

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«17» января 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Холодильные машины и установки атомных электростанций»

Направление подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Программа магистратуры Технологические системы холодоснабжения
атомных электростанций

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки **2026**

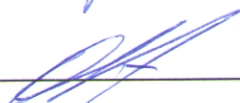
Автор программы

 / О.В. Калядин /

Заведующий кафедрой
твердотельной электроники

 / В.А. Небольсин /

Руководитель ОПОП

 / О.В. Калядин /

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов знаний, умений и навыков в области разработки систем холодоснабжения атомных электростанций

1.2. Задачи освоения дисциплины

- формирование знаний конструкций и принципов работы холодильных машин и установок, использующихся на АЭС;
- приобретение умений и навыков выполнять расчеты и осуществлять выбор основного оборудования, входящего в состав систем холодоснабжения атомных электростанций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Холодильные машины и установки атомных электростанций» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Холодильные машины и установки атомных электростанций» направлен на формирование следующих компетенций:

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

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
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
	Уметь выполнять расчеты и осуществлять выбор основного оборудования, входящего в состав систем холодоснабжения атомных электростанций
	Владеть навыками выполнения расчетов и выбора основного оборудования, входящего в состав систем холодоснабжения атомных электростанций

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Холодильные машины и установки атомных электростанций» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2

Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	81	81
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Одноступенчатые и двухступенчатые паровые компрессорные холодильные машины. Действительные циклы.	Реальные циклы одноступенчатых машин. Определение основных параметров нерегенеративного и регенеративного циклов (температура конденсации, кипения, перегрева, переохлаждения, давление конденсации, кипения, всасывания, нагнетания). Построение циклов в T-S диаграмме. Оценка влияния потерь на основные энергетические характеристики машины. Расчет холодильного коэффициента. Реальные циклы двухступенчатых и каскадных холодильных машин. Холодильные машины с промежуточными сосудами. Действительная холодильная машина с теплообменниками. Двухступенчатая холодильная машина с одним винтовым компрессором (схема с «экономайзером»). Двухступенчатая холодильная машина с двумя испарителями. Принцип действия, схемы, циклы в T-S диаграмме, основы расчета. Каскадные холодильные паровые машины.	6	6	14	26
2	Холодильные компрессоры	Компрессоры холодильных машин, особенности компрессоров объемного и динамического принципа действия. Поршневые компрессоры. Принцип действия, схемы. Конструкции поршневых компрессоров. Узлы и детали компрессора. Классификация поршневых компрессоров. Регулирование холодопроизводительности поршневых компрессоров. Спиральные компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции. Винтовые компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции. Объемные и энергетические характеристики холодильных винтовых компрессоров.	6	6	14	26

		Холодильные компрессоры динамического принципа действия. Основные уравнения. Центробежные компрессоры: особенности конструкции, характеристики и регулирование работы. Осевые компрессоры.				
3	Аппараты паровых холодильных машин. Регуляторы подачи жидкого хладагента	Типы и конструкции конденсаторов. Расчет теплоотдачи в конденсаторах. Тепловой и конструктивный расчет конденсаторов. Подбор конденсаторов. Испарители холодильных машин, назначение, разновидности. Расчет теплоотдачи в испарителях. Тепловой и конструктивный расчет испарителей. Подбор испарителей. Регуляторы подачи жидкого хладагента. Капиллярные трубки. Терморегулирующие вентили с внутренним уравниванием. Принцип действия, особенности конструкции. Терморегулирующие вентили с внешним уравниванием, необходимость применения. Принцип действия, особенности конструкции.	4	4	13	21
4	Схемы холодильных установок	Схемы холодильных установок. Требования к ним. Схема узла одноступенчатых компрессоров на несколько температур кипения. Схема узла конденсатора и линейного ресивера. Схема узла компрессоров двухступенчатого сжатия. Схемы «экономайзер» включения винтового компрессора. Схема включения центробежного компрессора с двухступенчатым дросселированием. Схемы узла подачи хладагента в испарительную систему. Схема безнасосной подачи хладагента за счет разности давлений, создаваемой столбом жидкости, дополненная системой оттайки. Схема оттаивания одноиспарительных систем методом «на проход». Схема автоматизированного узла подачи хладагента под действием разности давлений конденсации и кипения. Схемы холодильных установок с вертикальными защитными ресиверами. Схемы удаления жидкости из дренажного ресивера. Насосные схемы с верхней и нижней подачей. Схема компаундной холодильной установки с одним промежуточным давлением. Схемы трубопроводов для жидких хладоносителей. Схемы охлаждения хладоносителем с открытыми охлаждающими приборами и испарителем открытого и закрытого типов. Схемы охлаждения хладоносителем с охлаждающими приборами закрытого типа и испарителем открытого и закрытого типов.	6	6	12	24
5	Влияние примесей к хладагенту на работу холодильной машины	Примеси к хладагенту и их влияние на работу парокомпрессорных холодильных машин. Влияние смазочного масла. Маслоотделители и маслособиратели. Способы организации циркуляции масла в системе.	2	2	4	8

