

**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.

«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Теоретические основы холодильной техники»

**Направление подготовки** 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

**Профиль** Техника и физика низких температур

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2019

Автор программы

/ О.В. Калядин /

Заведующий кафедрой  
физики твердого тела

/ Ю.Е. Калинин /

Руководитель ОПОП

/ О.В. Калядин /

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

формирование у студентов знаний, умений и навыков в области теоретических основ холодильной техники.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

- формирование теоретических знаний в области холодильной техники, необходимых для разработки технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок, для выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения, а также для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок

- приобретение умений использования теоретических основ холодильной техники при разработке технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок с учетом сформулированных к ним требований, при выполнении расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения, а также при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок

- выработка навыков использования теоретических основ холодильной техники при разработке технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок с учетом сформулированных к ним требований, при выполнении расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения, а также при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных низкотемпературных установок

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Теоретические основы холодильной техники» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ПК-1 - Способен участвовать в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик

ПК-8 - Способен выполнять расчеты, осуществлять выбор оборудования и средств автоматического управления систем холодоснабжения

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Знать способы расчета количественных характеристик процессов, протекающих в теоретических

	циклах холодильных машин на основе существующих методик
	Уметь выполнять расчеты количественных характеристик процессов, протекающих в теоретических циклах холодильных машин на основе существующих методик
	Владеть навыками расчета количественных характеристик процессов, протекающих в теоретических циклах холодильных машин на основе существующих методик
ПК-8	Знать теоретические основы холодильной техники, необходимые для выполнения расчетных работ в области низкотемпературной техники и систем холодоснабжения
	Уметь использовать теоретические основы холодильной техники для выполнения расчетных работ в области низкотемпературной техники и систем холодоснабжения
	Владеть навыками использования теоретических основ холодильной техники для выполнения расчетных работ в области низкотемпературной техники и систем холодоснабжения

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	81	81
Часы на контроль	45	45
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	216 6	216 6

#### 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.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в холодильную технику	Понятие охлаждения. Классификация холодильной техники по уровню достигаемых температур, по роду потребляемой энергии, по цели применения. История развития холодильной техники.	2			8	10
2	Термодинамические основы холодильной техники	Основные законы и положения. Основные термодинамические принципы работы холодильной машины. Два способа понижения температуры термодинамического тела. Закон Нернста. T-S диаграмма. Основные теоретические термодинамические процессы.	6	8		16	30
3	Энергетические и объемные характеристики нагнетательных и расширительных машин	Техническая работа компрессора и расширительной машины. Индикаторные диаграммы идеального и действительного компрессоров. Влияние процессов сжатия и расширения рабочего тела на работу цикла. Наиболее выгодные условия работы. Коэффициент подачи. КПД нагнетательных и расширительных машин. Теоретическая индикаторная и фазовая диаграмма поршневого детандера	6	8	4,5	10	28,5
4	Физические явления, используемые для отвода теплоты и понижения температуры	Использование теплоты фазовых переходов веществ. Диаграммы фазовых состояний. Использование теплоты парообразования, плавления, сублимации. Изотропное расширение газа. Дросселирование. Выхлоп газа. Вихревое расширение газа. Термоэлектрическое охлаждение.	6	8	9	14	37
5	Термодинамические циклы парокompрессионных холодильных машин	Понятие прямого и обратного циклов. Классификация обратных термодинамических циклов. Идеальные циклы холодильных машин. Обратимость термодинамического процесса и цикла. Теоретические циклы парокompрессионных холодильных машин: с детандером в области влажного пара, с дросселированием, со всасыванием сухого насыщенного пара, со всасыванием перегретого пара. Регенеративный теплообмен в парокompрессионных холодильных машинах, теоретический регенеративный цикл. Принцип действия многоступенчатых паровых холодильных машин. Теоретические циклы двухступенчатых парокompрессионных холодильных машин	10	8	4,5	18	40,5
6	Рабочие вещества парокompрессионных холодильных машин	Классификация и обозначение хладагентов парокompрессорных холодильных машин. Основные свойства хладагентов. Области их применения. Основные критерии выбора рабочих веществ.	6	4		15	25

