12} - i_6}$ $= G_a'' = G_a' \frac{(i_{11} - i_9) - (i_1 - i_{12})}{i_{11} - i_6}$	

	$\sim G_a'' = G_a' \frac{(i_{11}-i_7)-(i_1-i_{19})}{i_{11}-i_{5'}}$	
19.	По какой формуле определяется положение точки окончания сжатия во второй ступени в неохлаждаемом винтовом компрессоре $= i_3 + (i_4s - i_3) / \eta''$ $\sim i_3 - (i_4s - i_3) / \eta''$ $\sim i_3 + (i_4s + i_3) / \eta''$ $\sim i_3 + (i_4s + i_3) \cdot \eta''$	
20.	Какой из аппаратов является экономайзером = IV $\sim$ II $\sim$ I $\sim$ III $\sim$ V $\sim$ VI	
21.	Для чего нужен экономайзер? = для снижения необратимых потерь, связанных с дросселированием = для охлаждения пара, сжатого в первой ступени $\sim$ для снижения тепловых и гидравлических потерь в компрессоре = для организации двухступенчатого цикла с использованием одноступенчатого компрессора $\sim$ для регулирования расхода хладагента с целью достижения максимально экономичного режима работы	
22.	Каким образом находят энтальпию хладагента в точке 4 $= \frac{G_a^{np} i_b + G_a^l i_3}{G_a^{np} + G_a^l}$ $\sim \frac{G_a^{II} i_b + G_a^l i_3}{G_a^{II} + G_a^l}$ $\sim \frac{G_a^{np} i_b + G_a^l i_3}{G_a^{II}}$ $\sim \frac{G_a^{II} i_b + G_a^l i_9 - G_a^l i_8}{G_a^l}$	

23.	Как находят расход через испаритель VII $= G_a^{np} = \frac{Q'_0}{i_b - i_9}$ $\sim G_a^{np} = G'_a \frac{(i_{10} - i_8) - (i_2 - i_{11})}{i_{12} - i_6}$ $\sim G_a^{np} = \frac{Q'_0}{i_3 - i_9}$ $\sim G_a^{np} = G'_a \frac{i_3 - i_8}{i_4 - i_7}$	
24.	Какое оборудование холодильных машин относится к основному? = регулирующее устройство ~ ресивер ~ фильтр-осушитель = испаритель	
25.	За счет чего сжимается пар в центробежных компрессорах = за счет торможения в диффузоре ~ за счет увеличения скорости в лопатках колеса ~ за счет изменения объема рабочих полостей компрессора ~ за счет ускорения в диффузоре	
26.	Какие основные недостатки поршневых компрессоров? = загрязнение пара маслом = значительные инерциальные усилия в приводе ~ малый перепад давлений ~ значительный перегрев при сжатии	
27.	Какие компрессоры относятся к среднетемпературным = работающие при температуре кипения - 10÷-30 С ~ работающие при температуре кипения - 5÷-25 С ~ работающие при температуре кипения 0÷-20 С ~ работающие при температуре кипения 5÷-20 С	
28.	Какой способ регулирования производительности является самым простым и неэффективным? = байпасирование	

	~ дросселирование на всасывании ~ подключение дополнительного мертвого объема ~ пуск-остановка	
29.	При каком способе регулирования производительности поршневого компрессора меняется эффективный ход поршня? = принудительное открытие всасывающего клапана ~ байпасирование ~ дросселирование на всасывании ~ подключение дополнительного мертвого объема ~ изменение частоты вращения вала	
30.	При каком способе регулирования производительности поршневого компрессора энергетические характеристики самого компрессора практически не меняются ~ принудительное открытие всасывающего клапана ~ байпасирование ~ дросселирование на всасывании ~ подключение дополнительного мертвого объема = изменение частоты вращения вала	
31.	При каком способе регулирования производительности поршневого компрессора объемная подача меняется за счет изменения давления перед ним ~ принудительное открытие всасывающего клапана ~ байпасирование = дросселирование на всасывании ~ подключение дополнительного мертвого объема ~ изменение частоты вращения вала	
32.	Для какого способа регулирования производительности характерна приведенная диаграмма? ~ принудительное открытие всасывающего клапана ~ байпасирование ~ дросселирование на всасывании = подключение дополнительного мертвого объема ~ изменение частоты вращения вала	