		Влияние воды и воздуха. Источники попадания влаги и воздуха в систему. Фильтры-осушители. Воздухоотделители. Влияние механических загрязнений. Фильтры.				
6	Пароэжекторные холодильные машины	Принцип действия и теоретический процесс работы ПЭХМ. Схема машины и цикл в T-S диаграмме. Тепловой баланс. Газодинамические основы работы пароструйного аппарата. Действительный процесс и характеристика работы пароэжекторной машины. Рабочие схемы и конструкции пароэжекторных холодильных машин. Конструкция и тепловой расчет основных элементов пароэжекторной машины. Регулирование холодопроизводительности и автоматизация управления эжекторных холодильных машин. Особенности работы эжекторных машин на различных рабочих веществах.	6	6	12	24
7	Абсорбционные холодильные машины	Общая характеристика и принцип действия абсорбционных холодильных машин. Типы АХМ. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с одноступенчатой и двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества. Схемы и теоретические циклы. Тепловые расчеты теоретических процессов различных схем абсорбционных холодильных машин. Влияние параметров внешних источников на процессы и эффективность абсорбционных холодильных машин. Анализ действительных процессов абсорбционных холодильных машин. Конструкции и особенности расчета основных аппаратов абсорбционных холодильных машин. Характеристики и регулирование абсорбционных холодильных машин.	6	6	12	24
Экзамен					27	27
Итого			36	36	81	153

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 2 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Разработка системы холодообеспечения на базе чиллеров для СКВ производственного помещения». Расчет выполняется по различным исходным данным (для разных вариантов отличается требуемая холодопроизводительность, тип холодильной машины, количество независимых контуров, температурный режим, тип хладагента), что обеспечивает многовариантность выполнения курсового проекта.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- анализ литературы по теме курсового проекта;
- разработка схемы холодильной машины;
- построение цикла холодильной машины в T-S и i-p диаграмме и определение их основных параметров;
- расчет требуемого расхода хладагента и подбор компрессоров;
- расчет и подбор основного оборудования холодильной машины
- расчет гидравлического контура и подбор насосов для перекачки хладагента.

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
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	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выполнять расчеты и осуществлять выбор основного оборудования, входящего в состав систем холодообеспечения атомных электростанций	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками выполнения расчетов и выбора основного оборудования, входящего в состав систем холодообеспечения атомных электростанций	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
-------------	---	---------------------	---------	--------	--------	----------

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	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь выполнять расчеты и осуществлять выбор основного оборудования, входящего в состав систем холодоснабжения атомных электростанций	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками выполнения расчетов и выбора основного оборудования, входящего в состав систем холодоснабжения атомных электростанций	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