	Экзамен			45	45
	Итого	36	36	18	216

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Энергетические и объемные характеристики нагнетательных и расширительных машин:

№1 Изучение принципа действия и построение индикаторных диаграмм нагнетательных машин (4,5 ч);

Физические явления, используемые для отвода теплоты и понижения температуры:

№2 Изучение принципа действия и особенностей работы термоэлектрических охлаждающих модулей (4,5 ч);

№3 Исследование эффекта Джоуля-Томпсона при адиабатическом истечении газа (4,5 ч).

Термодинамические циклы парокомпрессионных холодильных машин

№4 Изучение термодинамических циклов тепловой машины (прямого и обратного) (4,5 ч);

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 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-1	Знать теоретические основы холодильной техники, необходимые для разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать теоретические основы холодильной техники для разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий,	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок			
	Владеть навыками использования теоретических основ холодильной техники для разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-8	Знать теоретические основы холодильной техники, необходимые для выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать теоретические основы холодильной техники для выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования теоретических основ холодильной техники для выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	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 5 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-1	Знать теоретические основы холодильной техники, необходимые для разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь использовать теоретические основы холодильной техники для разработки, в том числе с использованием новых информационных тех-	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов

	нологий, технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок					
	Владеть навыками использования теоретических основ холодильной техники для разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов низкотемпературных установок	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
ПК-8	Знать теоретические основы холодильной техники, необходимые для выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь использовать теоретические основы холодильной техники для выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками использования теоретических основ холодильной техники для выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач в области низкотемпературной техники и систем жизнеобеспечения	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

- На T-S диаграмме отрезок, отсекаемый от оси абсцисс касательной к кривой процесса и нормалью к оси абсцисс, проведенной из данной точки процесса определяет
  - = теплоемкость термодинамического тела в точке процесса
  - энтропию термодинамического тела в точке процесса
  - энтальпию термодинамического тела в точке процесса
  - удельный объем термодинамического тела в точке процесса
- Использование ТРВ с внутренним уравниванием вместо ТРВ с внешним уравниванием приводит к
  - = завышению перегрева
  - занижению перегрева
  - = ухудшению заполнения испарителя
  - влажному ходу компрессора
- Какая область на T-S диаграмме фазовых состояний вещества характеризуется значениями температур выше критической и давлениями ниже критического?
  - область жидкости

область перегретого пара

= область газа

область влажного пара

4. В каком устройстве осуществляется расширение газа с отдачей внешней работы

= поршневой детандер

= турбодетандер

дроссельный вентиль

капиллярная трубка

5. Как меняется температура при изоэнтропном расширении газа с отдачей внешней работы

увеличивается

в зависимости от начальной температуры газа может возрасть, а может уменьшаться

= уменьшается вне зависимости от начального состояния газа

в зависимости от начального давления газа может возрасть, а может уменьшаться

6. Какой параметр сохраняется постоянным до и после дросселирования

внутренняя энергия

энтропия

= расход газа

= энтальпия

7. Если начальная температура газа больше температуры инверсии, то его дросселирование будет сопровождаться