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

ПК-2 - Способен разрабатывать технологические и конструктивные решения системы холодоснабжения атомных электростанций	
1.	Чему равен массовый расход хладагента и затраты мощности в холодильной машине, работающей на R134a, если температура кипения 253 К, конденсации 303 К, переохлаждение 2 К, адиабатный КПД компрессора 0,8, перегрев 15 К, гидравлические потери в линии всасывания 0,5 бар, в линии нагнетания 0,4 бар, холодопроизводительность машины 45 кВт? = 0,28 кг/с и 18,54 кВт $\sim$ 0,38 кг/с и 20,54 кВт $\sim$ 0,48 кг/с и 22,54 кВт $\sim$ 0,58 кг/с и 24,54 кВт
2.	Чему равна действительная и теоретическая объемная подача хладагента в холодильной машине, работающей на R134a, если температура кипения -22 С, конденсации 32 С, переохлаждение 2 К, адиабатный КПД компрессора 0,8, перегрев 15 К, гидравлические потери в линии всасывания 0,5 бар, в линии нагнетания 0,4 бар, холодопроизводительность машины 35 кВт, коэффициент подачи 0,7? $\sim$ 230,37 и 320,1 м³/ч = 237,37 и 339,1 м³/ч $\sim$ 257,37 и 369,1 м³/ч $\sim$ 286,37 и 389,1 м³/ч
3.	Чему равен массовый расход хладагента и затраты мощности в холодильной машине, работающей на R22, если температура кипения -23 С, конденсации 27 С, переохлаждение 4 К, адиабатный КПД компрессора 0,8, перегрев 10 К, гидравлические потери в линии всасывания 0,2 бар, в линии нагнетания 0,1 бар, холодопроизводительность машины 80 кВт? $\sim$ 0,16 кг/с и 16,33 кВт $\sim$ 0,26 кг/с и 22,33 кВт = 0,46 кг/с и 26,33 кВт $\sim$ 0,66 кг/с и 28,33 кВт
4.	Чему равна действительная и теоретическая объемная подача хладагента в холодильной машине, работающей на R22, если температура кипения -27 С, конденсации 37 С, переохлаждение 4 К, адиабатный КПД компрессора 0,8, перегрев 10 К, гидравлические потери в линии всасывания 0,2 бар, в линии нагнетания 0,1 бар, холодопроизводительность машины 55 кВт, коэффициент подачи 0,78? $\sim$ 155,8 и 265,39 м³/ч $\sim$ 165,8 и 245,39 м³/ч $\sim$ 195,8 и 215,39 м³/ч = 175,8 и 225,39 м³/ч
5.	Чему равен массовый расход хладагента и затраты мощности в холодильной машине, работающей на R600a, если температура кипения -15 С, конденсации 32 С, переохлаждение 3 К, адиабатный КПД компрессора 0,83, перегрев 12 К, гидравлические потери в линии всасывания 0,26 бар, в линии нагнетания 0,17 бар, холодопроизводительность машины 15 кВт? = 0,05 кг/с и 5 кВт $\sim$ 0,07 кг/с и 7 кВт $\sim$ 0,10 кг/с и 9 кВт $\sim$ 0,03 кг/с и 2 кВт
6.	Чему равна действительная и теоретическая объемная подача в холодильной машине, работающей на R600a, если температура кипения -18 С, конденсации 33 С, переохлаждение 2 К, адиабатный КПД компрессора 0,65, перегрев 12 К, гидравлические потери в линии