- Наличие конечной разности температур в конденсаторе приводит по сравнению с теоретическим циклом
 - = к росту температуры нагнетания
 - = к снижению удельной холодопроизводительности
 - к снижению удельной работы сжатия
 - к увеличению коэффициента обратимости
- Снижение температурного напора испарителя
 - = повышает потребную площадь теплообменной поверхности испарителя
 - = увеличивает коэффициент обратимости
 - снижает удельную холодопроизводительность
 - повышает температуру нагнетания
- Коэффициент обратимости это
 - = отношение холодильных коэффициентов исследуемого цикла и цикла образца
 - = отношение удельных работ сжатия цикла образца и исследуемого цикла
 - отношение удельных холодопроизводительностей исследуемого цикла и цикла образца
 - произведение удельных работ сжатия цикла образца и исследуемого цикла
- 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
- С ростом адиабатного КПД компрессора удельная холодопроизводительность
 - = не меняется
 - растет
 - уменьшается
 - направление изменения зависит от типа хладагента
- Какой средний температурный напор принимается в воздушном конденсаторе действительной холодильной машины?
 - = 10 – 20 С

- 5 – 10 С
 5 – 8 С
 15 – 20 С
7. Какой средний температурный напор принимается в испарителе для охлаждения жидкости действительной холодильной машины?
 = 5 – 8 С
 6 – 10 С
 3 – 4 С
 8 – 10 С
8. В газовых холодильных машинах применение регенеративного теплообмена позволяет значительно снизить рабочий перепад давлений. Справедливо ли это для парожидкостных холодильных машин?
 = нет, перепад давлений не меняется
 да
 да, но незначительно
 нет, перепад давлений от этого растет
9. 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
10. Для чего нужен экономайзер?
 = для снижения необратимых потерь, связанных с дросселированием
 = для охлаждения пара, сжатого в первой ступени
 для снижения тепловых и гидравлических потерь в компрессоре
 = для организации двуступенчатого цикла с использованием одноступенчатого компрессора
 для регулирования расхода хладагента с целью достижения максимально экономичного режима работы

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

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
 0,38 кг/с и 20,54 кВт
 0,48 кг/с и 22,54 кВт
 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?
 230,37 и 320,1 м³/ч
 = 237,37 и 339,1 м³/ч

257,37 и 369,1 м³/ч

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?

0,16 кг/с и 16,33 кВт

0,26 кг/с и 22,33 кВт

= 0,46 кг/с и 26,33 кВт

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?

155,8 и 265,39 м³/ч

165,8 и 245,39 м³/ч

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

0,07 кг/с и 7 кВт

0,10 кг/с и 9 кВт

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

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Определить для хладагента R1150 энтальпию насыщенного пара при температуре -20 С?
- 524,23
- 315,27
- 478,23
- = 415,23
2. 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
3. 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
4. Определите энтальпию хладагента R717 после дросселирования насыщенной жидкости с давлением 7 бар до давления 1 бар?
- 1136,85
- 1257,22
- = **1462,77**
- 1625,25
5. Чему равен холодильный коэффициент одноступенчатого цикла с всасыванием сухого насыщенного пара, построенного для R134а, 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
6. 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

7. 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

8. 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

9. Чему равна удельная холодопроизводительность и удельная нагрузка 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

10. 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

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Одноступенчатая паровая компрессорная холодильная машина. Принципиальная схема и действительный цикл. Расчет основных характеристик.
2. Одноступенчатая паровая компрессорная холодильная машина с регенеративным теплообменником. Принципиальная схема и действительный цикл. Расчет основных характеристик.
3. Действительный цикл двухступенчатой холодильной машины с однократным дросселированием и полным промежуточным охлаждением. Расчет.
4. Действительный цикл двухступенчатой холодильной машины с двукратным дросселированием и полным промежуточным охлаждением. Расчет.
5. Двухступенчатая холодильная машина с теплообменниками. Принципиальная схема и действительный цикл. Расчет.
6. Действительная двухступенчатая холодильная машина с одноступенчатым винтовым компрессором. Принципиальная схема и обратный цикл. Расчет.