= повышением температуры

понижением температуры

температура не будет меняться

температура будет сначала расти, потом снижаться

8. 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

9. При использовании капиллярной трубки необходимо

= устанавливать докислитель жидкого хладагента

= устанавливать фильтр-осушитель

ресивер жидкого хладагента

= тщательно вакууммировать холодильный контур

~ устанавливать обратный клапан после конденсатора

10. 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

## **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Что означает первая цифра в трехзначном обозначении фреона?

число атомов хлора

число атомов фтора

число атомов водорода + 1

= число атомов углерода – 1

число атомов углерода + 1



2. Что означает вторая цифра в трехзначном обозначении фреона?  
число атомов хлора  
число атомов фтора  
= число атомов водорода + 1  
число атомов водорода – 1  
число атомов углерода
3. Что означает третья цифра в трехзначном обозначении фреона?  
число атомов хлора  
= число атомов фтора  
число атомов водорода - 1  
число атомов углерода + 1
4. Что означает буква b в конце трехзначного обозначения фреона?  
= обозначение изомера  
то, что фреон получен на основе непредельного углеводорода  
наличие в химической формуле брома  
то, что фреон получен на основе циклического углеводорода
5. Что означает буква C после буквы R в обозначении фреона?  
обозначение изомера  
то, что фреон получен на основе непредельного углеводорода  
наличие в химической формуле хлора  
= то, что фреон получен на основе циклического углеводорода
6. Что означает буква B в конце трехзначного обозначения фреона?  
обозначение изомера  
то, что фреон получен на основе непредельного углеводорода  
= наличие в химической формуле брома  
то, что фреон получен на основе циклического углеводорода
7. Что означает цифра 1 в начале четырехзначного обозначения фреона?  
обозначение изомера  
= то, что фреон получен на основе непредельного углеводорода  
наличие в химической формуле брома  
то, что фреон получен на основе циклического углеводорода
8. Что означает первая цифра в двухзначном обозначении фреона?  
число атомов хлора  
число атомов фтора  
= число атомов водорода + 1  
число атомов углерода – 1  
число атомов углерода + 1  
число атомов водорода – 1
9. Что означает вторая цифра в двухзначном обозначении фреона?  
число атомов хлора  
= число атомов фтора  
число атомов водорода - 1  
число атомов углерода + 1  
число атомов водорода + 1  
число атомов углерода – 1
10. Что означает первая цифра 4 в трехзначном обозначении хладагента?  
число атомов хлора  
азеотропную смесь  
= зеотропную смесь  
число атомов углерода – 1  
число атомов углерода + 1  
число атомов водорода – 1

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Запишите первый закон термодинамики в дифференциальной форме для единицы массы вещества

$$\delta q = du + \delta l$$

$$\delta q = du - \delta l$$

$$\delta q = du * \delta l$$

$$\delta q = du/\delta l$$

2. Запишите, чему равно изменение энтропии  $\Delta s$  в изохорном процессе

$$\Delta s = c_v \cdot \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta s = c_v / \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta s = c_v + \ln \frac{T_2}{T_1}$$

$$\Delta s = c_v - \ln \frac{T_2}{T_1}$$

3. Как определяется работа, совершаемая газом в изобарном процессе

$$l = p \cdot (v_2 - v_1)$$

$$l = p \cdot (v_2 + v_1)$$

$$l = p/(v_2 - v_1)$$

$$l = p/(v_2 + v_1)$$

4. Каким выражением связан показатель политропы для произвольного процесса с величиной теплоемкости газа в данном процессе

$$n = \frac{c - c_p}{c - c_v}$$

$$n = \frac{c + c_p}{c - c_v}$$

$$n = \frac{c - c_v}{c - c_p}$$

$$n = \frac{c + c_v}{c + c_p}$$

$$n = \frac{c + c_p}{c + c_v}$$

5. Запишите уравнение адиабатного процесса

$$p_1 v_1^k = p_2 v_2^k = p v^k = \text{const}$$

$$p_1/v_1^k = p_2/v_2^k = p/v^k = \text{const}$$

$$p_1 v_1^{k-1} = p_2 v_2^{k-1} = p v^{k-1} = \text{const}$$

$$p_1 v_1^{k+1} = p_2 v_2^{k+1} = p v^{k+1} = \text{const}$$

6. По какой формуле определяется техническая работа изотермического компрессора

$$l = RT_1 \ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right)$$

$$l = RT_1 / \ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right)$$

$$l = RT_1 + \ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right)$$

$$l = R/T_1 \ln \left( \frac{p_2}{p_1} \right)$$

7. Запишите выражение для холодильного коэффициента

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l}$$

$$\varepsilon = \frac{l}{q_0}$$

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l + q_0}$$

$$\varepsilon = \frac{q_0 + l}{l}$$

8. Запишите уравнение Дальтона-Максвелла, определяющее массовое количество пара, испаряющееся с единицы поверхности жидкости за единицу времени