	всасывания 0,26 бар, в линии нагнетания 0,17 бар, холодопроизводительность машины 20 кВт, коэффициент подачи 0,55? ~ 172,9 и 322,6 м³/ч = 182,9 и 332,6 м³/ч ~ 192,9 и 362,6 м³/ч ~ 176,9 и 402,6 м³/ч
7.	Чему равна удельная холодопроизводительность и удельная нагрузка конденсатора конденсатора одноступенчатого цикла с всасыванием перегретого пара, построенного для R717, если температура кипения -10 С, конденсации 25 С, переохлаждение 1,5 К, перегрев 15 К, адиабатный КПД компрессора 0,65, гидравлическими потерями пренебречь? = 1177,872 и 1463,756 кДж/кг ~ 1198,872 и 1245,756 кДж/кг ~ 1250,872 и 1982,756 кДж/кг ~ 1367,872 и 1027,756 кДж/кг
8.	Определить для хладагента R11 давление насыщенного пара при температуре 290 К? ~ 0,5871 ~ 0,3871 = 0,7871 ~ 0,4873
9.	Определить для хладагента R113 температуру насыщенного пара при давлении 20 кПа? = 279,44 ~ 239,44 ~ 159,44 ~ 297,44
10.	Определить для хладагента R114 энтальпию насыщенной жидкости при температуре -10 С? ~ 177,58 = 190,58 ~ 183,58 ~ 142,58
11.	Определить для хладагента R1150 энтальпию насыщенного пара при температуре -20 С? ~ 524,23 ~ 315,27 ~ 478,23 = 415,23
12.	При какой температуре энтальпия хладона R12 равна 351,72 кДж/кг, если его давление 1,5 бар? = -5 С ~ -6 С ~ -7 С ~ -8 С
13.	Чему равен удельный объем хладагента R134а на всасывании в компрессор, если температура кипения -20 С, перегрев 30 С, гидравлическими потерями в линии всасывания пренебречь? ~ 0,13465 м³/кг = 0,16745 м³/кг ~ 0,18244 м³/кг ~ 0,19134 м³/кг
14.	Определите энтальпию хладагента R717 после дросселирования насыщенной жидкости с давлением 7 бар до давления 1 бар? ~ 1136,85 ~ 1257,22 = 1462,77

	~ 1625,25
15.	Чему равен холодильный коэффициент одноступенчатого цикла с всасыванием сухого насыщенного пара, построенного для R134a, если температура кипения 253 К, конденсации 303 К, переохлаждение 2 К, адиабатный КПД компрессора 0,8, гидравлическими потерями пренебречь? = 3,24 ~ 3,58 ~ 2,87 ~ 2,59
16.	Чему равна удельная холодопроизводительность и удельная нагрузка конденсатора одноступенчатого цикла с всасыванием перегретого пара, построенного для R22, если температура кипения 250 К, конденсации 300 К, переохлаждение 4 К, адиабатный КПД компрессора 0,75, перегрев 10 К, гидравлическими потерями пренебречь? ~ 154,863 и 221,904 кДж/кг = 174,863 и 231,904 кДж/кг ~ 184,863 и 239,904 кДж/кг ~ 201,863 и 245,904 кДж/кг
17.	Чему равны затраты работы и отношение давлений одноступенчатого цикла с всасыванием сухого насыщенного пара, построенного для R600a, если температура кипения 258 К, конденсации 305 К, переохлаждение 3 К, адиабатный КПД компрессора 0,85, гидравлическими потерями пренебречь? ~ 49,017 кДж/кг и 2,823 ~ 59,017 кДж/кг и 3,823 = 69,017 кДж/кг и 4,823 ~ 89,017 кДж/кг и 6,823
18.	Чему равен холодильный коэффициент одноступенчатого цикла, построенного для R134a, если температура кипения -18 С, конденсации 40 С, переохлаждение 5 К, адиабатный КПД компрессора 0,7, гидравлическими потерями пренебречь? ~ 1,89 ~ 3,56 ~ 2,65 = 2,39
19.	Чему равна удельная холодопроизводительность и удельная нагрузка конденсатора конденсатора одноступенчатого цикла с всасыванием перегретого пара, построенного для R717, если температура кипения -10 С, конденсации 25 С, переохлаждение 1,5 К, перегрев 15 К, адиабатный КПД компрессора 0,65, гидравлическими потерями пренебречь? = 1177,872 и 1463,756 кДж/кг ~ 1257,872 и 1569,756 кДж/кг ~ 1367,872 и 1730,756 кДж/кг ~ 1057,872 и 1291,756 кДж/кг
20.	Чему равны затраты работы и отношение давлений одноступенчатого цикла, построенного для R23, если температура кипения -33 С, конденсации 20 С, переохлаждение 2 К, перегрев 35 К, адиабатный КПД компрессора 0,9, гидравлическими потерями пренебречь? ~ 49,102 кДж/кг и 3,778 = 55,102 кДж/кг и 4,578 ~ 61,102 кДж/кг и 5,178 ~ 67,102 кДж/кг и 5,974