7. Действительный цикл и принципиальная схема двухступенчатой холодильной машины с двумя испарителями. Принципиальная схема и обратный цикл. Расчет.
8. Действительный цикл и принципиальная схема каскадной холодильной машины. Расчет основных параметров. Области применения каскадных и двухступенчатых холодильных машин.
9. Компрессоры холодильных машин, особенности компрессоров объемного и динамического принципа действия. Поршневые компрессоры. Принцип действия, схемы. Особенности конструкции.
10. Классификация поршневых компрессоров.
11. Регулирование холодопроизводительности поршневых компрессоров.
12. Спиральные компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции.
13. Винтовые и спиральные компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции.
14. Объемные и энергетические характеристики холодильных винтовых компрессоров.
15. Холодильные компрессоры динамического принципа действия. Основные уравнения.
16. Центробежные компрессоры: особенности конструкции, характеристики и регулирование работы.
17. Осевые компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции.
18. Типы и конструкции конденсаторов.
19. Расчет теплоотдачи в конденсаторах.
20. Тепловой и конструктивный расчет конденсаторов. Подбор конденсаторов.
21. Испарители холодильных машин, назначение, разновидности.
22. Расчет теплоотдачи в испарителях.
23. Тепловой и конструктивный расчет испарителей. Подбор испарителей.
24. Регуляторы подачи жидкого хладагента. Капиллярные трубки. Терморегулирующие вентили с внутренним уравниванием. Принцип действия, особенности конструкции.
25. Терморегулирующие вентили с внешним уравниванием, необходимость применения. Принцип действия, особенности конструкции.
26. Схемы холодильных установок. Требования к ним. Схема узла одноступенчатых компрессоров на несколько температур кипения. Схема узла конденсатора и линейного ресивера.
27. Схема узла компрессоров двухступенчатого сжатия.
28. Схемы «экономайзер» включения винтового компрессора.
29. Схема включения центробежного компрессора с двухступенчатым дросселированием.
30. Схемы узла подачи хладагента в испарительную систему.
31. Схема безнасосной подачи хладагента за счет разности давлений, создаваемой столбом жидкости, дополненная системой оттайки.
32. Схема оттаивания одноиспарительных систем методом «на проход».
33. Схема автоматизированного узла подачи хладагента под действием разности давлений конденсации и кипения.
34. Схемы холодильных установок с вертикальными защитными ресиверами. Схемы удаления жидкости из дренажного ресивера.
35. Насосные схемы с верхней и нижней подачей.
36. Схема компаундной холодильной установки с одним промежуточным давлением.

37. Схемы трубопроводов для жидких хладоносителей. Схемы охлаждения хладоносителем с открытыми охлаждающими приборами и испарителем открытого и закрытого типов.
38. Схемы охлаждения хладоносителем с охлаждающими приборами закрытого типа и испарителем открытого и закрытого типов. Схема оттаивания рассольных батарей.
39. Влияние наличия воды в хладагенте на работу холодильной установки. Источники появления влаги. Меры, предпринимаемые для недопущения попадания влаги при монтаже и удаления ее при эксплуатации установки.
40. Влияние смазочного масла на работу холодильной установки. Маслоотделители и маслосборители. Способы организации циркуляции масла по системе.
41. Влияние наличия воздуха в хладагенте на работу холодильной установки. Источники появления воздуха. Особенности удаления воздуха из системы. Воздухоотделители.
42. Влияние наличия механических загрязнений на работу холодильной установки. Источники появления. Фильтры.
43. Принцип действия и теоретический процесс работы ПЭХМ. Схема машины и цикл в T-S диаграмме. Тепловой баланс.
44. Газодинамические основы работы пароструйного аппарата.
45. Действительный процесс и характеристика работы парожеткторной машины.
46. Рабочие схемы и конструкции парожеткторных холодильных машин.
47. Конструкция и тепловой расчет основных элементов парожеткторной машины.
48. Регулирование холодопроизводительности и автоматизация управления жеткторных холодильных машин.
49. Особенности работы жеткторных машин на различных рабочих веществах
50. Общая характеристика и принцип действия абсорбционных холодильных машин. Типы АХМ.
51. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с одноступенчатой генерацией пара рабочего вещества, совмещенным и отдельным тепломассопереносом в абсорбере. Схема и теоретический цикл.
52. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества и параллельным движением раствора через ступени генератора. Схема и теоретический цикл.
53. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества и последовательным движением раствора через ступени генератора. Схема и теоретический цикл.
54. Тепловые расчеты теоретических процессов различных схем абсорбционных холодильных машин.
55. Влияние параметров внешних источников на процессы и эффективность абсорбционных холодильных машин.
56. Анализ действительных процессов абсорбционных холодильных машин.
57. Конструкции и особенности расчета основных аппаратов абсорбционных холодильных машин.
58. Характеристики и регулирование абсорбционных холодильных машин