$$m = \beta \cdot (p'' - p')$$

$$m = \beta \cdot (p'' + p')$$

$$m = \alpha \cdot (p'' + p')$$

$$m = \alpha / (p'' - p')$$

9. По какой формуле определяется дифференциальный эффект изоэнтропного расширения

$$\alpha_s = \frac{T}{c_p} \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$$

$$\alpha_s = \frac{c_p}{T} \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_p$$

$$\alpha_s = \frac{T}{c_p} \left( \frac{\partial T}{\partial v} \right)_p$$

$$\alpha_s = \frac{T}{c_p} \left( \frac{\partial v}{\partial T} \right)_T$$

10. Запишите выражение для температуры идеального газа после изоэнтропного расширения

$$T_2 = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k+1}{k}}$$

$$T_2 = T_1 / \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

#### 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. Уравнение состояния идеального газа. Закон сохранения массы. Закон сохранения энергии в общем виде и для термомеханических систем. Механическая работа, энтальпия и внутренняя энергия.

2. Теплоемкость. Средняя и истинная теплоемкости. Теплоемкость газа в изохорном и изобарном процессах.

3. Второй закон термодинамики. Понятие энтропии. Изменение энтропии в изолированных и неизолированных системах обратимые и необратимые процессы.

4. Основные термодинамические принципы работы холодильной машины. Рабочее тело и обратный термодинамический цикл. Холодопроизводительность цикла.

5. Основные теоретические термодинамические процессы. Изохорный и изобарный процессы. Изображение в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах. Уравнение процесса и основные аналитические соотношения.

6. Основные теоретические термодинамические процессы. Изотермический процесс. Изображение в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах. Уравнение процесса и основные аналитические соотношения.

7. Основные теоретические термодинамические процессы. Адиабатный процесс. Изображение в  $p-v$  и  $T-s$  диаграммах. Уравнение процесса и основные аналитические соотношения.

8. Основные теоретические термодинамические процессы. Политропный процесс. Уравнение процесса и основные аналитические соотношения.

9. Понятие адиабатного компрессора. Схема и цикл работы. Техническая работа адиабатного компрессора.

10. Понятие изотермического компрессора. Схема и цикл работы. Техническая работа изотермического компрессора.

11. Индикаторные диаграммы идеального и действительного компрессоров.

12. Влияние процессов сжатия и расширения рабочего тела на работу цикла. Наиболее выгодные условия работы.

13. Коэффициент подачи. КПД нагнетательных машин.

14. Понятие термодинамической фазы. Фазовые переходы. Диаграммы фазовых состояний вещества.

15. Физические принципы, используемые для получения охлаждающего эффекта. Использование теплоты парообразования, теплот плавления и сублимации.

16. Физические принципы, используемые для получения охлаждающего эффекта. Изоэнтропное расширение газа. Дифференциальный эффект. Интегральный эффект расширения для идеального газа. Принцип работы расширительных машин. Изображение процесса изоэнтропного расширения в  $T-S$  диаграмме.

17. Физические принципы, используемые для получения охлаждающего эффекта. Дросселирование. Доказательство изоэнтальпийности процесса. Дифференциальный эффект Джоуля-Томсона.

18. Состояние инверсии при дросселировании. Кривая инверсии. Температура инверсии. Характер и интенсивность изменения температуры при различных начальных параметрах дросселирования.

19. Вихревая труба. Схемы и принцип работы. Эффект Ранка-Хилша.

20. Термоэлектрические эффекты Зеебека и Пельтье. Физическая сущность эффектов и их применение.

21. Термоэлектрическое охлаждение. Тепловой баланс термоэлемента. Холодопроизводительность и максимальная разность температур термоэлемента.