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 5 стандартных задач и 5 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, правильно решенная задача оценивается в 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 15 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 20 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Одноступенчатые и двухступенчатые паровые компрессорные холодильные машины. Действительные циклы.	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
2	Холодильные компрессоры	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
3	Аппараты паровых холодильных машин. Регуляторы подачи жидкого хладагента	ПК-2	Тест, устный опрос, экзамен
4	Схемы холодильных установок	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
5	Влияние примесей к хладагенту на работу холодильной машины	ПК-2	Тест, устный опрос, экзамен
6	Пароэжекторные холодильные машины	ПК-2	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
7	Абсорбционные холодильные машины	ПК-2	Тест, устный опрос, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на

бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Калядин О.В. Холодильные установки: учебное пособие, 2011
2. Бараненко А.В., Бухарин Н.Н., Пекарев В.И. и др. Холодильные машины: учебник для вузов, 2006
3. Дячек П.И. Холодильные машины и установки: учебное пособие, 2007
4. Комарова, Н. А. Холодильные установки. Основы проектирования: учебное пособие / Н. А. Комарова. — Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. — 368 с. — ISBN 978-5-89289-727-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/14402.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей
5. Леонов, В. П. Абсорбционные холодильные машины: учебно-методическое пособие / В. П. Леонов. — Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2020. — 76 с. — ISBN 978-5-7038-5383-2. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115298.html>. — Режим доступа: для авторизир. Пользователей
6. Фирсова, Ю. А. Проектирование и эксплуатация холодильных машин и установок: практикум / Ю. А. Фирсова, А. Г. Сайфетдинов. — Казань: Издательство КНИТУ, 2022. — 104 с. — ISBN 978-5-7882-3280-5. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/136184.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- Программа подбора промышленных и коммерческих холодильных компонентов Coolselector 2 (<https://www.danfoss.com/en/service-and-support/downloads/dcs/coolselector-2/>);

- Программа подбора холодильного оборудования Bitzer software (https://www.bitzer.de/ru/ru/tools-archive/software/программное-обеспечение/content_300.jsp);

- CoolPack 1.50 (<https://www.ipu.dk/products/coolpack/>)

- SMath Studio

- Компас-3D v23

- Microsoft Office (Word, Excel)

- <https://www.iprbookshop.ru>

- <https://e.lanbook.ru>

- <https://old.education.cchgeu.ru>

- <https://bbb.cchgeu.ru>

- <https://elibrary.ru>

- <https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Реализация дисциплины «Холодильные машины и установки атомных электростанций» требует наличия учебной аудитории для проведения лекционных занятий.

Оборудование аудитории: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- проектор;
- экран.

Переносное техническое оборудование:

- переносной компьютер.

Для проведения практических занятий используется учебная аудитория.

Оборудование аудитории: комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

- персональные компьютеры с установленным программным обеспечением, подключенные к сети Интернет - 20 шт.

Для самостоятельной работы используется «Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций/ Аудитория для самостоятельной работы»

Комплект учебной мебели:

- рабочее место преподавателя (стол, стул);
- рабочие места обучающихся (столы, стулья).

Технические средства обучения:

– персональный компьютер с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде вуза.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Холодильные машины и установки атомных электростанций» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета холодильных машин и установок. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна

	начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
--	--

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--