22. Термоэлектрическое охлаждение. Понятие оптимального тока. Термоэлектрическая добротность. Термоэлектрические модули. Достоинства и недостатки термоэлектрического охлаждения, сферы его применения.

23. Термодинамические циклы. Идеальные, теоретические и действительные циклы холодильных машин. Обратные термодинамические циклы. Классификация.

24. Описание процессов в холодильном цикле. Характеристика эффективности.

25. Описание процессов в циклах теплового насоса и комбинированном. Характеристики эффективности

26. Парожидкостные компрессионные холодильные машины. Идеальный цикл с детандером в области влажного пара. Принципиальная схема машины. Расчет основных характеристик.

27. Использование дросселирования вместо изоэнтропного расширения. Плюсы и минусы. Теоретический цикл с дросселированием и всасыванием влажного пара. Принципиальная схема машины. Расчет основных характеристик.

28. Теоретический цикл с дросселированием и всасыванием сухого насыщенного пара. Принципиальная схема машины. Расчет основных характеристик.

29. Теоретический цикл с дросселированием и всасыванием перегретого пара. Принципиальная схема машины. Расчет основных характеристик.

30. Регенеративный теплообмен в парожидкостных трансформаторах тепла. Принципиальная схема и теоретический цикл машины с регенеративным теплообменником. Расчет основных характеристик

31. Принцип действия многоступенчатых паровых холодильных машин.

32. Двухступенчатая холодильная машина со змеевиковым промежуточным сосудом и неполным промежуточным охлаждением. Принципиальная схема и теоретический цикл. Расчет основных характеристик.

33. Двухступенчатая холодильная машина со змеевиковым промежуточным сосудом и полным промежуточным охлаждением. Принципиальная схема и теоретический цикл. Расчет основных характеристик.

34. Двухступенчатые холодильные машины с двухкратным дросселированием и неполным охлаждением. Принципиальная схема и теоретический цикл. Расчет основных характеристик.

35. Двухступенчатые холодильные машины с двухкратным дросселированием и полным охлаждением. Принципиальная схема и теоретический цикл. Расчет основных характеристик.

36. Рабочие вещества парокompрессорных холодильных машин. Классификация и обозначение

37. Основные свойства хладагентов. Области их применения

#### **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 правиль-*

ный 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	Введение в холодильную технику	ПК-1, ПК-8	Тест, устный опрос
2	Термодинамические основы холодильной техники	ПК-1, ПК-8	Тест, устный опрос, экзамен
3	Энергетические и объемные характеристики нагнетательных и расширительных машин	ПК-1, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
4	Физические явления, используемые для отвода теплоты и понижения температуры	ПК-1, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
5	Термодинамические циклы пароконденсационных холодильных машин	ПК-1, ПК-8	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
6	Рабочие вещества пароконденсационных холодильных машин	ПК-1, ПК-8	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.

## **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. Калядин О.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теоретические основы холодильной техники» для студентов направления 140700.62 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») очной формы обучения, 2015
5. Калядин О.В. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теоретические основы холодильной техники» для студентов направления 140700.62 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») очной формы обучения, 2015

### **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:**

- Пакет прикладных программ CoolPack 1.46
- SMath Studio
- Mathcad
- Advanced Grapher
- Microsoft Windows 10
- Microsoft Office 2013/2007
- Компас 3D LT
- Виртуальные лабораторные стенды LABWORKS
- <https://elibrary.ru>
- <https://cchgeu.ru>

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

- Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой;
- учебная лаборатория холодильной техники, включающая: стенды для выполнения лабораторных работ; оборудование, инструменты, материалы необходимые для осуществления операции развития практических навыков; датчики для работы и проведения измерений; одноступенчатые парокомпрессорные холодильные машины;
- дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

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

По дисциплине «Теоретические основы холодильной техники» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

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 термодинамических процессов и циклов холодильных машин. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

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.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
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 экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
--	--